



**Conseil général des ponts
et chaussées**
Le vice-président

**Conseil général du génie rural,
des eaux et des forêts**
Le vice-président

Inspection générale de l'environnement
Le chef du service

21 octobre 2004

**Note pour
monsieur le ministre de l'écologie
et du développement durable**

Objet : Les crues du Rhône en décembre 2003

Les crues du Rhône en décembre 2003 ont montré la vulnérabilité du delta du fleuve. Vous avez chargé nos trois inspections générales de diligenter une mission conjointe d'étude sur ce thème. Cette mission conjointe était chargée de faire des propositions dans les domaines suivants :

- l'intervention de l'État sur les digues dont il est responsable (donc formuler les propositions d'amélioration de son organisation en la matière, y compris pour les digues appartenant aux établissements publics d'État, comme Réseau Ferré de France) ;
- la maîtrise d'ouvrage et l'intervention des collectivités locales. Elles assurent la gestion d'une part importante des ouvrages du delta du Rhône ;
- le contrôle de la sécurité des ouvrages. La circulaire du 6 août 2003 définit les conditions de contrôle, dans le cadre de la police de l'eau, des digues susceptibles d'intéresser la sécurité publique ;
- la restauration des zones d'expansion des crues, et notamment l'élargissement de la distance des digues d'une rive à l'autre, permettant de recréer un lit majeur ;
- la construction derrière les digues. La maîtrise de l'urbanisation des zones inondables est un des facteurs essentiels de la réduction des dommages. Les dispositions actuellement en vigueur (PPR, circulaire du 30 avril 2002) sont appliquées de manière hétérogène sur le territoire.

Nous avons désigné MM Pierre BALLAND et Xavier MARTIN, membres de l'IGE, MM Pierre MONADIER et Michel THIBAUT, membres du CG PC et Benoît PORTIER, chargé d'inspection à la MISOA et enfin MM Emmanuel ROBERT DE SAINT-VINCENT, Claude LAURAIN et Yvon NASSIET membres du CG GREF.

Pierre Balland a assuré la coordination de la mission. Le 26 mars 2004, il vous a communiqué une note d'étape sur la valeur de la pointe de débit atteinte à Beaucaire par l'événement de décembre 2003.

La mission a concentré son analyse sur le Grand delta, qui ne s'identifie pas strictement au delta physique, mais dont la « tête » se situe vers Viviers, dans le département de l'Ardèche, pour des raisons de cohérence hydraulique et de fonctionnement du fleuve en crue. C'est en outre sur ce territoire « réceptacle » de toutes les eaux d'amont que se concentrent les enjeux parmi les plus importants en termes de risque encouru et de dommages liés aux crues, et que s'affirme la notion essentielle de solidarité amont aval, de solidarité de rive et d'ouvrages, et aussi de solidarité financière, qui sous-tend tout le rapport.

Pour répondre à ces différents questionnements, la mission a cru nécessaire de mettre en place une structure d'appui, à l'instar de ce qui a été fait dans d'autres contextes antérieurs similaires (crue des Gardons de l'automne 2002 notamment). C'est ainsi qu'elle s'est dotée d'un **Groupement d'appui et d'expertise scientifique (GAES)** placé sous le pilotage et la responsabilité scientifique de Gérard Brugnot, IGGREF, Xavier Martin assurant la liaison pratique avec la mission. La composition de ce GAES et le compte rendu de ses travaux figurent en annexe du rapport de la mission. Compte tenu de l'urgence un tiré à part de ces travaux scientifiques a été remis au directeur de l'eau début octobre 2004.

La mission a par ailleurs inscrit son travail dans le cadre de la mission que vous avez confiée à M. le Préfet de la Région Rhône-Alpes, préfet du Rhône, préfet coordonnateur de bassin Rhône Méditerranée et Corse, sur la définition et la mise en œuvre d'une stratégie de réduction du risque inondation du fleuve Rhône et de ses affluents. La mission a entretenu avec lui et avec ses services – DIREN de bassin et SNRS notamment – d'étroites et fructueuses relations de travail.

Les travaux du GAES montrent que les débits du Rhône en crue sont surestimés depuis les années quatre vingt dix. Pour la mission, il est donc clairement établi que l'événement de décembre 2003 ne constitue pas un événement « référent », au sens de son utilisation possible comme aléa de référence des PPR par exemple. Les études du Rhône prenant en compte l'hydrologie en particulier à Beaucaire doivent être révisées.

La mission considère que l'affirmation d'une autorité, impartiale et reconnue, s'exprimant avec force sur l'axe fluvial et ses affluents, est la condition sine qua non de la réussite de la stratégie : elle est attendue de tous, et pour tous, elle est incarnée par le préfet de bassin. Le préfet de bassin pourrait recevoir mandat de :

- mettre en pratique une véritable « contradiction positive » en face de, et avec, la CNR, pour tout ce qui concerne la connaissance du fleuve ;
- valider un aléa de référence par tronçon, applicable sur l'ensemble de l'axe fluvial, repris en particulier dans les PPRI, et s'appuyant sur un événement historique réaliste ;
- arbitrer les divers niveaux de protection que les ouvrages doivent assurer par tronçon, ainsi que la délimitation des espaces dédiés à la fonction expansion des crues ;
- définir sur tout le développé de l'axe fluvial un programme d'entretien par tronçon en vue d'assurer le meilleur écoulement des eaux ;
- favoriser les regroupements à une échelle territoriale appropriée des gestionnaires d'ouvrages, de protection sensu stricto mais aussi à vocation principale autre ;
- mettre en place « le moment venu » le principe de solidarité financière inscrit dans la loi, appliqué à l'ensemble des formes d'occupation du lit majeur au prorata de la surface occupée.

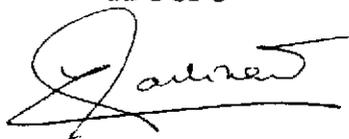
Les conditions de la réussite de cette stratégie sont notamment :

- le respect d'une « discipline d'axe » de la part de tous les services départementaux •
- la désignation auprès du préfet d'un cadre de haut niveau, chargé de mettre en œuvre tous les termes de la stratégie de réduction du risque et de coordonner en conséquence l'action de tous les services de l'État qui y sont impliqués;
- relancer dans le même temps une activité « police de l'eau » sur l'axe fluvial en rapport avec les enjeux et effectuer les analyses approfondies permettant de juger des moyens dont les deux services de bassin, DIREN de bassin et SNRS, doivent bénéficier pour accomplir les missions qui leur reviennent.

Nous avons l'honneur de vous remettre le rapport de la mission conjointe qui vous éclairera sur toute une série de questionnements d'ordre technique, relationnel, organisationnel, révélés par l'événement de décembre 2003 et auxquels il faut maintenant apporter une réponse.

Nous vous proposons une liste de diffusion. Ce rapport, du fait de sa nature, a vocation à être public, le préfet de bassin a d'ailleurs organisé fin novembre un colloque de restitution.

Le vice-président
du CGPC



Le chef du service
de l'IGE



Le vice-président
du CGGREF



Liste de diffusion du rapport sur les crues du Rhône en décembre 2003

N° IGE/03/069

N° CGPC N° 2003-0310-01

N° CGGREF

Ministre	1 ex
Cabinet (E Croc et Ph Nebon)	2 ex
DGAFAI	1 ex
D4E	1 ex
DE	3 ex
DPPR	2 ex
DGUHC	1 ex
DGEMP	1 ex
Préfet de bassin	3 ex
Préfet de région PACA	1 ex
Préfet de région LR	1 ex
Préfets de département (Ardèche, la Drôme, le Gard, le Vaucluse et les Bouches-du-Rhône)	1 ex
DIREN de bassin	2 ex
SN Rhône	2 ex
Agence de l'eau	2 ex
EDF	1 ex
CNR	1 ex
Auteurs (chacun)	1 ex
Avec la lettre d'envoi :	
Chef service IGE	1 ex
Documentation IGE	5 ex
Vice-Président CGGREF	1 ex
Secrétaire général CGGREF	5 ex
Vice-Président du CGPC	1 ex
CGPC (bureau des rapports)	5 ex

**MINISTÈRE DE L'ÉCOLOGIE ET DU
DÉVELOPPEMENT DURABLE**

**CONSEIL GÉNÉRAL
DES PONTS ET
CHAUSSÉES**

**CONSEIL GÉNÉRAL
DU GÉNIE RURAL,
DES EAUX ET DES
FORÊTS**

**INSPECTION GÉNÉRALE
DE
L'ENVIRONNEMENT**

Affaire n° 2003-0310-01

Affaire n° 2.122

Affaire IGE/03/069

Paris, le 20 octobre 2004

**LA SÉCURITÉ DES DIGUES DU DELTA DU RHÔNE
POLITIQUE DE CONSTRUCTIBILITÉ DERRIÈRE LES
DIGUES**

établi par

Pierre BALLAND

ingénieur général du génie rural, des eaux et des forêts

Xavier MARTIN

ingénieur en chef du génie rural, des eaux et des forêts
membres du service de l'inspection générale de l'environnement

Pierre MONADIER

Michel THIBAUT

ingénieurs généraux des ponts et chaussées

Benoît PORTIER

chargé d'inspection à la mission d'inspection spécialisée "ouvrages d'art"
membres du conseil général des ponts et chaussées

Claude LAURAIN

Yvon NASSIET

Emmanuel ROBERT DE-SAINT-VINCENT

ingénieurs généraux du génie rural, des eaux et des forêts
membres du conseil général du génie rural, des eaux et des forêts

Plan du rapport

<u>I – INTRODUCTION</u>	1
<u>II – L’ÉVÈNEMENT DE DÉCEMBRE 2003</u>	5
<u>II-1 LES OBSERVATIONS</u>	5
<u>II-1-1 Sur les méthodes de jaugeage</u>	5
<u>II-1-2 D’ordre général</u>	6
<u>II-1-3 Sur le rapport sur les crues du Gard</u>	7
<u>II-2 L’ÉVÈNEMENT MÉTÉOROLOGIQUE</u>	8
<u>II-3 L’ÉVÈNEMENT HYDROLOGIQUE</u>	11
<u>II-4 LA CARACTÉRISATION DE L’ÉVÈNEMENT</u>	12
<u>II-4-1 L’évènement météorologique</u>	12
<u>II-4-2 L’évènement hydrologique</u>	13
<u>II-5 COMMENTAIRES</u>	15
<u>II-6 PROPOSITIONS DE LA MISSION</u>	16
<u>III – LES EFFETS DE L’INONDATION SUR LES OUVRAGES DU LIT MAJEUR</u> ..	19
<u>III-1 DES TERMES NOUVEAUX DE LA STRATÉGIE DE RÉDUCTION</u>	20
<u>III-2 L’INONDATION EN RIVE DROITE, DANS LE GARD</u>	21
<u>III-3 L’INONDATION EN RIVE GAUCHE</u>	23
<u>III-3-1 Ses caractéristiques</u>	23
<u>III-3-2 Ses dommages</u>	26
<u>III-3-3 Ses enseignements</u>	27
<u>IV – CARACTÉRISTIQUES ET CONDITIONS DE GESTION DES OUVRAGES</u>	31
<u>IV-1 INTRODUCTION</u>	31
<u>IV-2 LES DIGUES SYNDICALES ET COMMUNALES</u>	32
<u>IV-2-1 Caractéristiques générales</u>	32
<u>IV-2-2 Dignes protégeant des secteurs densément habités</u>	32
<u>IV-2-3 Dignes protégeant des zones rurales</u>	33
<u>IV-2-4 Delta du Rhône</u>	33
<u>IV-2-5 Gestion des digues</u>	34
<u>IV-2-6 Conception des digues</u>	35
<u>IV-2-7 Surveillance des digues</u>	36
<u>IV-2-8 Entretien des digues</u>	38
<u>IV-2-9 Restauration des digues</u>	39

<u>IV-3 LES OUVRAGES DIVERS FORMANT DIGUES</u>	41
<u>IV-3-1 Soubassement de la voie ferrée Tarascon-Arles</u>	41
<u>IV-3-2 Remparts de la ville d'Avignon</u>	42
<u>IV-4 LES DIGUES DE LA CNR</u>	42
<u>IV-4-1 Caractéristiques générales</u>	42
<u>IV-4-2 Conception des digues</u>	43
<u>IV-4-3 Surveillance des digues</u>	47
<u>IV-4-4 Entretien des digues</u>	50
<u>IV-5 CONCLUSIONS DU CHAPITRE</u>	50
<u>V – AMÉLIORATION DE LA GESTION ET DU CONTRÔLE DES OUVRAGES</u>	53
<u>V-1 INTRODUCTION</u>	53
<u>V-2 LA RÉGLEMENTATION</u>	53
<u>V-3 PROBLÈMES POSÉS PAR L'APPLICATION DE LA RÉGLEMENTATION</u>	54
<u>V-3-1 Le recensement des digues contre les inondations fluviales et maritimes</u>	54
<u>V-3-2 Le classement des digues intéressant la sécurité publique</u>	55
<u>V-3-3 Identification et motivation des maîtres d'ouvrages</u>	56
<u>V-3-4 La constitution de dossiers d'ouvrages</u>	59
<u>V-3-5 Le renforcement des digues déficientes</u>	59
<u>V-3-6 Le contrôle des digues</u>	60
<u>V-3-7 Conclusion</u>	60
<u>V-4 LES MISSIONS ET L'ORGANISATION DU SNRS</u>	60
<u>V-4-1 Les missions du SNRS en matière de crues et d'inondations et leur exercice</u>	60
<u>V-4-2 L'organisation et les effectifs actuels du SNRS</u>	61
<u>V-4-3 L'évolution des attributions du SNRS en matière de crues et d'inondations</u>	63
<u>V-4-4 L'évolution de l'organisation et des effectifs du SNRS</u>	64
<u>V-4-5 Conclusion</u>	66
<u>VI – RESTAURATION DES ZONES D'EXPANSION DES CRUES</u>	69
<u>VI-1 LA RÉDUCTION DU CHAMP D'EXPANSION DES CRUES</u>	70
<u>VI-1-1 Réductions en amont du delta</u>	70
<u>VI-1-2 Réductions dans le delta</u>	70
<u>VI-1-3 Principales conséquences des réductions et orientations pour les améliorations</u>	71
<u>VI-2 LES POSSIBILITÉS À EXAMINER</u>	72
<u>VI-2-1 Au niveau du delta</u>	72
<u>VI-2-2 Au niveau du palier d'Arles et en amont de celui-ci</u>	72
<u>VI-2-3 De manière plus générale</u>	73
<u>VI-3 LES APPROCHES DÉJÀ EFFECTUÉES</u>	73
<u>VI-4 PROPOSITIONS DE PRINCIPES</u>	75
<u>VII – LA CNR, L'ENTRETIEN ET LA GESTION DU FLEUVE EN CRUE</u>	77

<u>VII-1 LE TRANSPORT SÉDIMENTAIRE DANS LE RHÔNE – RAPPEL</u>	77
<u>VII-2 LES RESPONSABILITÉS DE LA CNR EN MATIÈRE D’ENTRETIEN</u>	78
<u>VII-3 LES MÉTHODES ET MOYENS MIS EN ŒUVRE</u>	79
<u>VII-4 LE CONTRÔLE ADMINISTRATIF ET TECHNIQUE DE L’ÉTAT</u>	81
<u>VII-5 CONCLUSIONS SUR L’ENTRETIEN DU FLEUVE</u>	83
<u>VIII – ÉLÉMENTS D’ORGANISATION ET DE FINANCEMENT</u>	87
<u>VIII-1 LA RÉAFFIRMATION D’UNE AUTORITÉ</u>	87
<u>VIII-2 LA MOBILISATION DE LA SOLIDARITÉ FINANCIÈRE</u>	88
<u>IX – L’URBANISATION DERRIÈRE LES DIGUES</u>	91
<u>IX-1 LA SITUATION ACTUELLE</u>	91
IX-1-1 La réglementation existante et quelques réflexions qu’elle suggère	91
IX-1-2 La situation des départements au regard des différents documents	94
IX-1-3 L’application des règles d’urbanisme	94
IX-1-4 Les contentieux	96
<u>IX-2 D’AUTRES PROBLÈMES RENCONTRÉS ET DES PROPOSITIONS</u>	96
IX-2-1 Les règles d’urbanisme et les PSS/PZS	96
IX-2-2 L’insuffisance de PPRi	97
IX-2-3 La définition de l’aléa de référence	97
IX-2-4 La mise en conformité des documents d’urbanisme	98
IX-2-5 L’inadaptation des habitats	99
IX-2-6 L’articulation DDE/SNRS	99
IX-2-7 La protection des zones à concentrations de population ou d’activités	100
<u>X – CONCLUSIONS DE LA MISSION</u>	103
<u>ANNEXES</u>	105
<u>Annexe 1 : Lettre de mission</u>	107
<u>Annexe 2 : Type de contacts et liste des personnalités rencontrées</u>	109
<u>Annexe 3 : Bibliographie du chapitre IV</u>	113
<u>Annexe 4 : Caractéristiques des digues syndicales et communales du Bas-Rhône</u>	115
<u>Annexe 5 : Gestion des digues syndicales et communales du Bas-Rhône</u>	119
<u>Annexe 6 : Coupe-type des digues SYMADREM restaurées</u>	121
<u>Annexe 7 : Organigramme du Service de la navigation Rhône-Saône</u>	123
<u>Annexe 8 : Organigramme de la subdivision Avignon-Arles du SNRS</u>	125

<u>Annexe 9 : Bibliographie du chapitre VII</u>	127
<u>Annexe 10 : « les sinistrés du Rhône rassemblent leurs forces »</u>	129
<u>Annexe 11 : « la Région débloque 7,5 M ! pour les digues du Gard »</u>	131
<u>Annexe 12 : Historique de la réglementation de protection</u>	133
<u>Annexe 13 : Projet de doctrine applicable aux secteurs susceptibles d’être inondés</u>	137
<u>Annexe 14 : exemple de lignes d’eau définies sur le bief de Caderousse</u>	145

I – INTRODUCTION

Par lettre du 18 décembre 2003 au chef de l'Inspection générale de l'environnement et aux vice-présidents des Conseils généraux des ponts et chaussées et du génie rural, des eaux et des forêts donnée en annexe 1, la ministre de l'Écologie et du développement durable sollicitait de ces 3 corps d'inspection une mission sur « **la sécurité des digues du delta du Rhône et la politique de constructibilité derrière les digues** ».

Par ordre de mission du 18 décembre 2003, le chef du service de l'Inspection générale de l'environnement désignait MM Pierre BALLAND et Xavier MARTIN, membres du service. De son côté, le vice-président du Conseil général des ponts et chaussées désignait, par note du 29 décembre 2003, MM Pierre MONADIER et Michel THIBAUT, ingénieurs généraux des ponts et chaussées, et Benoît PORTIER, chargé d'inspection à la MISOA, pour effectuer cette mission.

Enfin, le vice-président du Conseil général du génie rural, des eaux et des forêts désignait, par note du 27 janvier 2004, MM Emmanuel ROBERT DE-SAINT-VINCENT et Yvon NASSIET et complétait cette désignation le 16 mars 2004 par celle de M Claude LAURAIN, ingénieurs généraux du GREF.

CONTENU DE LA MISSION

Il est apparu important à la ministre de se faire une vision d'ensemble, via la démarche de l'inspection, des ouvrages de protection contre les inondations du fleuve, suite notamment à sa récente crue de décembre 2003. Celle-ci a mis en évidence en effet un certain nombre de défaillances dans le dispositif général de réduction du risque d'inondation constitué par ces ouvrages.

Ces défaillances concernent tout autant les questions d'ordre technique (tenue et qualité des ouvrages) que celles qui se rapportent à leur maîtrise d'ouvrage, dont la meilleure coordination est un élément essentiel de la stratégie de réduction du risque.

Par ailleurs, il a été demandé à la mission par la ministre d'examiner les conditions dans lesquelles ses services déconcentrés – SNRS, DDE – étaient placés, et les difficultés rencontrées, pour appliquer les textes issus des propres directions de son ministère dans les domaines du contrôle des ouvrages et de la mise en pratique des PPR et de leurs dispositions en matière d'urbanisation.

La mission s'est efforcée ci-après de répondre aux différents points de la lettre de mission. Elle a considéré par ailleurs, au vu des analyses qu'elle a conduites, que d'autres éléments constitutifs de la problématique générale de la stratégie de maîtrise du risque inondation devaient les compléter, et notamment :

- la reconstitution de l'événement de crue de décembre, relativement atypique à 1^{ère} vue dans la chronique des crues « historiques » du fleuve, et nécessitant par conséquent une analyse précise le resituant avec le plus de précision possible dans cette chronique, en vue d'en apprécier en particulier les vertus éventuelles en tant qu'événement référent,

- les responsabilités en matière d'entretien et de gestion du fleuve en crue, car cet organisme reste un acteur essentiel de cette problématique, tant en termes de connaissance que d'intervention, en dépit des orientations qui lui ont été récemment données,
- enfin, la problématique posée par les ouvrages dits « connexes », non dédiés à l'origine à la réduction du risque inondation mais dont on a vu l'importance qu'ils ont prise à ce titre lors de l'événement de décembre 2003¹, et les modalités de leur organisation dans la gestion à venir de ces événements.

Pour répondre au 1^{er} point ci-dessus évoqué, la mission a cru nécessaire de mettre en place une structure d'appui, à l'instar de ce qui a été fait dans d'autres contextes antérieurs similaires (crue des Gardons de l'automne 2002 notamment). C'est ainsi qu'elle s'est dotée d'un **Groupement d'appui et d'expertise scientifique (GAES)** placé sous le pilotage et la responsabilité scientifique de Gérard Brugnot, IGGREF, Xavier Martin assurant la liaison pratique avec la mission. La composition de ce GAES et le compte-rendu de ses travaux en réponse aux questions préalablement posées par la mission² sont annexés au présent rapport.

On verra dans les développements qui suivent combien cette initiative s'est montrée enrichissante, tant au plan de l'optimisation de la connaissance du fleuve et des ses crues qu'à celui des conséquences pratiques à en tirer pour une meilleure gestion de ces événements à l'avenir.

DÉROULEMENT DE LA MISSION

Outre le suivi des travaux du GAES, qui s'est réuni à deux reprises, les 18 mars et 9 juin 2004, dans les locaux de la DIREN de bassin, la mission s'est déroulée selon les quatre scénarios principaux suivants :

- la participation aux réunions formelles mises en place sur la problématique inondations et présidées par le préfet de bassin³ et le président du Comité de bassin, le 30 janvier entre tous les services de l'État, le 16 février en formation élargie à tous les élus et représentants des collectivités publiques de ce territoire⁴, et le 20 juillet en Comité de pilotage « inondations » en préfecture à Lyon,
- des réunions avec différents interlocuteurs, élus, administrations, organismes..., autour des termes globaux de la lettre de mission et auxquelles participaient un ou plusieurs de ses membres selon leur disponibilité,
- des contacts bilatéraux (un ou deux membre(s) de la mission et un interlocuteur identifié) pour approfondir avec lui tel ou tel point technique particulier, en fonction de la « distribution des rôles » préalablement définie par elle⁵,
- enfin, plusieurs visites de terrain pilotées par le SNRS et en présence des experts du CEMAGREF.

L'ensemble des personnalités rencontrées figure en annexe 2.

¹ Il s'agit en pratique, en rive gauche, des canaux d'irrigation et « d'assèchement » agricole du Vigueirat, des Baux, des Alpines... et de la voie RFF Tarascon-Arles, et en rive droite, du lacis des canaux agricoles gérés par une quinzaine d'ASA.

² Qui vont au-delà des seuls aspects liés à la connaissance du fleuve et de ses crues.

³ Représenté le 30 janvier, présent le 16 février et le 20 juillet, et avec la présence du directeur de l'Eau les 30 janvier et 16 février 2004.

⁴ En présence notamment du M Michel Vauzelle, président de la Région PACA, le 16 février en Avignon.

⁵ Ce qui a pu conduire à rencontrer plusieurs fois les mêmes interlocuteurs. Ainsi, la mission remercie-t-elle plus particulièrement, parce que multiples fois sollicités, Mmes Levraut et Valentin, de la DIREN de bassin, M de Saint-Seine, de la DIREN PACA, MM Picoche, Pulicani, Mion et Chambon, du SNRS, M Serre, de la DDE 13, MM Lévassier et Doutriaux, de la CNR, entre autres...

ENVELOPPE

Un dernier point concerne la définition précise de l'enveloppe du travail, la lettre de mission se contentant d'évoquer « le delta du Rhône » sans préciser plus que cela.

Si la mission est parfaitement consciente de la nécessité de conduire un raisonnement à l'échelle globale de l'unité hydrologique que constitue l'axe fluvial rhodanien et ses affluents, échelle de travail du GAES dans sa démarche de recalage historique de l'événement de décembre 2003, elle considère néanmoins qu'en termes pratiques de définition de l'action publique (État, collectivités) sur la maîtrise des crues du fleuve, la partition en trois tronçons proposée par la DIREN Rhône-Alpes lui paraît recouvrir une réalité physique et sociologique.

En particulier, le tronçon aval, dont la tête peut être située au niveau de Viviers dans l'Ardèche, lui semble constituer un territoire homogène dans la mesure où s'y exprime avec force la double problématique de la protection des lieux habités d'une part, et du débordement contrôlé de l'eau de crue là où des espaces relativement importants s'offrent pour cela (plaine de Donzère-Mondragon, de Caderousse, de Vallabrègues,...) d'autre part.

La mission a donc choisi de fixer à ce niveau **le sommet du delta** sur lequel la ministre lui a demandé de concentrer son analyse et ses propositions. Un tel territoire ci-après figuré, plus étendu que le seul delta physique, raison pour laquelle il sera qualifié ci-après de **Grand delta**, recouvre 5 départements (Ardèche, Drôme, Gard, Vaucluse et Bouches-du-Rhône) et trois Régions de programme (Rhône-Alpes, Languedoc-Roussillon et Provence-Alpes-Côte d'Azur)⁶.

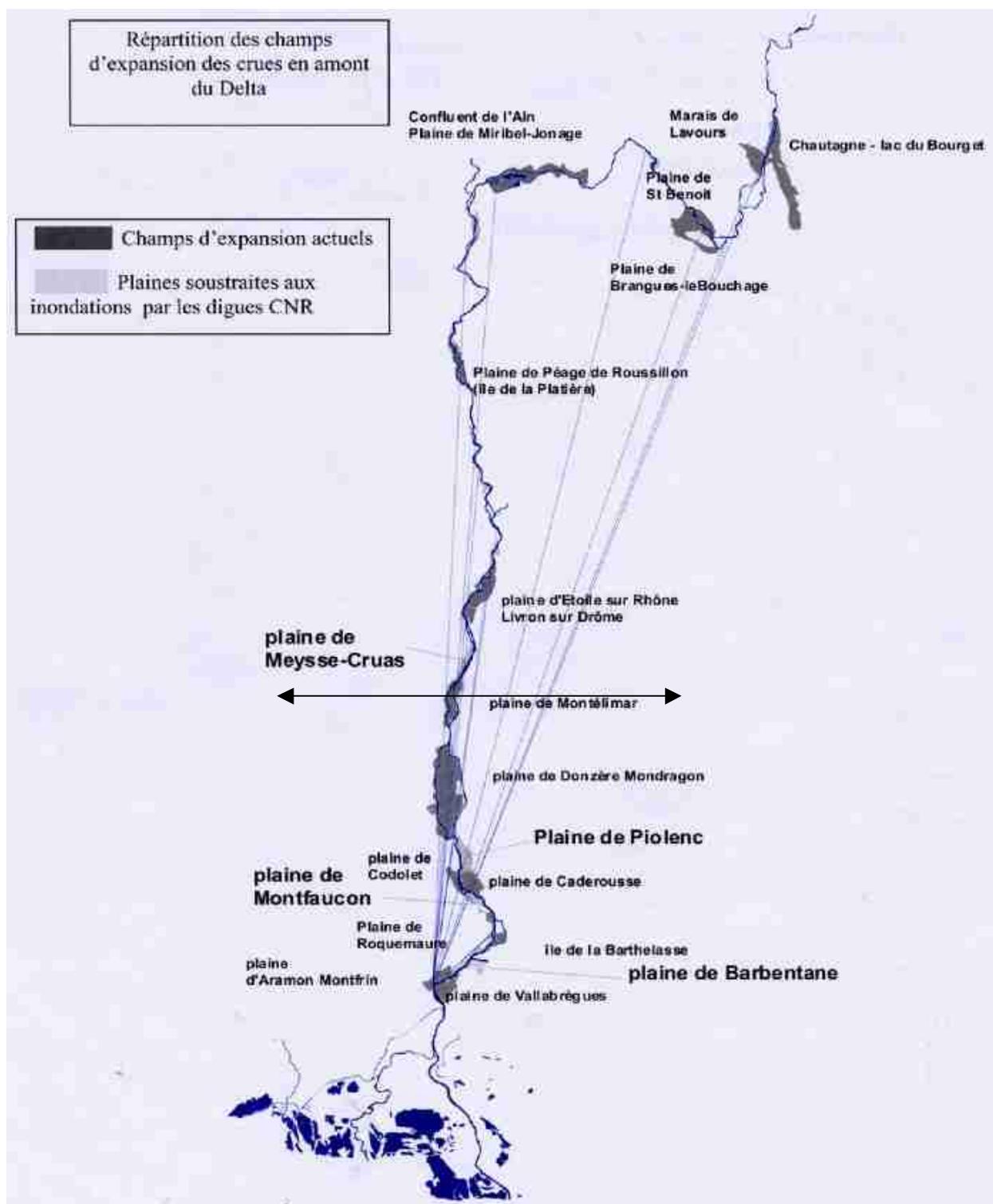
*

**

! Ce signe, et ce qui le suit écrit en caractères gras⁷, identifient dans le corps du rapport les points sur lesquels la mission attire spécialement l'attention : constats nouveaux et intéressants ou propositions.

⁶ Une autre définition possible du delta est celle qui en situe le sommet à l'endroit où l'eau peut s'écouler jusqu'à la mer sans repasser par le lit mineur : le sommet correspondant se situerait dès lors à Beaucaire.

⁷ Parfois encadrés quand cela lui paraît important.



II – L'ÉVÉNEMENT DE DÉCEMBRE 2003

« Il est de notre devoir d'informer les habitants sur les dangers qu'ils ont couru ceci afin de prévenir les prochaines catastrophes qui ne manqueront pas de survenir »⁸.

Ce devoir d'information commence par l'analyse de l'événement et sa caractérisation. L'interprétation des observations des réseaux météorologiques et hydrologiques, avant, pendant et après les crises, a été riche d'enseignements dont on a, bien souvent, tiré parti.

Force a été de constater que l'observation de l'événement hydrologique de décembre 2003 et sa caractérisation ont suscité des controverses scientifiques et techniques. Elles ont beaucoup perdu d'intensité à la date du présent rapport.

Dans une première partie de ce chapitre, la mission reportera les faits. Dans la seconde partie, elle résumera les interprétations des observations discutées et tirera parti de la controverse pour formuler un certain nombre de propositions d'amélioration.

Elle se reportera au rapport DAUGE et aux rapports de l'inspection générale de l'environnement associée au CGPC, au CGGREF et à l'IGA sur les dernières inondations catastrophiques du sud-est de la France⁹.

Elle se reportera aussi aux travaux du GAES, dont l'apport est essentiel pour la compréhension des faits : les contributions de Daniel DUBAND, Philippe BOIS et Denis CŒUR notamment figurent intégralement, vu leur importance, dans le tome II du rapport. Des passages de ces documents seront cités in extenso en caractère italique dans le présent tome I.

II-1 LES OBSERVATIONS

Les réseaux d'observations météorologique, hydrologique et marégraphique ont déjà été décrits dans le rapport sur les crues de septembre 2002. La carte du réseau limnimétrique figure dans le rapport annexé du GAES.

II-1-1 Sur les méthodes de jaugeage

La mission complète le rapport sur les crues de septembre 2002 avec les constats qu'elle a faits pendant la présente mission.

On rappelle que les jaugeages sont réalisés en explorant le champ des vitesses de l'eau qui, intégré sur la surface du profil intéressé, donne un débit. Cette exploration peut se faire au moins par les méthodes suivantes :

⁸ Émile Gueymard. Rapport sur les inondations du Drac et de la Romanche le 30 mai 1856 (1856. Ed. Baratier à Grenoble).

⁹ Rapport parlementaire sur un "cadre de débat et de concertation dans le domaine des inondations". Yves DAUGE; Octobre 1999.

Les crues de septembre 2002 dans les départements du Gard, de l'Hérault, du Vaucluse, des Bouches-du-Rhône, de l'Ardèche et de la Drôme. Rapport IGE, CGPC, CGGREF, IGA. Documentation française, 2004.

Rapport sur les crues des 12, 13 et 14 novembre 1999 dans les départements de l'Aude, de l'Hérault, des Pyrénées Orientales et du Tarn. IGE, CGPC, CGGREF, 16 octobre 2000.

- Mesure de la vitesse à la surface de l'eau¹⁰ avec des moyens variables (bouchon, moulinet,...). La vitesse moyenne sur le profil vertical est déduite de la mesure par un coefficient dont la valeur est essentielle.

- Mesure de la vitesse dans des profils verticaux et horizontaux par des appareils dits « saumons »¹¹ qui portent des hélices. La position du saumon dans l'eau se calcule sans difficulté ; la vitesse de l'eau se déduit de la vitesse de rotation de l'hélice.

- Mesure par « profileur de courant à effet doppler », dite « au doppler » : l'ADCP (acoustical doppler current profiler) est un dispositif apparu dans les années 1995. Il est incontesté dans le domaine maritime et lacustre. Il présente des avantages majeurs en hydrométrie « fluviale » : le capteur est léger et peut être installé sur un modèle réduit de bateau, l'exploration de la vitesse se fait sur toute la profondeur du profil, la mesure est rapide et le résultat instantané, elle peut être refaite¹², les mesures sont sans aucun danger pour le personnel,....

L'ADCP (capteur adapté à chaque configuration, matériel électronique, informatique, etc.) est entièrement protégé par des brevets. Cependant l'ADCP n'a pas fait l'objet semble-t-il **de calcul d'incertitude sur les mesures de débit de fleuves**, et donc sur les débits de crue, autant par la société commercialisant les capteurs, logiciels,... que par les organismes acquéreurs et utilisateurs. La CNR a fait des comparaisons entre les mesures par moulinet et doppler.

Une douzaine d'appareils dont le coût varie de 30 à 50 k ! ont été achetés et sont utilisés par des services de l'État¹³. Ces mêmes services ont quasiment abandonné toutes les mesures au moulinet et ne font pas régulièrement des comparaisons de mesure. Ceci apparaît grave.

II-1-2 D'ordre général.

! La CNR est le seul organisme à faire des « jaugeages » en routine sur le Rhône pour son usage propre¹⁴, non seulement sur ses stations mais sur celles des autres observateurs et en particulier de l'État.

Elle établit les courbes de tarages des stations qu'elle tient à la disposition de l'État comme d'ailleurs toutes ses observations dans le cadre du cahier des charges de la concession.

En corollaire, les services déconcentrés de l'État s'en sont remis à la CNR sur « tout ce qui touche à l'hydrologie et l'hydraulique du Rhône », et ont pu affecter leur personnel spécialisé sur d'autres sites ou même à d'autres tâches.

! Les jaugeages ne sont pas sur la banque de données HYDRO et ne sont donc pas accessibles¹⁵. Cependant, la DIREN de bassin, la CNR et EDF ont mis à la disposition de la mission tous les documents disponibles qu'elle a souhaité consulter.

! La mission a constaté que les archives des jaugeages d'EDF intéressants des stations de mesure pertinentes ont été perdues.

¹⁰ En fait 0,2 m sous la surface. La CNR la mesure à environ 9 cm de la surface.

¹¹ Selon les mesures, leur poids peut dépasser le quintal. Ils sont fixés par des câbles sur des potences elles-mêmes fixées sur des camions-laboratoire qui stationnent pendant les mesures sur un pont. Les jaugeages en période de crue sont difficiles, pénibles et quelquefois dangereux.

¹² En fait la valeur choisie est la moyenne de plusieurs mesures.

¹³ En particulier par la DIREN de bassin RMC et la DIREN Languedoc-Roussillon.

¹⁴ La DIREN Languedoc-Roussillon a réalisé des jaugeages en décembre 2003 sur le petit Rhône, une dérivation du Rhône à Avignon et sur un certain nombre d'affluents.

¹⁵ C'est une constante relevée dans de nombreux rapports de l'IGE.

! Le MEDD doit mettre en place les dispositions nécessaires à la conservation de ces archives.

! La cohérence des observations hydrologiques, c'est à dire des débits, n'est pas systématiquement appréciée dans la série d'observations d'une même station comme dans la suite d'observations des stations d'un bassin affecté par un événement hydrologique. La CNR toutefois procède à ces critiques, station par station.

La critique des valeurs de débit d'un épisode manque, et pourtant les calculs de corrélation des valeurs instantanées avec les volumes, les lames d'eau,... est un exercice classique en hydrologie, et nécessaire avant même de mettre en œuvre des simulations d'écoulement par le moyen de modèles hydrauliques.

! Il n'existe pas de stations d'hydrologie générale sur les affluents du Rhône à leur confluence avec le Rhône. La valeur des débits des affluents, en particulier en crue, ne résulte pas d'observations ; elle est déduite de la valeur des débits observés sur le Rhône à l'amont et à l'aval de la confluence. **Ceci est tout à fait insuffisant, voire dommageable**, et met en évidence les enjeux considérables des stations hydrométriques du Rhône.

II-1-3 Sur le rapport sur les crues du Gard

La mission fait deux citations extraites de ce rapport, une première...

« Les cotes disponibles... en temps réel sont issues des observations instantanées « moyennées » sur des pas de temps qui dépendent des gestionnaires des stations. Les débits disponibles sont calculés automatiquement avec les courbes de tarage programmées. Les mesures et calculs ne sont donc pas validés et sont susceptibles de variations quelquefois importantes, une fois toutes les mesures de l'épisode dépouillées ». Ceci a été perdu de vue et a eu, pour les événements du Rhône, des conséquences médiatiques,

...puis un autre pour y apporter une correction :

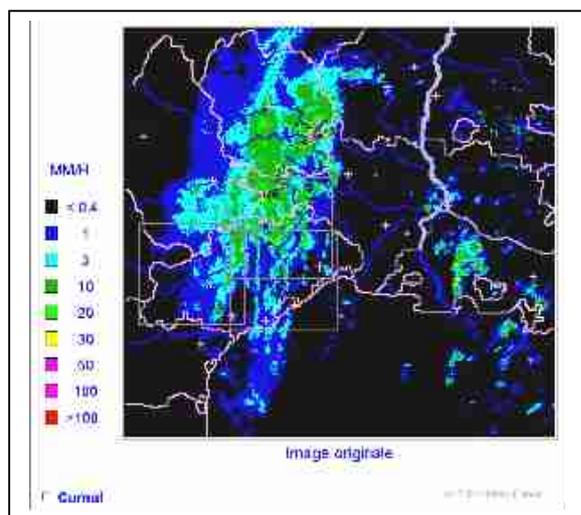
« Tout public a accès aux observations, rafraîchies toutes les quinze minutes, des stations de la CNR sur le Rhône en cote et en débit par minitel avec le code d'accès 3615 INFORHONE.

*Seuls les services et les collectivités intervenant en période de crues ont accès par minitel aux observations des stations gérées par le SNRS. Les observations sont rafraîchies, toutes les heures en période de crues ou sinon toutes les 4 heures. Le code d'accès au serveur est 3615 INFOCRUES avec des mots de passe donnant accès à des informations spécifiques. **Parce qu'il existe au même endroit des stations exploitées par ces deux derniers gestionnaires**, les observations à ce même endroit se retrouvent sur les deux sites Minitel, les _ du temps avec des valeurs différentes puisque les données sont rafraîchies tous les quarts d'heure par un gestionnaire et toutes les heures par l'autre ! ».*

Or le SNRS, service en charge de la police des eaux sur le Rhône et de l'annonce des crues sur la partie du Rhône en amont de la confluence de l'Ardèche, ne possède ni n'exploite ni ne gère de station hydrométrique. Il reporte sur son serveur les cotes et les débits mis à sa disposition par d'autres, données par ailleurs accessibles en temps réel.

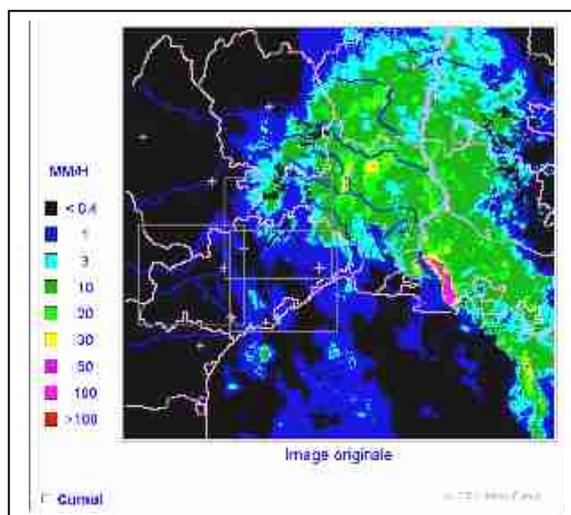
II-2 L'ÉVÉNEMENT MÉTÉOROLOGIQUE¹⁶

L'analyse ci-dessous, selon 8 moments-clés, montre que le système pluvio-orageux des 1^{er} au 4 décembre 2003 a pris des formes variées sur un territoire intéressant les régions Languedoc-Roussillon, Rhône Alpes et Provence-Cote d'Azur.



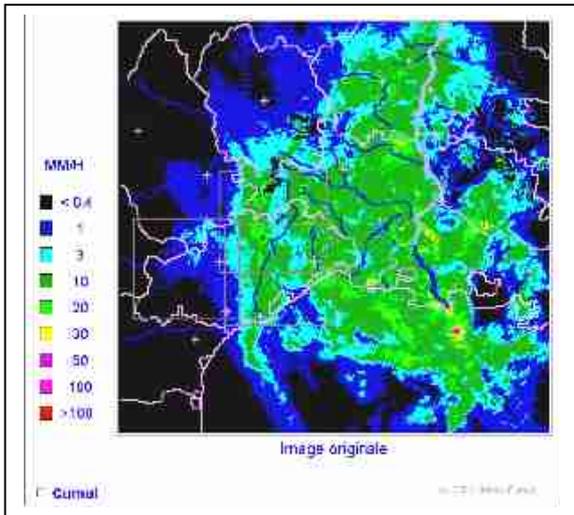
Après une première traversée de la région Languedoc-Roussillon, les 29 et 30 novembre, une perturbation d'ouest gagne les départements de l'Hérault, de la Lozère et du Gard.

Une perturbation sud/sud-est prend forme. Météo France lance le 1^{er} décembre le niveau de **vigilance orange pour les départements du grand sud-est.**

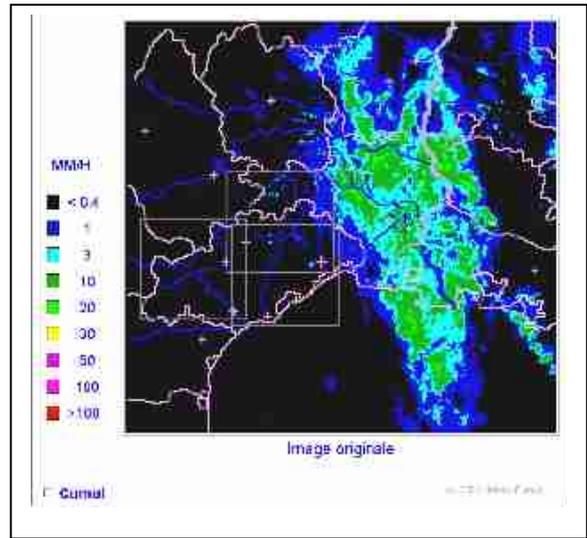


Les départements du Gard, des Bouches-du-Rhône et le sud de la vallée du Rhône sont très sollicités par ces deux perturbations pluvieuses.

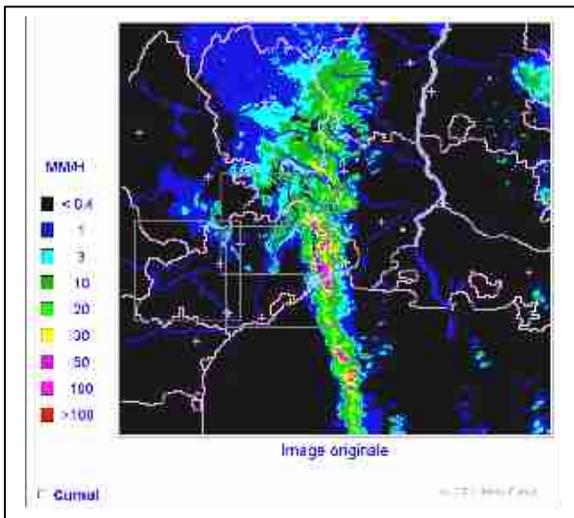
¹⁶ Voir "analyse hydrologique pour le Languedoc-Roussillon". DIREN Languedoc-Roussillon. Avril 2004 dont on a pris ici de larges extraits. L'imagerie est de METEO France.



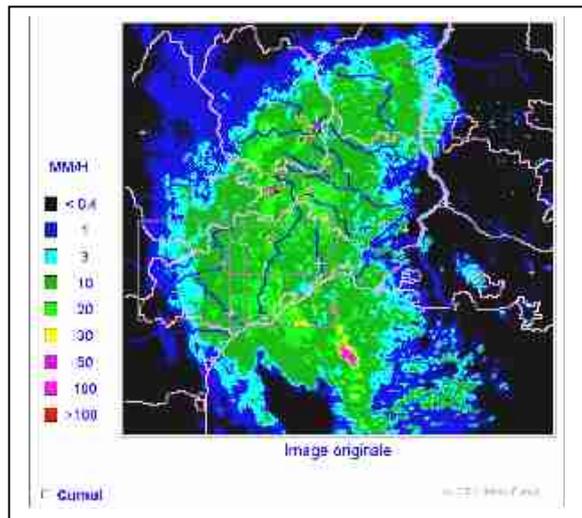
La perturbation sud/sud-est déborde vers l'ouest, engendrant de nouvelles pluies à l'est des départements de l'Hérault et du Gard. La vallée du Rhône est sollicitée.



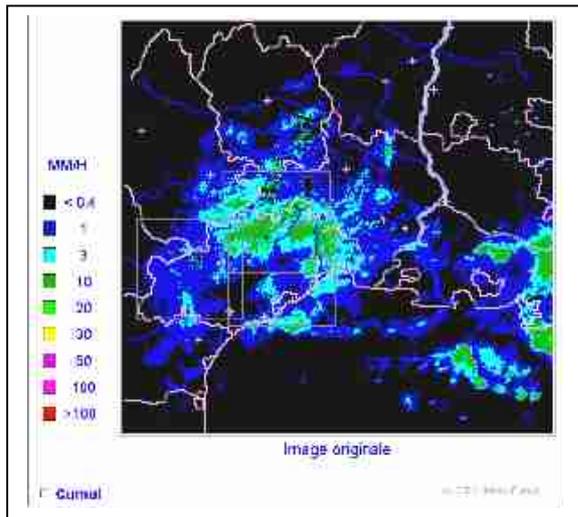
Accalmie à l'ouest du Rhône mais la vallée du Rhône est toujours sollicitée. **La vigilance orange est étendue au nord de la vallée du Rhône.**



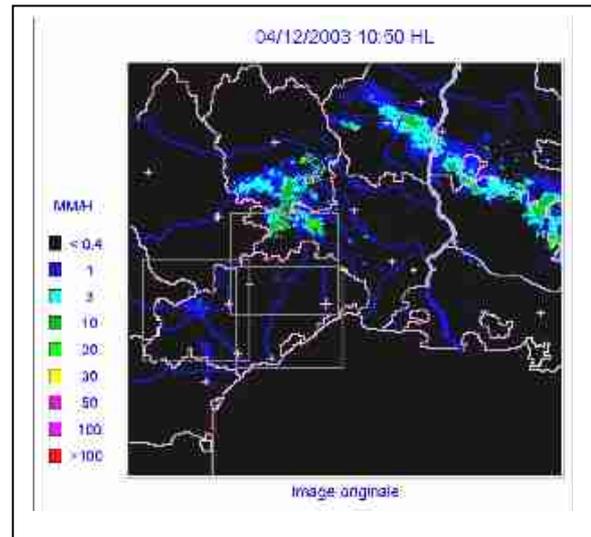
Accalmie pluvieuse sur le Rhône. De très fortes pluies à l'extrême est du département de l'Hérault. **Météo France lance la vigilance rouge sur le département de l'Hérault à 10 h49. Elle sera levée vers 18 h30.**



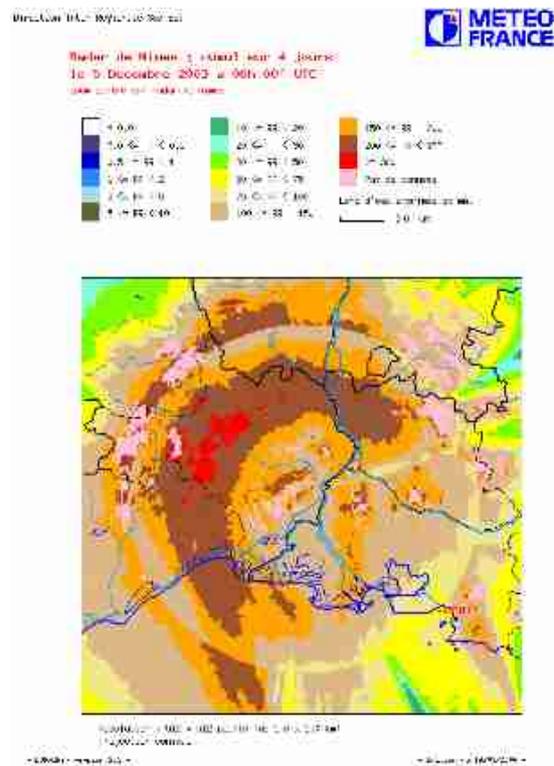
La perturbation regagne pour une dernière fois l'ensemble de la région Languedoc-Roussillon.



Les masses pluvieuses s'éclaircissent.

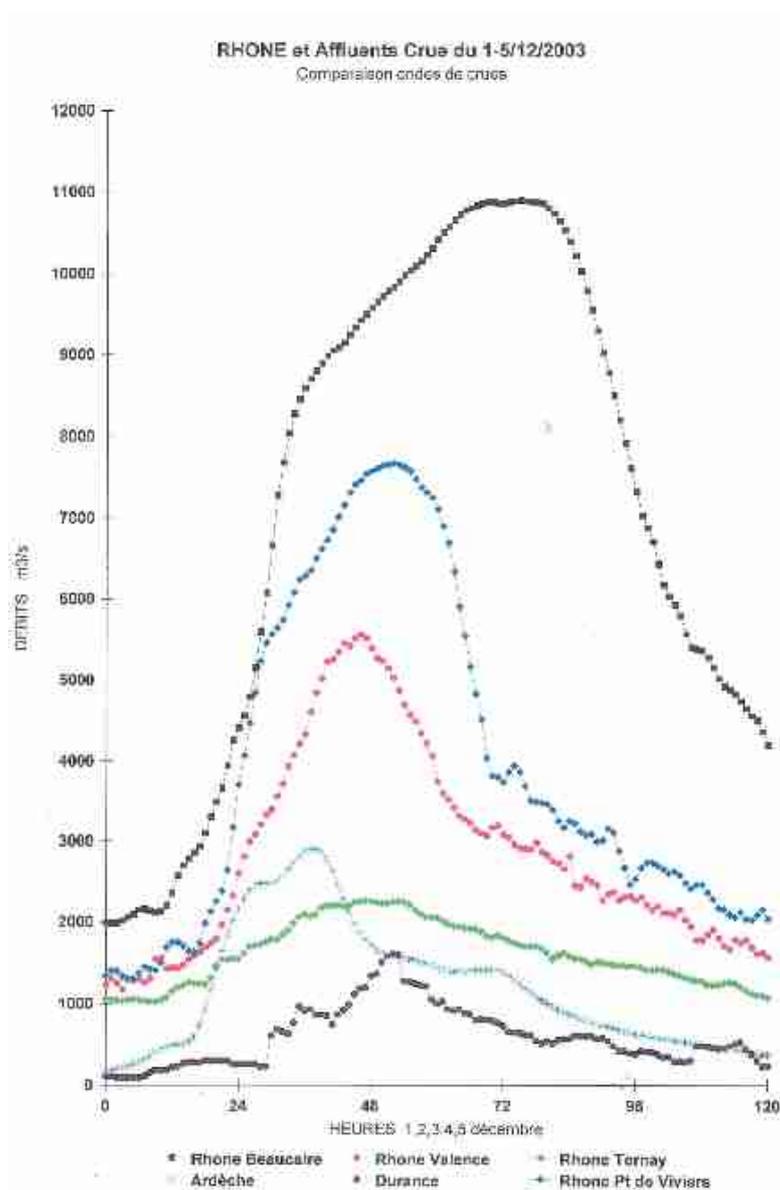


Fin du passage événementiel pluvieux.



Les précipitations sur la rive droite du Rhône ont mis à mal les ouvrages d'évacuation des eaux en particulier dans le pays d'Arles. Les précipitations les plus importantes se situent sur la rive droite et ont affecté, outre les affluents "cévenols" du Rhône, les fleuves côtiers du département du Gard.

II-3 L'ÉVÉNEMENT HYDROLOGIQUE¹⁷



Extrait de la contribution « Duband-Bois » du GAES – cf. tome II

Le Rhône de Ternay à Valence

Le débit du Rhône à la station de Ternay (à l'aval de Lyon) est soutenu par la Saône. Les affluents rive droite, entre Lyon et Valence, ont enregistré un premier palier de débit le 2 décembre entre 0 h et 3 h du matin. Ils atteindront le pic de crue le 2 décembre à 12 h.

En rive gauche, seule l'Isère apporte une contribution significative. Le pic de l'Isère a été observé plus tardivement le 2 décembre à 22 h.

Le Rhône à Valence suit les évolutions de débits de l'Isère jusqu'au 1^{er} décembre à 20 h. Son gradient de montée se renforce ensuite et le pic de crue est observé le 3 décembre à 22 h avec un débit de 5 550 m³/s. C'est une crue décennale.

¹⁷ Ce qui suit est extrait de la description de la crue faite par la CNR (La CNR son rôle et ses obligations. "Décembre 2003, une crue historique"). On se reportera aussi aux travaux de Daniel DUBAND déjà cités dont l'hydrogramme des crues est extrait.

Le Rhône de Valence à Viviers

L'ensemble des affluents ardéchois a contribué fortement à cette crue, mais la plus importante dans ce secteur est celle de l'Eyrieux. Son débit augmente rapidement à partir du 1^{er} décembre à 12 h. Il atteint un premier palier le 2 à 2 h et atteindra son maximum à 12 h. L'Ouvèze rive droite réagit assez peu. En rive gauche, le Roubion et la Drôme commencent à augmenter le 1^{er} décembre vers 18 h et atteignent leur maximum : le 2 à 16 h pour le Roubion et le 2 à 22 h pour la Drôme (proche de la crue centennale).

Le Rhône de Viviers à Beaucaire

Pour les 3 affluents rive droite, Ardèche, Cèze et Gard, la crue s'amorce dès le 1^{er} décembre vers 17 h. La montée de crue est très rapide jusqu'aux 2 premières heures de la matinée pour atteindre la pointe de crue à 15 h. La pointe de la crue de la Cèze sera atteinte le 2 décembre à 20 h. Une seconde pointe de crue sera observée sur le Gard le 4 décembre à 0 h. En rive gauche, l'Aigues et l'Ouvèze ont un comportement assez analogue.

Pour la Durance à Bonpas, deux pointes sont observées, la première le 2 décembre à 23 h et la seconde le 3 à 13 h.

L'hydrogramme à Beaucaire augmente légèrement à partir du 1^{er} décembre à 12 h. Le gradient de montée est soutenu entre 0 h et 12 h le 2 décembre. Le débit à Beaucaire est dans un premier temps soutenu par celui d'affluents comme le Gard (deux premières pointes de crue). Puis les débits de l'Aigues à Orange, de la Durance, de la Cèze et de l'Ouvèze se renforcent et gonflent considérablement l'hydrogramme de crue. La Durance alimente le Rhône dans la seconde partie de l'événement, à partir du 3 décembre 0 h.

Enfin, le pic de crue observé sur le Gard soutient le débit du Rhône à Beaucaire pendant la nuit du 4 décembre. Le Rhône à Beaucaire atteint son débit maximum.

! Le gradient de montée de crue à Beaucaire observé en décembre 2003 est exceptionnel.

La décrue du Rhône s'amorce le 4 décembre vers 9 h.

II-4 LA CARACTÉRISATION DE L'ÉVÉNEMENT

II-4-1 L'événement météorologique

La CNR a commandé à MÉTÉO-France une étude portant sur l'analyse de l'événement météorologique. Elle a par ailleurs autorisé MÉTÉO-France à communiquer ce document à la mission. Celle-ci en reprend ci-après l'une de ses conclusions :

« Analysées en termes de durées de retour ponctuelles, les valeurs (des précipitations) relevées sur 9 stations automatisées représentatives des bassins versants les plus touchés n'ont rien de franchement exceptionnel sur les affluents cévenols. Elles sont par contre nettement plus rares¹⁸ au niveau du tiers central du Rhône et de ses affluents de rive gauche, ainsi que sur les bassins les plus au Nord comme celui du Gier ».

¹⁸ "Les durées de retour estimées pour les affluents de la rive gauche et le tiers central du Rhône sont également assez élevées. Mais **les valeurs comprises entre 25 et 100 ans, calculées sur 48 heures** à Orange et Livron-sur-Drôme, sont plus étonnantes encore pour des bassins qui ne sont traditionnellement pas touchés lors d'épisodes purement cévenols.

Enfin, les valeurs de Saint-Chamond révèlent le caractère particulièrement exceptionnel de cet événement pluviométrique sur les zones plus septentrionales. **Fort d'un panel de données de plus de 50 ans permettant un calcul assez fiable de valeurs de durées de retour de 200 ans**, les valeurs obtenues début décembre 2003

MÉTÉO-France ne remet en cause aucune observation et n'explique pas les crues exceptionnelles observées sur le Rhône à Beaucaire par la climatologie. Elle suggère un certain nombre de pistes hydrologiques¹⁹.

II-4-2 L'événement hydrologique

La station hydrométrique de Beaucaire sert de référence pour cette crue du Rhône. Elle est gérée par la CNR dans les conditions décrites précédemment.

La valeur du débit « instantané » maximum mesurée à cette station et reportée en temps quasi réel sur le serveur de la CNR est de 13 000 m³/s le 4 décembre entre 2 et 4 heures.

Sans les précautions d'usage rappelées ci-dessus, cette valeur brute a été utilisée dès le 5 décembre et simultanément par les services de l'État (DIREN de bassin) et par le « conseiller technique » (ATMO) de l'ETPB « territoire Rhône »²⁰. Elle a alimenté une très importante campagne médiatique, et polémique, au niveau national sur le rôle des acteurs de la prévention des inondations du Rhône et sur la mise en œuvre des conclusions de l'étude Rhône (par l'EPTB).

Parce que cette crue a causé des dégâts considérables, la qualification "**d'exceptionnelle, cinq centennale**"²¹ de la crue a satisfait l'opinion publique comme les acteurs. Les communications de la CNR dans les médias nationaux (presse, radio, télévision), et au comité international des grands barrages qui ont suivi l'événement, l'édition par la CNR²² « décembre 2003, une crue historique » ont conforté cette appréciation.

Une alerte sur la valeur de ce débit a cependant été lancée dès février 2004. Après un long moment de prise de conscience, la suspicion est apparue et a progressé dans les milieux scientifiques. Une controverse est née ; les sujets l'alimentant ayant été en particulier les suivants :

- le peu d'importance des « dégâts » comparés à ceux des crues historiques du milieu du 19^{ème} siècle,
- la valeur du débit du Rhône comparée aux apports des précipitations, à ceux des affluents jaugés et de l'amont,
 - des discordances des débits du Rhône de l'amont vers l'aval,
 - l'absence de stabilité du profil transversal de la station de Beaucaire,
 - la « qualité » des jaugeages, en particulier à l'ADCP,
 - des débits observés par des SEMA sur des affluents du Rhône systématiquement inférieurs de 20 à 30 % à ceux observés par la CNR.

dépassent de loin tous les records connus sur ces zones (Ay, Cance, Gier, Monts du Lyonnais, etc.) dont les derniers ont été enregistrés les 10 et 11 novembre 1996".

¹⁹ "Finalement, pour tenter d'expliquer les crues exceptionnelles observées sur le Rhône à Beaucaire, les meilleures pistes sont les suivantes : la très grande étendue géographique des plus fortes précipitations (environ 50% de plus qu'en novembre 1996), ainsi que la quasi-simultanéité des pluies tombées de part et d'autre de la vallée du Rhône sur des sols déjà fortement saturés par des pluies abondantes en novembre (épisode cévenol du 21 au 24 novembre et pluies du 27-28 novembre plus au nord".

²⁰ Salarié de la Sté HYDRATEC.

²¹ Par référence à l'étude EPTB.

²² "La CNR son rôle, ses obligations".

À la demande de la mission, cet ensemble de faits discordants a été étudié par le GAES, et notamment par Daniel DUBAND et Philippe BOIS déjà cités, et aux travaux desquels on renvoie dans l'annexe spécialisée. Leurs conclusions résumées sont les suivantes :

• *Le débit de la crue de 1994 sert « de référence » pour le tracé de la courbe de tarage. Or, ce débit a été très surestimé. Les mesures de la vitesse à la surface de l'eau ont été affectées d'un coefficient d'intégration majoré par rapport à ceux utilisés antérieurement sans qu'il ait été possible d'en trouver les raisons.*

• *Le début de la crue de décembre 2003 a été très probablement marqué par des mises en mouvement du fond du lit du Rhône comme ceux observés sur le petit Rhône²³. Les jaugeages à l'ADCP du début de la crue ne doivent pas être pris en compte dans la courbe de tarage.*

• *La méthode d'ajustement des jaugeages à la courbe de tarage actuelle mérite d'être optimisée. La courbe actuelle majore considérablement la valeur des débits dans la gamme « haute » des cotes et la courbe de tarage actuelle de la station de Beaucaire doit être retracée en prenant en compte ces résultats.*

! *Dès lors et avec les observations et mesures de la CNR, tout converge vers une estimation du débit de pointe de la crue de décembre 2003 à 11 000 m³/s²⁴. Après ajustement statistique aux 153 débits maximum annuels relevés, sa durée de retour est de l'ordre de 75 ans avec un intervalle d'incertitude à 70% compris entre 50 et 150 ans.*

S'agissant de replacer cet événement dans la chronique des épisodes historiques connus, on se reportera aux travaux de Denis CŒUR qui figurent dans le tome II.

! *L'événement de 2003 se positionne parmi les 3 événements les plus importants des deux derniers siècles. À l'échelle des cinq derniers siècles, il se situerait parmi les 10 événements hydro-météorologiques les plus remarquables.*

La marque de la crue de novembre 1674 repérée à Avignon très largement au-dessus des remparts montre à l'évidence qu'il y a eu des événements bien plus catastrophiques que ceux qui sont en mémoire. Les événements de novembre 1548, octobre 1636, novembre 1651, novembre 1674, novembre et décembre 1755, mériteraient d'être précisés par de recherches approfondies en archives ; il en existe.

! *Décembre 2003 serait cependant le plus fort événement en 200 ans dû à un phénomène météorologique dit « méditerranéen extensif ».*

²³ Un saumon de plus d'un quintal a été entraîné sur soixante-dix mètres en touchant le fond. Heureusement il n'y a pas eu de conséquence humaine ou matérielle. Le 5 décembre 2003, sur le bras droit du Rhône au droit de Villeneuve-lès-Avignon, la DIREN Languedoc-Roussillon constate encore un charriage important sur le fond.

²⁴ Il faut citer que MÉTÉO-France, en faisant fonctionner un modèle pluie-débit sur lequel le GAES est très réservé, retrouve aussi un débit de 11 000 m³/s à Beaucaire.

Origine	DATE	Station historique d' d'Avignon 79 000 km ²	Stations de BEAUCAIRE. B.V: 96 000 km ²		
			Banque Hydro	CNR (mars 2004)	
Duband	2003-XII-04		11 000		
CNR					12 à 13000
Pardé	1840-XI-04	10500	13000		
Pardé	1856-V-31	10500	12500		11640
**	1994-I-08	8200	10800	10500	11000
CNR	2002-IX-10		10500		10500
CNR	2002-XI-26		10200		10200
**	1993-X-10		9800		9800
Pardé	1935-XI-14	8200	9600	9240	9600
Pardé	1886-XI-11/12	6600	9470		10200
Pardé	1886-X-27	6300	9400		
**	1951-XI-22		9170	9180	9170
CNR	1872-III-21		9080		9080
Pardé	1843-XI-03	7500	9000		
**	1955-I-20		9000 ?	7230	
CNR	1996-XI-13		8980		8980
Pardé	1900-IX-28/30	8160	8880		8940
EDF	1994-XI-06		8870	8860	
Pardé	1910-XII-07/08	7000	8800		8660
CNR	1889-I-01		8780		8780
Pardé	1896-XI-02		8760		9060
CNR	1976-XI-11		8690	8090	8690
Pardé	1841-X-27		8500		
Pardé	1907-XI-10/11	6000	8440		8500
Pardé	1872-X-21	6500	8430		

Débit maximal supérieur ou égal à 8 500 m³/s à BEAUCAIRE (1800-2002).

II-5 COMMENTAIRES

Les conséquences de l'expertise du GAES doivent être tirées objectivement.

! Les débits du Rhône aux fortes valeurs²⁵ sont sur-estimés :

- les débits de la station de Beaucaire calculés avec la courbe de tarage actuelle doivent être repris²⁶,
- la critique de toutes les stations du Rhône doit être faite selon la même méthodologie que ce qui a été fait à Beaucaire,
- les débits des affluents du Rhône à leur confluence doivent être estimés à nouveau, particulièrement celui du Gard en novembre 2002²⁷,
- les événements du Rhône doivent être requalifiés.

! Pour la mission, il est donc clairement établi que l'événement de décembre 2003 ne constitue pas un événement « référent », au sens de son utilisation possible comme aléa de référence des PPR par exemple.

! Les études du Rhône prenant en compte l'hydrologie en particulier à Beaucaire doivent être révisées. Par exemple :

- l'étude de base sur l'hydrologie confiée à la SAFÈGE par l'EPTB : la méthode utilisée mériterait à cette occasion d'être revue pour être croisée avec les résultats d'autres

²⁵ Au-delà de 7 000 m³/s.

²⁶ Sans doute depuis fin 1992.

²⁷ L'étude de SOGREAH commandée par le DDE du Gard et non encore validée estime les débits de la crue de 2002 à partir de la différence des débits à l'aval et à l'amont de la confluence. Ceci n'était d'ailleurs pas sans discordances avec les observations sur les Gardons.

méthodes²⁸, peut-être plus adaptées aux enjeux ; cette révision pourrait prendre également en compte la valeur du débit maximum de la crue de 1840, non controversée,

- l'étude sur la sédimentation du Rhône, fonction de la vitesse de l'eau, celle-ci ayant été surévaluée d'environ 30 % en pointe ; dès lors, le calage des modèles peut avoir à être revu,

- les études de vulnérabilité, puisque l'aléa a été très sous-estimé.

! La mise à plat des réseaux d'observation, demandée par les services centraux²⁹, n'a pas été faite.

S'y ajoute un manque évident de stations d'hydrologie générale dont la nécessité apparaît clairement. Globalement, les suggestions en matière d'hydrométrie et d'hydrologie des rapports Gard, Bretagne, Aude,... n'ont pas été prises en compte, en particulier sur les données brutes, les tarages des stations, les exploitations statistiques rapides, l'insuffisance des données historiques, l'annonce rapide de périodes de retour injustifiées, ...

! Enfin, et ceci apparaît majeur, L'INFORMATION FOURNIE N'A PAS ÉTÉ DANS LE SENS DE LA SÉCURITÉ.

Des événements du type de celui de décembre 2003 dans le « delta » ont statistiquement une chance d'être vus une fois dans une vie humaine. Ainsi, seuls quelques rares endiguements pourraient résister à une crue telle celle de 1840 ou 1856. Les protections actuelles sont sans doute au mieux juste centennales.

La mission rappelle, en conclusion partielle, ce qui a été écrit en octobre 1999 dans le rapport DAUGE :

« ... *La mesure et ceux qui la pratiquent ne sont pas reconnus.. ;*

LA MESURE A UN COÛT. IL EST SOUVENT DÉRISOIRE EN VALEUR RELATIVE, PAR LES ÉCONOMIES QUE LA MESURE ENGENDRE DANS TOUS LES DOMAINES... ET EN PARTICULIER CELUI DE LA LUTTE CONTRE LES INONDATIONS ».

II-6 PROPOSITIONS DE LA MISSION

Inspirées des développements qui précèdent, la mission émet ci-après un certain nombre de propositions, pour l'essentiel à l'attention de l'État, dont le point commun est ***l'amélioration de la connaissance du fleuve, nécessaire à l'amélioration de sa gestion, notamment en crue.***

! Mettre à plat un vrai réseau de mesure hydrologique et ne pas se contenter de simples relevés de cotes.

Qui peut le plus (hydrologie), peut le moins. La prévention des crues et la réduction du risque d'inondation ne sauraient exister sans une estimation judicieuse des débits. Il en va de la sécurité des personnes et des biens mais aussi d'une juste appréciation des projets.

! Faire en sorte que la DIREN de bassin assure pleinement ses responsabilités en hydrologie et en hydrométrie.

²⁸ Études historiques à compléter, études géomorphologiques à faire et ou exploiter, etc.

²⁹ Voir la circulaire du 26 mars 2002 déjà citée.

« Enfin je voudrais que, comme cela existe déjà pour quelques-uns, le régime des grands fleuves fût confié à une seule personne, afin que la direction fût unique et prompte dans le moment du danger »³⁰.

Pour la mission, cette « revivification » est justifiée tant par l'engagement de la responsabilité de l'État dans tout ce qui a trait à la sécurité publique que par la mission dévolue au préfet de bassin sur le Rhône et ses affluents, qui impose qu'il puisse disposer de services de bassin – DIREN et SNRS – forts et compétents, ou enfin par les attributions nouvelles de la DIREN de bassin en matière d'annonce des crues. L'Agence de l'eau doit aider matériellement et durablement à cette revivification.

! Instaurer une structure d'appui technique permanent aux DIREN.

La complexité de l'hydrologie et de l'hydrométrie nécessite un recours technique permanent et sûr.

Une contrainte majeure à lever reste cependant le non-renouvellement et le vieillissement du vivier des experts nationaux³¹ dans le domaine de l'hydrométrie, qui pose le problème du contenu des programmes des établissements d'enseignement technique. À l'heure actuelle, ces compétences n'existent plus guère dans les services.

! Revoir les conventions État, CNR, EDF,... de manière à y intégrer des dispositifs de contrôle et d'analyse croisés entre les opérateurs. La CNR est une référence technique incontournable en hydrologie, hydrométrie et hydraulique sur le Rhône.

! Revoir les conventions MEDD et MÉTÉO-France, notamment sur la mise à la disposition de l'État d'études commandées par d'autres organismes sur des événements intéressant la sécurité publique.

L'étude des événements météorologiques commandée par la CNR à MÉTÉO-France rentre dans ce cadre. Elle n'aurait pas pu être mise à la disposition de la mission par MÉTÉO-FRANCE sans l'accord de la CNR³².

! Entamer enfin un programme de recherche sur les incertitudes des mesures de débit par ADCP, à requérir du fabricant par le regroupement des utilisateurs.

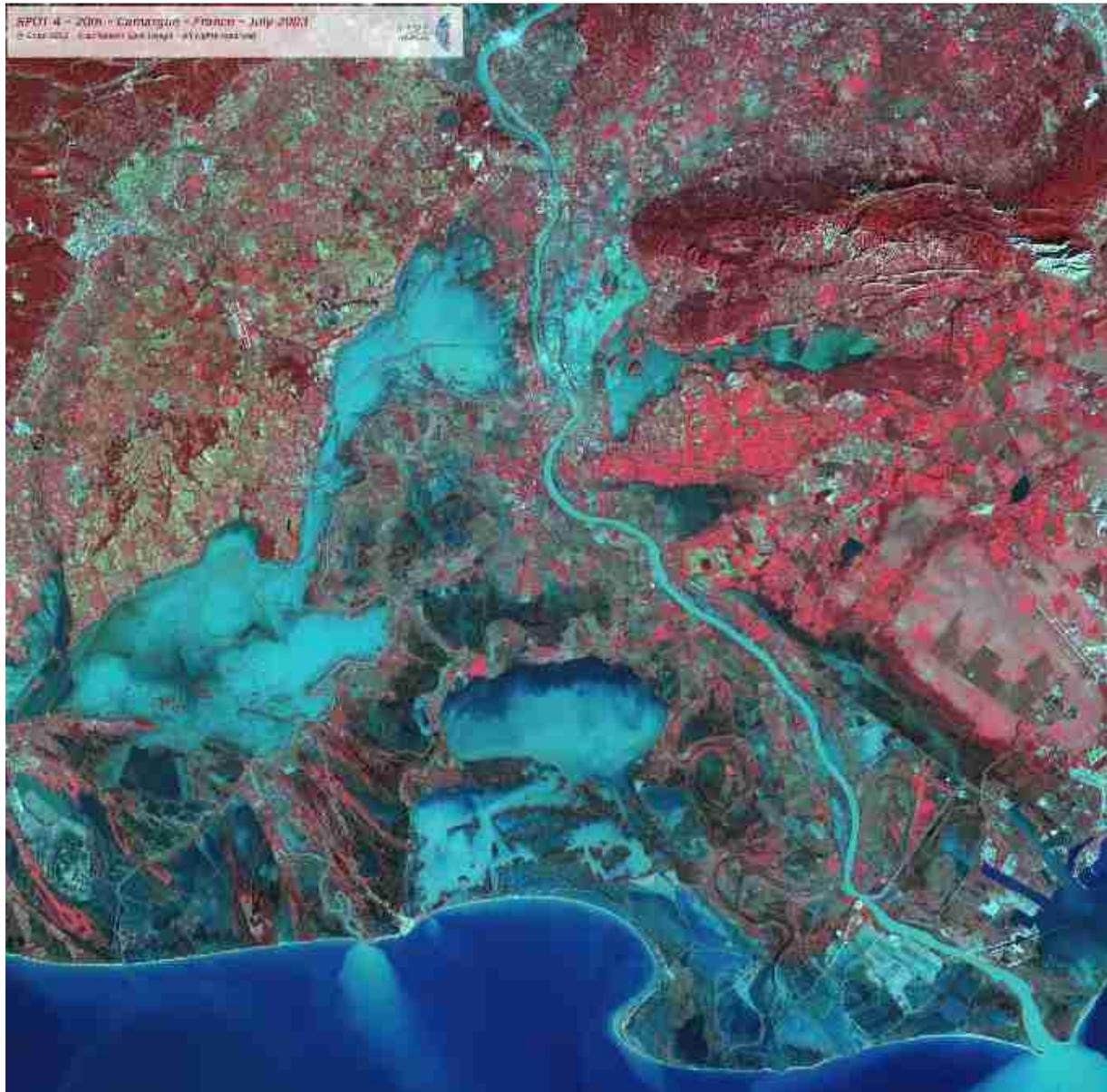
³⁰ Lettre de l'empereur au ministre de l'agriculture, du commerce et des travaux publics, datée de Plombières le 19 juillet 1856.

³¹ Pour l'essentiel constitué de retraités.

³² Même si la CNR, selon les termes de son cahier des charges, a une responsabilité d'information « des services chargés du contrôle », la mission exprime ses vifs remerciements au président de son Directoire, M Michel Margnes, qui a grandement facilité la tâche de la mission en lui ouvrant l'accès à toutes les données nécessaires.

III – LES EFFETS DE L'INONDATION SUR LES OUVRAGES DU LIT MAJEUR

Dans les chapitres qui suivent, la mission analyse succinctement, en rapport avec son propos, les caractéristiques et les conséquences de l'inondation au niveau de l'axe fluvial principal et des ouvrages de protection qui le bordent. L'extension de cet événement dans le Grand delta est visualisée dans la photo SPOT ci-dessous.



Dans ce chapitre, la mission traite d'une spécificité de l'événement de décembre 2003 ci-avant signalée qui a été de « solliciter » des ouvrages du lit majeur non dédiés à la protection contre l'inondation et dont par conséquent le retour d'expérience est à tirer dans la perspective d'une sollicitation future.

La mission rappelle par ailleurs dans le tableau ci-dessous³³ la nature et l'importance des dégâts causés par cet événement (en M !) :

Département	Total	Agric.	Autres activités	Voirie	Réseaux AEP, assaini.	EDF, Télécom. RFF	Autre patrimoine public	Rivières, Littoral, Voies navigables	Déchets	Particuliers
Ardèche	6,0	0,1	0,5	3,5	0	0,5	0	0,2	0	1,2
B. du Rhône	435,4	9,1	298,3	19,4	33,0	7,2	1,8	16,3	2,1	48,2
Drôme	10,1	0,4	0	5,8	0,1	0,3	0	3,5	0	0
Gard	299,5	30,3	170,6	20,0	11,0	1,4	6,6	13,4	0,8	45,4
Vaucluse	93,4	17,0	5,6	17,5	0,8	1,7	0,9	8,6	0	41,3
Total	844,4	56,9	475,0	66,2	44,9	11,1	9,3	42,0	2,9	136,1

III-1 DES TERMES NOUVEAUX DE LA STRATEGIE DE REDUCTION

À la crue du Rhône s'est ajoutée une pluviométrie continentale forte qui a créé un régime particulier pour les polders situés au sud de Beaucaire. Les ouvrages d'évacuation des eaux pluviales de chaque côté du fleuve ont été mis en tension, dans le Gard et le pays d'Arles.

À l'ouest, les brèches dans les digues ont créé une submersion particulièrement vaste (cf. photo SPOT ci-avant), dont l'île de Camargue n'a pas eu à souffrir, contrairement à l'événement de 1993-1994, mais qui a révélé aussi **une forte disparité** des situations respectives rencontrées de part et d'autre du fleuve quant à la solidité des ouvrages et à leur adéquation à une stratégie couplant la protection localisée et le déversement contrôlé que préconise l'étude globale.

Dans les Bouches-du-Rhône, les ouvrages dits « continentaux », privés de leur exutoire au fleuve et fortement sollicités, ont cassé ou débordé, noyant les parties basses (polder des marais des Baux) ou les zones enfermées par des digues (le Trébon dont les 2 siphons de vidange sous le Vigueirat se sont trouvés condamnés).

On notera que, à l'est du Rhône, cette situation peut se reproduire dès que le fleuve a un niveau élevé, supérieur aux terres avoisinantes situées en contrebas. Cette situation interdit en effet tout rejet local qui doit alors être reporté en transitant par des ouvrages nord-sud se rejetant *in fine* dans le golfe de Fos à plus de 40 km. Ces ouvrages sont anciens, saturés, et conçus au départ pour un rôle plutôt agricole et rural. Le développement de l'urbanisation a entre temps (la conception de ces ouvrages remonte à plus de quatre cent ans !) remis en cause les usages de ces ouvrages qu'il est nécessaire maintenant de gérer en tenant compte de l'aléa inondation.

Par force, les endiguements du Rhône et ces ouvrages non initialement dédiés à une fonction de protection contre les crues doivent contribuer solidairement à la protection contre les crues.

³³ Extrait du rapport d'inspection IGA-CGPC-CGGREF-IGIC-IGE de décembre 2003 intitulé « Les crues des 1^{er} au 5 décembre 2003 dans les régions Auvergne, Bourgogne, Languedoc-Roussillon, Midi-Pyrénées, Provence-Alpes-Côte d'Azur » – n° IGE/03/061.

! Les termes de la stratégie de réduction du risque inondation impliquent dorénavant solidairement des ouvrages et des territoires qui peuvent être éloignés de l'axe principal d'écoulement. C'est une donnée que l'événement de décembre 2003 a rappelée.

III-2 L'INONDATION EN RIVE DROITE, DANS LE GARD

Différents ouvrages ont été impliqués, et ont « joué » plus ou moins efficacement, dont les principaux sont :

- ! les digues de protection rapprochée ou les polders le long du Rhône : digue de Codolet, de Comps, d'Aramon, digue des Marguilliers à Beaucaire, zone de l'Ardoise...
- ! les ouvrages CNR ou en lien avec la concession : zone du fer à cheval sur Beaucaire, fusible au droit de Comps, fusibles de Boulbon, impact vis-à-vis du ruissellement pluvial...
- ! les digues linéaires du Rhône ou du Vidourle
- ! le canal du Rhône à Sète
- ! les ouvrages de vidange de la petite Camargue.

L'événement de décembre, heureusement non marqué par la concomitance des crues du Rhône et de ses affluents (Ardèche, Cèze, Gardon), à l'inverse de ce qui s'est passé en 2002, a néanmoins mis en évidence les points faibles bien connus – endiguements de Codolet et de Comps – mais il a aussi permis de constater la bonne tenue de l'ouvrage de protection très récemment construit d'Aramon, en même temps que la vulnérabilité inattendue de la digue des Marguilliers à Beaucaire, tout aussi récente.

Outre la vulnérabilité de certains endiguements, un point faible récurrent est la « fonction baignoire » jouée par un certain nombre de zones, et la difficulté de leur vidange qui en résulte, dont la DDAF du Gard a fait une priorité de sa stratégie de lutte.

Au total, les dommages se sont soldés par :

- des canaux abîmés,
- des stations de pompage submergées,
- 8 M ! de dégâts à réparer dans les deux mois, et 0,5 M ! de pompes financés par les réquisitions...

La mission fait de la problématique **des ouvrages ayant joué un rôle de vidange de la plaine** et des 1^{ers} enseignements à en tirer l'analyse qui suit.

Le canal BRL

Le canal BRL et sa prise d'eau ont été submergés dans la plaine de Fourques. Au moment où le Rhône a été suffisamment bas, il a été décidé par la cellule de crise d'ouvrir la prise d'eau pour un fonctionnement inversé, et ainsi assurer la vidange.

Cette opération rendue techniquement possible par BRL a permis d'assurer un autre exutoire à la plaine de Fourques que le couloir « étranglé » de Saint-Gilles.

Les ASA et leurs ouvrages

L'ensemble des plaines de Fourques et de la Petite Camargue est parcouru par des canaux d'irrigation ou de drainage appartenant aux ASA agricoles du secteur.

Dans les 1^{ères} heures et les jours après la crise, les moyens de pompage des ASA encore actifs (70 000 m³/h sur 100 000 m³/h) ont été remis en fonction (électricité, redémarrage) afin d'assurer une vidange en rejetant l'eau soit dans le Rhône, soit dans le canal du Rhône à Sète. Les pompages ont duré plusieurs semaines et ont été renforcés par les moyens externes mis en place (pompes hollandaises et allemandes) afin dans un 1^{er} temps d'enlever l'eau pour dégager les secteurs habités.

! L'effort collectif des ASA a été très important et a permis de vider le territoire dans un temps beaucoup plus court que si aucun ouvrage n'avait existé. L'événement a ainsi inauguré une forme nouvelle de solidarité entre ASA qu'il s'agit maintenant de prolonger dans son contenu technique et financier, en vue de faire face à la survenue d'un épisode de crue nouveau.

De fait, une union des ASA est actuellement en cours afin de faire émerger **un opérateur unique** susceptible d'agir de manière coordonnée entre mandants dans le futur. Le réseau actuel de canaux peut en effet permettre la vidange du territoire dans de bonnes conditions, pourvu qu'il soit géré de manière cohérente, même si les actuels moyens de pompage dont disposent les ASA, s'ils se sont montrés très précieux et efficaces, sont sans doute à renforcer.

Ceci illustre l'importance de s'assurer du devenir de l'eau dès lors qu'elle a submergé les digues ou les a fait rompre, de même que dans les scénarios de déversement organisé vis-à-vis desquels le territoire en cause dispose d'une potentialité certaine, vu sa dimension et la nature des enjeux qui s'y développent.

Dans les deux cas toutefois, la question de la responsabilité de la gestion des écoulements doit être traitée en urgence, dans une perspective de précaution face à la survenue toujours possible et imprévisible d'un événement de crue sollicitant ces ouvrages.

! La mission approuve le mouvement d'organisation que les ASA de rive droite du Grand delta ont entrepris. Elle considère toutefois que la responsabilité de la gestion des écoulements de crue, accidentels et organisés, ne peut reposer que sur de simples structures de type ASA. Elle invite par conséquent les acteurs à réfléchir au mode d'organisation approprié qui permettra cette gestion. En tout état de cause, ce mode ne pourra reposer que sur des représentations locales des différents enjeux.

La vocation de la zone

Les territoires ouest-gardois constituent des zones d'expansion des crues historiques. On y trouve deux casiers différents :

- le triangle Beaucaire-Fourques-St Gilles, dans lequel se trouvent deux ouvrages majeurs : le canal d'irrigation du Bas Rhône Languedoc et l'autoroute A 54, Arles-Nîmes³⁴. Ce dernier ouvrage, qui a du être fermé à la circulation pendant une dizaine de jours, intercepte les eaux qui ont vocation à s'épancher naturellement dans la ZEC située à cet endroit. Faisant ainsi obstacle au libre écoulement de l'eau et au fonctionnement normal de la ZEC – ce dont il souffre lui-même, avec les incidences sur l'économie qu'on a pu vivre en décembre 2003 – **il est nécessaire d'en revoir la configuration en vue de le rendre plus transparent aux crues.**
- le triangle St Gilles – Aigues-Mortes jusqu'à la mer.

³⁴ À noter, la demande d'inspection du directeur des Routes au président de la mission de contrôle des sociétés concessionnaires d'autoroutes en date du 22 janvier 2004. Rapport remis le 27 avril 2004.

Entre les deux triangles, se trouve un territoire resserré, **le couloir de St Gilles**, recouvert de 3 m d'eau lors de la crue de décembre. Sa vocation naturelle est de laisser passer l'eau avec le moins de dégâts possible. Cette zone est occupée par 14 exploitations qui y cultivent des arbres fruitiers.

! Compte tenu de sa situation géographique et de sa fonction « goulot d'étranglement » au cœur d'une zone naturelle d'expansion de crues, la mission suggère la réduction de la vulnérabilité de la zone du « couloir de St Gilles ».

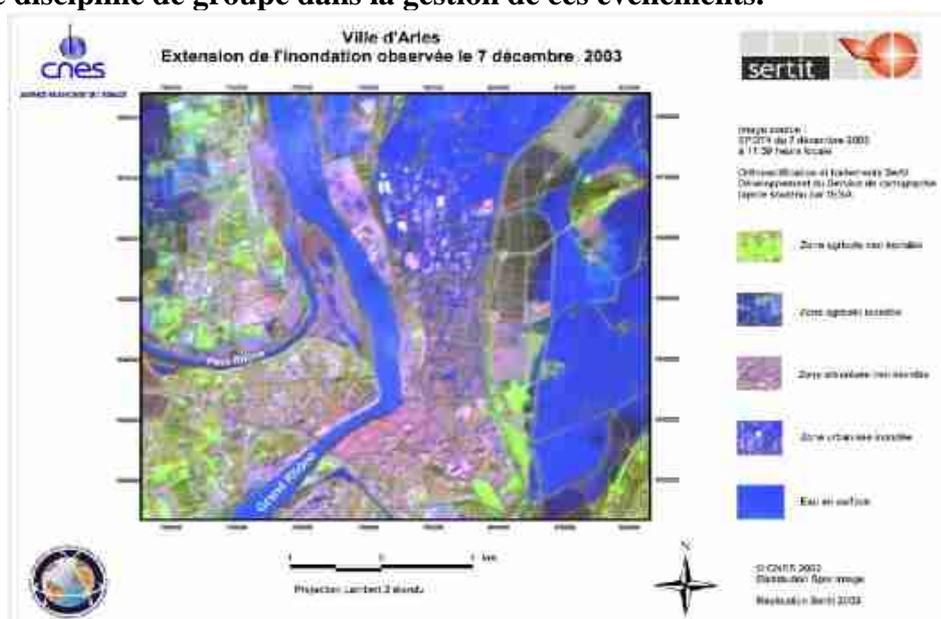
III-3 L'INONDATION EN RIVE GAUCHE

III-3-1 Ses caractéristiques

Dans le Grand delta, elles ont été les suivantes.

- A. D'une part, le nord d'Arles a été inondé, tout d'abord par un excédent d'eaux météoriques, puis par l'eau en provenance du Rhône.
- B. D'autre part, au sud de Tarascon, le Rhône est rentré dans la plaine par suite de la rupture de deux trémies sous la voie SNCF qui fait office de digue en rive gauche. Le sud de Tarascon étant inondé, la ville de Tarascon a cru bon de se protéger en renvoyant les eaux encore plus au sud, c'est à dire vers Arles et le quartier du Trébon, par brèchage volontaire du canal d'irrigation des Alpines, qui se rejette au Rhône en temps normal. Pendant la période d'été, ce canal sert à l'irrigation, alors qu'en hiver, il a plutôt une fonction de ressuyage et de recueil des eaux de ruissellement des terrains qu'il draine.

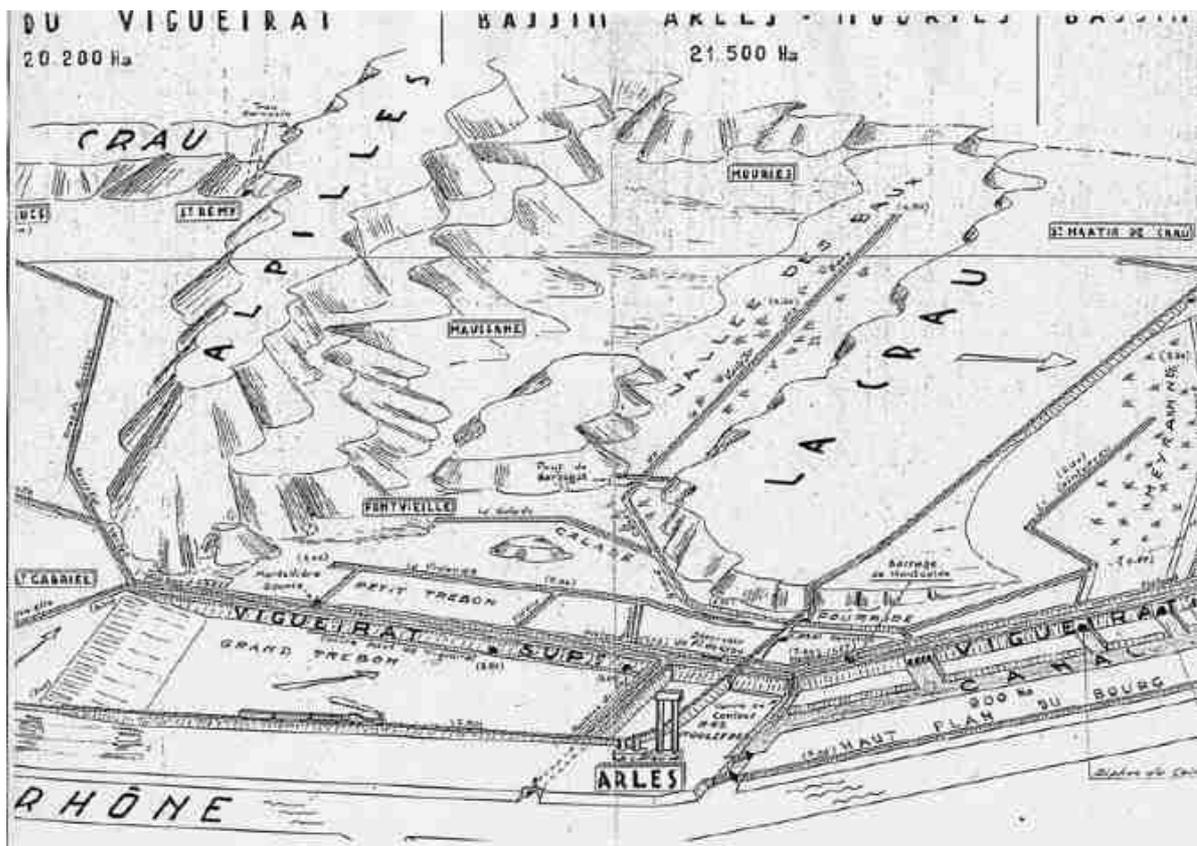
! S'il est vrai que le canal des Alpines coulait « à pleins bords » lors de l'épisode de crue de décembre, cela ne justifiait certainement pas l'intervention irréfléchie décidée par la commune de Tarascon qui a sensiblement augmenté les volumes déversés dans la plaine jusqu'à Arles. L'enseignement à en tirer est la nécessité d'une discipline de groupe dans la gestion de ces évènements.





Quartier du Trébon, nord d'Arles, décembre 2003
Au centre de la vue, la prison

- C. Ce secteur fait l'objet d'un équipement hydraulique complexe, mis en place par Van Ens au 17^{ème} siècle : en particulier, le pays d'Arles est traversé du nord au sud par le canal du Vigueirat, qui évacue à travers les terres basses les eaux de pluie venues du nord. Ce canal est en surélévation, et constitue ainsi une barrière pour les terres situées à l'ouest. Au droit de la ville d'Arles, une « fuite » a été prévue pour se jeter au Rhône si son niveau le permet : la Roubine du Roy (il s'agit de Louis XIII). Ce canal est lui aussi en surélévation. Du coup, la « plaine du Trébon » constitue un emplacement fermé à l'est et au sud, qui ne peut être assaini en cas de Rhône haut que par deux siphons passant sous le canal du Vigueirat pour rejoindre les « marais d'Arles ».
- Le schéma ci-après illustre la complexité du lacs des ouvrages de cette zone³⁵, qui en rend la gestion en crue délicate, bien qu'elle soit indispensable



- D. Le nord d'Arles s'évacue d'habitude par ces deux siphons qui débouchent dans les marais d'Arles. Après avoir fonctionné un temps, l'un s'est effondré (le « noc » de Flèche), l'autre ne débitait plus qu'à moitié (le « noc » de Quenin). Il n'a pas été possible de les remettre en état pendant l'épisode pluvieux, au risque de rompre le Vigueirat lui-même.
- ! Ainsi, la plaine du Trébon a-t-elle constitué une cuvette fermée de tous côtés, impossible à vider sauf à avoir recours à des moyens de pompage artificiels : le niveau de l'eau dans l'habitat pavillonnaire a atteint 1,50 m.**
- E. Quant au Vigueirat, il a été conçu par Van Ens pour un bassin versant agricole et rural, avec un débit maximum de 30 m³/s. Du coup, il peut s'il reçoit un débit supérieur casser à tout moment, rompre ses berges en terre, et déverser sur les bas quartiers d'Arles 20 à 30

³⁵ On y voit en particulier la voie ferrée venant de Tarascon et la « Roubine du Roy », qui assure hors crue la vidange dans le Rhône.

m³/s, ce qui correspond à plus de 2 Mm³/jour. Pour parer à ce risque, deux manœuvres sont possibles :

- quand le Rhône est bas, un dégagement est opéré par la Roubine du Roy,
- quand le Rhône est haut, un déversement peut se faire dans le bassin de rétention de Beauchamp. Enfin, mais cela ne peut se faire qu'à l'aval, un déversement peut être opéré dans le Canal d'Arles à Fos.

F. En décembre 2003, le Vigueirat a cassé à Fort d'Ervail, saturé dès l'amont à son débit maximum de 30 m³/s dû aux apports du bassin versant nord. Il a correctement joué son rôle en évacuant ensuite ce débit à l'aval.

! La brèche n'a pas été réparée, l'intention des maîtres d'ouvrage locaux étant de placer une vanne à l'emplacement, servant elle-même de soupape de sûreté. Toutefois, l'exutoire devient ainsi les marais des Baux.

G. Les marais des Baux constituent un polder tourbeux connu dès l'époque romaine. Aménagés au 19^{ème} siècle, ils sont constitués par un système de bassins, asséchés par des stations de pompage, rejetant leurs eaux dans le canal de la vallée des Baux. Lui aussi a des berges très friables. **En crue, il refuse l'évacuation des eaux pluviales des zones d'activité de Fourchon (dont le parking du Géant Casino).**

III-3-2 Ses dommages

Le tableau qui suit en détaille la nature.

INVENTAIRE DES DOMMAGES AUX CANAUX D'ASSAINISSEMENT				
N°	Intitulé	Ouvrage concerné	Cause	Conséquences.
1.	Eaux bleues.	Canal de vidange du bassin de Boulbon	La digue a surversé. Le bassin s'est rempli. A l'ouverture de la vanne (10 m de charge), le canal a été détruit	Canal de vidange détruit
2 3	Deux trémies RFF.	Trémies dans le remblai de la voie ferrée qui sert de digue	Crue du Rhône	transfert crue dans le Trébon, Tarascon casier Est, Sud Arles
4	Canal des Alpes.	Berges du canal.	Ville de Tarascon. Dans la nuit du 3 décembre. émue par saturation Vigueirat et la montée des eaux dans casier Est de Tarascon et les déversement par les trémies	La ville de Tarascon se protège en éventrant le canal des Alpes
5	Fort d'Herval	Vigueirat RG. Une brèche.	Pluie 150 mm Saturation à l'aval du verrou de St Gabriel.	Inondation des marais d'Arles : Sécurité pour Arles et risque d'inonder le Trébon
5a		Digues du Vigueirat	Fonctionnement inversé de la digue : eau à l'extérieur, canal vidé du fait des brèches, glissements à l'intérieur du canal	Berges déstabilisées. glissements.
6		Siphon de Flèche	Siphons bouchés.	Trébon inondé.
7		Siphon de Quenin – Roubine du Roy		
8 9 10	Meunerie Barbeval Pont de l'Étroit. Brèche Malaga (22/09/03).	Marais des Baux : tassements, brèche, érosion, perte de sol, glissement, « dilution » de la tourbe.	Pluie. eau stagnant dans les marais inondés	Affaiblissement généralisé de l'infrastructure. En lien avec DOCUP.
11	Mas du petit Mollégès	Canal du Vigueirat : Brèche inondant les marais de Meyranne.	Saturation du Vigueirat Brèche	Inondation propriété MOSCHINI Retard des semis de printemps.
12 13	Marais du Vigueirat			Brèche déversante. pas de dégâts (espace naturel protégé).

III-3-3 Ses enseignements

La mission a relevé **une organisation du Pays d'Arles en strates altimétriques.**

En période de basses eaux :

∞ Le Vigueirat assainit le pays de Tarascon : il n'assure qu'une fonction de transport et ne recueille pas une goutte d'eau supplémentaire à l'aval de Saint Gabriel. **Comme il est en relief, du bon état de ses berges dépend le fait qu'il ne rompe pas, réduisant ainsi le risque pour les terres qu'il surplombe.**

∞ Le nord d'Arles se déverse par des siphons passant sous le Vigueirat (Flèche et Quenin) dans les marais d'Arles. **Du bon état de ces siphons dépend l'assainissement de la zone industrielle du Trébon !**

∞ Les marais d'Arles, drainés par la partie aval du canal de dessèchement des marais des Baux, débouchent par un siphon sous le Vigueirat (siphon de Montcalde) dans l'ancien canal de navigation d'Arles à Bouc.

∞ Les marais des Baux sont pompés dans le canal de dessèchement des marais des Baux

Dans cette période, le Vigueirat peut être déchargé au Rhône par la Roubine du Roy, assainissant ainsi le pays de Tarascon et le nord d'Arles. Les marais d'Arles débouchent dans le canal d'Arles à Bouc, et les marais des Baux sont pompés pour être rejetés dans le canal des marais d'Arles, tout cela fonctionnant en étages successifs.

En crue :

∞ le Rhône domine les terres qu'il assainissait, condamnant les écoulements à trouver leur issue vers la mer au sud. Les écoulements sont rendus plus importants et surviennent plus rapidement, alors que les ouvrages d'évacuation restent ceux conçus par l'agriculture en fin du siècle dernier.

Comme cela a été le cas pour la commune de St Martin de Crau par exemple, il s'agit de concevoir des ouvrages structurants permettant ou de stocker, ou d'évacuer, les débits excédentaires, provenant de l'urbanisation.

∞ Les ouvrages commandant les eaux (barrages divers) doivent être connus, repérés, entretenus et gérés de manière optimale, c'est à dire de manière adaptée aux circonstances climatiques distinguant les deux scénarios de Rhône haut et bas, et différentes classes de pluviométrie :

- les pluies de faible durée et de fort débit, et volumes faibles,
- les pluies de plus longue durée qui créent des volumes importants à évacuer impérativement à l'aval.

! Il est évident que les canaux et siphons doivent être en parfait état de marche, ce que leur ancienneté rend aléatoire. À titre d'exemple, la moindre des précautions à prendre pour la réduction des dommages dans le quartier du Trébon est de s'assurer du bon fonctionnement des 2 vidanges que constituent les nocs de Flèche et de Quenin !

Par ailleurs, pour ce quartier, une mesure d'urgence s'impose pour le prémunir de toute crue à venir du Rhône en amont : en barrer le nord par un ouvrage de protection, à l'instar de la 2^{ème} ligne de défense dont dispose la ville de Tarascon.

Des « règlements d'eau » s'imposent par conséquent, par exemple « *stocker le plus possible, ou évacuer rapidement vers l'aval*³⁶, les volumes qui ne peuvent plus être déversés dans le Rhône en cas de montée des eaux de celui-ci, ce qui revient à créer un lien non existant à l'heure actuelle entre la crue du fleuve et la gestion préventive du réseau des canaux connexes ».

! La mission suggère la réalisation d'un bilan de cet ensemble d'ouvrages – inventaire, état, mode de liaison hydraulique... – et l'élaboration de scénarios de fonctionnement conjoint – ou règlements d'eau – dans différentes hypothèses d'aléa, englobant le Rhône et la pluviométrie directe sur la zone, ensemble et séparément³⁷.

! La mission estime par ailleurs qu'un mode de gestion nouveau, plus collectif et responsable de ces ouvrages, doit se substituer au mode ancien, traditionnel et individualiste, exercé par des associations qui ne communiquent que peu entre elles.

³⁶ Via par exemple le canal d'Arles à Bouc, en vérifiant préalablement que le barrage anti-sel a bien été abaissé.

³⁷ La constitution d'un SIG de ce réseau d'ouvrages et de leurs gestionnaires est une nécessité.

Cela concerne notamment les réseaux maîtres d'assainissement³⁸ agricole pour lesquels la mission préconise la constitution d'un Syndicat « Vigueirat-Baux »³⁹ approprié à traiter des enjeux globaux de gestion des eaux excédentaires. La participation du SYMADREM à ce regroupement apparaît très souhaitable.

Par ailleurs, pour la mission, le remblai de la voie RFF Tarascon-Arles doit être considéré comme une digue de protection, ce qui implique qu'il soit géré et contrôlé comme tel.

Reste à régler par ailleurs le problème de la responsabilité juridique et technique des ouvrages intra-urbains – et notamment la Roubine du Roy dans Arles – dont la gestion n'est pas disjointe cependant de celle de ces réseaux. La mission suggère une reprise par la collectivité, plutôt que par les services de l'État.

La problématique « irrigation » est plus complexe dans la zone. En effet, les réseaux dédiés voient leurs fonctionnalités se diversifier de plus en plus par rapport à leur vocation de départ : évacuation des eaux de crue, mais aussi soutien des nappes et des cours d'eau lors des étiages.

En ce domaine, et à l'inverse des réseaux d'assainissement, les maîtres d'ouvrage sont motivés et compétents et en voie de s'organiser pour l'exécution de ces diverses fonctions.

! Compte tenu de la solidarité hydraulique existant entre les deux types de réseaux, de dessèchement et d'irrigation, il est souhaitable que les gestionnaires des eaux de ces ouvrages soient associés à la gestion des eaux en période de crue⁴⁰. La mission pousse fortement en ce sens, rejoignant en cela le schéma gardois ci-avant exposé.

³⁸ « Dessèchement » est la dénomination historique.

³⁹ Compte tenu des enjeux, la mission suggère l'adhésion du département des Bouches-du-Rhône à ce syndicat.

⁴⁰ Après regroupement préalable très souhaitable.

IV – CARACTERISTIQUES ET CONDITIONS DE GESTION DES OUVRAGES

Remarque : dans tout ce qui suit, les références à des débits et à des périodes de retour des crues proviennent de documents existants ou d'informations d'origine diverse. Ces indications doivent donc être prises avec une grande prudence car elles n'ont pas été réévaluées après l'analyse décrite au chapitre II.

IV-1 INTRODUCTION

Les digues implantées le long du Bas-Rhône à l'aval de Viviers forment un dispositif complexe dont le présent chapitre s'efforce d'analyser les principales caractéristiques techniques et les conditions de gestion, en s'appuyant notamment sur les résultats de nombreuses études et les conclusions de nombreux rapports déjà disponibles sur le sujet, dont la liste est donnée en annexe n° 3⁴¹.

Il faut rappeler que la partie du Bas-Rhône comprise entre Viviers et Arles a été profondément modifiée par les travaux que la Compagnie Nationale du Rhône (CNR) a réalisés dans les années 1950-1970, en vue de la production d'énergie hydroélectrique au fil de l'eau, de l'amélioration de la navigation fluviale et de l'irrigation des terrains agricoles, soit :

- aménagement de Donzère-Mondragon (mis en service en 1952),
- aménagement de Caderousse (mis en service en 1975),
- aménagement d'Avignon (mis en service en 1973),
- aménagement de Vallabrègues (mis en service en 1971).

Ces aménagements ont été conçus « *pour que les niveaux des crues ne soient pas surélevés quand ils dépassent naturellement la cote de la retenue normale fixée à l'article 5 ci-avant, sauf sur les tronçons de la retenue bordés de digues insubmersibles* », selon les termes retenus, par exemple dans le cahier des charges spécial de Vallabrègues et de l'aménagement complémentaire du Palier d'Arles [13, art. 16.2].

Actuellement, la partie du fleuve comprise entre Viviers et la mer comporte trois catégories de digues différentes :

- digues syndicales et communales établies au fil des siècles par les riverains pour se protéger des inondations du fleuve,
- ouvrages divers formant digues, de façon explicite ou non,
- digues établies par la CNR pour contenir les plans d'eau résultant de l'aménagement du fleuve.

Les principaux renseignements d'ordre administratif et technique qu'il a été possible de recueillir sur les deux premières catégories d'ouvrages ci-dessus sont récapitulés dans l'annexe n° 4.

Pour chaque catégorie d'ouvrages, les paragraphes suivants examinent successivement, en tant que de besoin, leurs caractéristiques générales, leurs conditions de gestion, leur conception, leurs modalités de surveillance, d'entretien et leur restauration.

⁴¹ Les références aux documents mentionnés en annexe n° 3 sont indiquées entre crochets comprenant le numéro d'ordre dans cette liste.

IV-2 LES DIGUES SYNDICALES ET COMMUNALES

IV-2-1 Caractéristiques générales

Quelque 380 km de digues ceinturent le lit mineur du Rhône entre Viviers et Fourques, puis les deux bras de son delta depuis Fourques jusqu'à la mer et la section du littoral située au droit de la Camargue, dont environ 87 km de digues maritimes. Ces endiguements, construits à partir du 12^{ème} siècle, se sont achevés dans les années 1840-1860 par la construction de la ligne de chemin de fer Arles-Avignon, de la digue côté Gard du Rhône et du Petit Rhône et de la digue à la mer.

Il s'agit en fait de levées, plus que de véritables digues, la plupart du temps conçues sous une forme rudimentaire. Les nombreux rehaussements et confortements réalisés après 1850 ont réduit les risques de surverse et de brèches pour les crues moyennes. Néanmoins, les digues du delta, notamment celles du Petit Rhône, restent fragiles et ne peuvent contenir les écoulements de crues fortes et de longue durée.

! Les niveaux de protection apportés par les digues sont très variables d'un secteur géographique à l'autre. Certaines assurent un niveau de protection quasi centennal tandis que d'autres autorisent la submersion des terrains situés derrière elles bien avant la crue décennale. Des renseignements, même très approximatifs, sur les niveaux de protection qu'elles assurent, ne sont pas toujours disponibles. Les déficiences de la surveillance et de l'entretien d'une grande partie d'entre elles ne font que réduire encore leur fiabilité.

IV-2-2 Digue protégeant des secteurs densément habités

Les secteurs concernés sont principalement des quartiers de villes importantes (Avignon, Beaucaire, Tarascon, Arles...) et les parties agglomérées de villages regroupant plusieurs centaines d'habitants (Pont-Saint-Esprit, Codolet, Comps, Aramon...). L'étude globale a mis en évidence les principaux résultats suivants [6, 1.3.3 p. 17] :

- "- le niveau de protection des zones agglomérées est variable d'un secteur à l'autre. Toutefois, pour Beaucaire et Avignon, le modèle met en évidence des revanches suffisantes pour une crue supérieure à la crue centennale,
- la connaissance actuelle de certaines digues ne permet pas de déterminer les revanches disponibles au-dessus des lignes d'eau et donc les niveaux de protection,
- certains secteurs sont particulièrement vulnérables, compte tenu de l'importance des populations situées derrière les digues, de la nature de ces ouvrages et de leurs sollicitations hydrauliques en crue. Il s'agit en particulier de Lapalud et des bourgs situés dans les secteurs de confluence, qui sont soumis au double risque des crues du Rhône et de ses affluents (Pont-Saint-Esprit au confluent de l'Ardèche, Codolet au confluent de la Cèze, Aramon, Comps au confluent du Gardon)".

Les digues de protection des villages « polders » des confluences du Gardon et de la Cèze avec le Rhône ont été submergées lors de la crue de septembre 2002 [7, IX A 4, p. 97]. Il ne s'agissait pas d'une crue exceptionnelle du Gardon, de la Cèze et du Rhône.

- "- À Aramon, les digues de protection contre les crues du Rhône n'ont pas été sollicitées, mais une digue en limon de section trapézoïdale, protégeant le village contre les crues du Gard, et sans

doute rabaissée il y a quelques années pour en faciliter l'entretien, a été submergée, ce qui a provoqué l'ouverture de plusieurs brèches causant une vague dévastatrice.

- À Comps, la partie la plus récente de la digue communale en maçonnerie a été submergée par une lame de 0,2 m environ, ce qui a provoqué la rupture d'une culée de batardeau, puis, à la décrue, d'une section de digue d'une quarantaine de mètres. La digue de la CNR, qui fait partie de l'aménagement de Vallabrègues, surélevée de 2 m par rapport à la digue communale à laquelle elle se raccorde, n'a par contre subi aucun dommage.

- À Codolet, la submersion de la digue en matériaux alluvionnaires a été générale et régulière. Une lame d'eau a provoqué sa rupture avec l'inondation très rapide du village.

- Dans le secteur de Pierrelatte, la digue de la Faïne a connu une brèche de 70 m en septembre 2002, par laquelle les eaux ont inondé la commune vauclusienne de Lapalud. Des travaux de réparation d'urgence ont été réalisés par la commune. L'entretien de cette digue et de plusieurs autres dans le secteur de Donzère et Pierrelatte est assuré par le SIAGAR, gestionnaire créé à la suite des crues de 1994. Cette digue est emblématique du problème de multiplicité des maîtrises d'ouvrage qui fait obstacle à une gestion concertée et qu'il convient de régler : en effet, il s'agit d'un ouvrage unique, à cheval sur deux départements, la partie vauclusienne est gérée par le syndicat intercommunal de Lapalud/Lamotte tandis que la partie drômoise est gérée par le SIAGAR. Or, la commune de Lapalud (84) est inondée par des brèches situées sur la partie drômoise.

Le réseau traditionnel de digues « en arêtes de poisson », conçu, non pour une mise hors d'eau, mais pour une inondation plus modérée par l'aval, a été en partie abandonné."

IV-2-3 Dignes protégeant des zones rurales

Le diagnostic réalisé par l'EPTB [6, 1.3.3 p. 17 et 18] aboutit aux principales conclusions suivantes :

"- Les niveaux de protection sont variables d'une digue à l'autre. Certaines digues sont insubmersibles (dignes de l'île de la Motte), ou protègent contre les crues fortes (dignes de l'Oiselet, à Avignon), alors que d'autres, comme celles de la Barthelasse, sont submersibles avant la crue moyenne.

- L'étude globale n'a pas permis de faire un diagnostic précis de l'état des digues et de leur capacité à résister aux submersions. En cas de brèches, les impacts sur l'agriculture et les populations seraient très certainement aggravés.

- Le fonctionnement hydraulique des digues discontinues qui protègent la plaine de Donzère-Mondragon présente des défauts. Ces digues sont en effet prévues pour inonder les terrains par l'aval afin d'éviter l'érosion des terres par des courants trop violents, permettre la mise en eau « en douceur » de la plaine et réduire les hauteurs d'inondation pour les crues non surversantes. En principe, ces digues contribuent à préserver une capacité de stockage et donc à diminuer le débit au maximum de la crue tout en retardant les submersions. Mais certaines digues sont submersibles trop tôt et entraînent des inondations par l'amont. Tel est le cas, sur la plaine de Donzère pour les digues de Chastellas, de la Surelle, du Radelier, de Gravière, de Longeviale et de Frémiguière/Faïne, et sur la plaine de Montélimar, pour les digues de Rochemaure et de Balafray (Châteuneuf-du-Rhône).

- Certaines digues submersibles pour des crues rares ne présentent pas des caractéristiques suffisantes pour résister à des sollicitations prolongées".

IV-2-4 Delta du Rhône

Le delta du Rhône constitue à plusieurs titres un cas particulier dans le système actuel de protection contre les crues du Rhône [6, 1.3.4, p. 18,19,20] :

- "- Exutoire du bassin, le delta subit les débits de crue les plus importants et, par la même, constitue sans aucun doute le secteur le plus difficile à défendre.
- Le système de digues actuel protège près de 80 000 personnes, plus de 2 500 entreprises et près de 70 000 ha de cultures, mettant ce secteur largement en tête de tous les autres en termes d'enjeux exposés. Pour autant, les digues ne permettent pas actuellement de contenir une crue centennale du fleuve.
- Le delta constitue aujourd'hui un milieu naturel remarquable mais artificialisé, dont l'équilibre écologique reste tributaire du système de protection contre les crues.
- Les surcotes et tempêtes marines peuvent aggraver considérablement les effets des inondations sur cette zone du delta."

L'étude globale a mis en évidence un risque inégal de surverse par-dessus les digues, ainsi que des risques de brèches avant que la ligne d'eau n'atteigne la crête des digues, en raison de leur fragilité structurelle et du niveau d'eau élevé au-dessus de la plaine inondable. Les digues du Petit Rhône sont les plus vulnérables car elles sont plus basses que celles du Grand Rhône, pour un niveau d'eau en crue plus élevé de 1 à 2 m en l'absence de surverse.

En supposant que les digues résistent jusqu'à ce qu'apparaissent les premières surverses, le delta est soumis au risque d'inondation pour une crue supérieure à la crue cinquantennale.

Les digues du palier d'Arles entre Beaucaire et Fourques ne peuvent pas résister à une crue supérieure à la crue centennale. Les surverses par-dessus la digue côté Gard et par dessus la voie ferrée Tarascon-Arles et les brèches qui en résulteraient provoqueraient l'inondation généralisée du delta sous plus de 1 m d'eau.

Les surcotes marines constituent l'un des principaux facteurs d'aggravation, dans la mesure où elles engendrent une rehausse des lignes d'eau et augmentent les volumes de surverse par-dessus les digues. Ainsi, pour une crue forte de type centennal, les surfaces submergées sous plus de 1 m d'eau et le nombre d'habitants inondés seraient doublés en cas de surcote marine de plus de 1 m.

IV-2-5 Gestion des digues

1. Digues situées en amont du delta

Elles sont gérées par 25 organismes divers (ASA, ASF, communes...), qui leur portent des intérêts très variables, et quelques-unes d'entre elles (cinq environ) n'ont même plus de gestionnaire connu.

Treize gestionnaires portent indiscutablement un intérêt réel à leurs ouvrages qui représentent une longueur de 62,2 km sur un total de quelque 95,5 km de digues situées en amont du delta du Rhône (soit environ 65 %). Mais un seul d'entre eux, le Syndicat des Chaussées de Tarascon, dispose d'un salarié garde-digues. L'annexe n° 5 donne la liste de ces gestionnaires et des ouvrages concernés, ainsi que quelques indications sur leurs conditions de gestion.

2. Digues établies en rive droite du Rhône entre Beaucaire et Sylvéréal

Les 49 km de digues établies sur la rive droite du Rhône et du Petit Rhône à l'aval de Beaucaire et jusqu'à la limite du département des Bouches-du-Rhône (Sylvéréal) sont gérés

par le syndicat intercommunal des digues du Rhône de Beaucaire à la mer, qui regroupe onze communes et dont l'organisation a été définie en dernier lieu en 1988.

3. Digues établies en rive gauche du Rhône et autour de la Camargue

Les digues établies autour de la Camargue, en rive droite du Grand Rhône, en rive gauche du Petit Rhône et le long de la mer, sont gérées pour l'essentiel par le syndicat mixte pour l'aménagement des digues du Rhône et de la mer (SYMADREM), qui a été constitué progressivement après les crues de 1993-1994 et n'a pris sa forme définitive qu'en 1999. Ce syndicat mixte est constitué de cinq partenaires : région PACA, département des Bouches-du-Rhône, communes d'Arles, de Port-Saint-Louis-du-Rhône et des Saintes-Maries-de-la-Mer.

Plus précisément, il a compétence pour la gestion d'un ensemble de 179 km d'ouvrages ceinturant la Camargue :

- digues établies en rives droite (45 km) et gauche (40 km) du Grand Rhône, y compris digue de l'Exsselle (5 km),
- digues établies en rive gauche du Petit Rhône (55 km) et en rive droite du Petit Rhône à l'aval de Sylvéréal (5 km) ,
- digue maritime sur environ 29 km (digues à la mer 1, 2, 3 et 5) .

Des problèmes administratifs subsistent, portant notamment sur les ouvrages appartenant à l'État, qui n'ont fait jusqu'à maintenant l'objet que d'une décision de superposition de gestion.

D'autres organismes sont chargés de la gestion de digues établies en bordure de mer :

- Compagnie des Salins du Midi et des Salins de l'Est, pour 52 km (digues frontales 1, 5, 6 et 7, digue à la mer 4),
- Compagnie Industrielle et Agricole du Midi (CIAM), pour 3,55 km (digues frontales 2 et 4),
- Commune des Saintes-Maries-de-la-Mer, pour 2,60 km (digue frontale 3).

! Cette situation est peu satisfaisante, dans la mesure où le tronçonnement des responsabilités concernant les digues maritimes n'est pas rationnel et où le CIAM et la commune des Saintes-Maries-de-la-Mer n'assurent pas une gestion très attentive des ouvrages.

Des modifications destinées à l'améliorer sont à l'étude :

- . des pourparlers assez avancés sont en cours pour que le SYMADREM reprenne la gestion des tronçons 2, 3 et 4 de la digue frontale et du tronçon 1 de la digue maritime ;
- . les discussions sont moins avancées pour les tronçons 1, 6 et 7 de la digue frontale et pour le tronçon 4 de la digue maritime, actuellement gérés par la CSME.

IV-2-6 Conception des digues

Les digues sont la plupart du temps constituées de matériaux empruntés sur place (limons, argiles, sables plus ou moins limoneux ou argileux) et simplement mis en remblai pour constituer le corps de l'ouvrage (cf. annexe 4). Certaines d'entre elles sont revêtues de perrés en béton ou en pavés. Quelques-unes sont constituées de murs en maçonnerie de type rempart (mur-digue de Caderousse...).

! La structure précise et l'état de ces ouvrages ne sont la plupart du temps pas connus, ce qui a abouti à une demande d'expertise récemment formulée auprès du CEMAGREF par certains gestionnaires, dont le SYMADREM et le Syndicat de Beaucaire à Sylvéréal.

Comme indiqué dans le paragraphe « caractéristiques générales » ci-dessus, seules des notions très vagues sont généralement disponibles sur l'ordre de grandeur des périodes de retour des crues susceptibles de provoquer un début de surverse, et donc la ruine de la plupart des ouvrages eu égard à leur constitution. A fortiori, les durées pendant lesquelles elles peuvent contenir une crue, même sans surverse, sont inconnues, **mais il est vraisemblable que bon nombre d'entre elles ne tiendraient pas plusieurs jours**. Pour les digues maritimes, les conditions de surverse, mêmes approximatives, ne sont pas connues.

Il faut toutefois relever que certains documents de l'étude globale se sont attachés, pour la zone située à l'aval de Tarascon et Beaucaire, d'une part à cerner approximativement les risques de rupture de digues, d'autre part à préciser quelque peu leurs conditions de surverse. Malgré le caractère inévitablement théorique et approximatif des résultats obtenus, il apparaît intéressant de les rappeler :

"- **Pour une crue moyenne** (décennale), il ne se produit pas de surverse par-dessus les digues et les inondations sont uniquement liées au risque de brèche, réel sur l'ensemble du Petit Rhône, plus faible mais néanmoins réel sur la partie aval du Grand Rhône, étant précisé que les caractéristiques des ouvrages au droit et en amont d'Arles sont suffisantes pour éviter un tel risque.

- **Pour une crue forte** (centennale), les risques de rupture s'accroissent évidemment et les zones de surverse concernent les secteurs ci-dessous :

- . digue rive gauche du Rhône entre Beaucaire et Arles, en certains points de la voie RFF,
- . digue rive droite du Rhône entre Tarascon et Arles, à deux endroits (voisinage de la prise d'eau du canal BRL, amont du Fer à Cheval),
- . secteur d'Arles, au droit du quartier de Barriol (rive gauche du Grand Rhône),
- . digues du Petit Rhône, à de nombreux endroits, en rive droite à l'amont de l'écluse de Saint-Gilles, sur les deux rives en aval,
- . digue rive gauche du Grand Rhône, en aval de l'embouquement du canal du Rhône à Fos.

- **Pour une crue très forte** (millennale), de nombreuses brèches se produisent et les digues sont submergées sur de grandes longueurs."

À partir de quelques dizaines de centimètres, la surélévation du niveau de la mer est susceptible d'aggraver substantiellement la situation dans le delta.

IV-2-7 Surveillance des digues

1. Digues situées en amont du delta

Elles font l'objet d'une surveillance qui dépend fortement de l'existence ou non d'un gestionnaire, et, lorsqu'il en existe un, de l'intérêt qu'il leur porte.

Même quand tel est le cas, la surveillance n'est assurée que de façon informelle et bénévolement, soit par les membres des syndicats, soit par les personnels communaux lorsque la gestion est communale. Une surveillance plus organisée est mise en place par le Syndicat des Chaussées de Tarascon qui dispose d'un salarié.

La situation est analogue en temps de crise, mais certains gestionnaires se font alors aider par les pompiers et les services communaux.

2. Dignes établies en rive droite du Rhône et du Petit Rhône entre Beaucaire et Sylvéréal

Une surveillance permanente des ouvrages est assurée par deux garde-dignes du syndicat, à temps complet, qui sont assermentés et qui effectuent également les travaux d'entretien courant.

En période normale, ces agents passent partout environ une fois par semaine.

En période de crue, une cellule de crise est constituée en mairie de Fourques et des équipes de deux personnes connaissant bien le terrain, se relayant toutes les deux heures jour et nuit, assurent la surveillance renforcée d'un secteur de deux à trois kilomètres de digue, avec l'aide des pompiers en tant que de besoin. Ils passent environ deux fois par heure au même endroit et signalent par radio tout incident à la cellule de crise.

En 2002, le syndicat intercommunal est intervenu sur de nombreuses amorces de déversement, mais n'a pas pu éviter une rupture de digue au lieu-dit Clairefarine, à Saint-Gilles, le 26 novembre 2002, dans un secteur aval heureusement peu vulnérable. La brèche d'une longueur de 15 m, à un endroit où elle domine les terres environnantes d'environ 3,5 m, a résulté simultanément de l'existence de « renards » dans le corps de la digue et d'un affleurement de l'eau au niveau de sa crête. [7, p. 98]

En décembre 2003, se sont produites deux ruptures de ces ouvrages, par surverse essentiellement, en rive droite du Petit Rhône :

- . en amont du franchissement de l'autoroute A 54, sur le territoire de la commune de Fourques, sur une longueur de 230 m,
- . au lieu-dit Clairefarine, sur le territoire de la commune de Saint-Gilles, sur une longueur de 120 m [16, 3.1.2 et 3.1.3].

3. Dignes établies en rive gauche du Rhône et autour de la Camargue

a) Ouvrages du SYMADREM

Une surveillance permanente des ouvrages est assurée par 5 garde-dignes du syndicat, à temps complet, dont chacun est responsable d'un secteur géographique bien déterminé et passe partout au moins une fois par semaine. Ces agents gèrent également les relations avec les riverains, assurent le débroussaillage des zones où les engins ne peuvent pas intervenir, et le recensement des traversées, illicites ou non, des digues par des ouvrages divers (canalisations, câbles...). Ils sont toutefois handicapés dans leur action par l'absence de pouvoirs de police qui leur permettraient de sanctionner les infractions. Cet effectif est considéré par le directeur général du SYMADREM comme le minimum permettant d'assurer une surveillance efficace de l'ensemble des ouvrages dont ils ont la responsabilité.

En période de crise, le SYMADREM met en œuvre à partir de 2004, sous sa responsabilité, un plan de surveillance renforcé qui s'inscrit dans un plan de lutte contre les inondations

établi au plan départemental et approuvé le 4 mars 2003, puis adapté à son cas, qui comporte trois seuils successifs en fonction du débit du Rhône à Beaucaire⁴².

- À **4 000 m³/s**, il déclenche la préalerte, et le syndicat assure seul, avec ses garde-digues, une surveillance renforcée.

- À **6 000 m³/s**, est organisée une surveillance particulière de jour, entre 09h00 et 18h00, avec le personnel du syndicat et des agents mis à disposition par la Ville d'Arles et le parc naturel de Camargue. Les digues sont divisées en quinze secteurs, hors digues maritimes, dont chacun est confié à une équipe de deux agents reliée par radio au PC. Elle doit appeler systématiquement toutes les heures et signaler toute anomalie. Dès qu'une anomalie est signalée, un garde-digues se rend sur place et valide ou non l'information. En cas de validation, une entreprise se rend immédiatement sur place pour intervention, dans le cadre d'un marché à bons de commande dont elle est titulaire. L'intervention doit être assurée dans le délai d'une heure à compter de la commande⁴³.

- À **8 000 m³/s**, la surveillance est assurée dans les mêmes conditions, mais en continu, avec 15 équipes se relayant par postes de huit heures. Pour le reste, les modalités d'intervention sont les mêmes que dans le cas précédent.

Ces dispositions ne concernent pas les digues maritimes gérées par le SYMADREM, dans la mesure où elles se trouvent sur le territoire des Saintes-Maries-de-la-Mer qui ne fournit pas de personnel communal. Seul, le garde-digues intervient sur ce secteur.

Le syndicat a dû intervenir sur une soixantaine d'incidents de septembre à novembre 2002, dont une surverse généralisée sur environ 3 km dans le secteur aval de Sylvéreal, à l'endroit où les deux rives du Petit Rhône repassent dans le département des Bouches-du-Rhône. La capacité de surveillance et d'intervention mise en place grâce à la création de ce syndicat a sauvé en 2002 la Camargue d'une répétition certaine des inondations de 1993-1994. [7, p. 98]

En 2003, a été assurée une dizaine d'interventions.

Il est prévu de compléter et renforcer ce dispositif en introduisant un nouveau seuil à 10 000 m³/s et en divisant les digues en 30 secteurs et non plus 15.

b) Ouvrages de la Compagnie des Salins du Midi

L'industriel assure une surveillance attentive des ouvrages de protection, qui présentent pour lui un intérêt primordial.

c) Ouvrages de la Compagnie Industrielle et Agricole du Midi

Il ne semble pas y avoir de dispositions de surveillance particulières, la compagnie appelant en cas d'incident les services de l'État.

d) Ouvrages de la commune des Saintes-Maries-de-la-Mer

Le service technique de la commune intervient en tant que de besoin, mais le très mauvais état des ouvrages doit être relevé.

IV-2-8 Entretien des digues

⁴² Les seuils de débits ci-après sont ceux fournis par la CNR et auxquels le syndicat a accès en temps quasi réel via le minitel ou d'autres modes d'accès. Ces valeurs sont affectées des limites exposées dans le chapitre II.

⁴³ Des stocks de matériaux ont été constitués depuis 2003 en trois emplacements en vue de permettre ces interventions d'urgence.

1. Dignes situées en amont du delta

Selon les renseignements fournis par le SNRS, les ouvrages suivants font incontestablement l'objet d'un entretien correct :

- | | |
|--------------------|---|
| - Ardèche | digue Saint-Michel (à Viviers) |
| - Vaucluse | dignes gérées par le Syndicat Intercommunal des digues de Lapalud-Lamotte-Mondragon, mur-digue de Caderousse, digues (et remparts) gérés par la commune d'Avignon |
| - Gard | digue de Codolet, digues de Beaucaire (sauf digue à l'aval du pont routier Tarascon-Beaucaire), digues d'Aramon |
| - Bouches-du-Rhône | digue de la Montagnette (à Tarascon) |

Par contre, toujours selon la même source, les ouvrages suivants sont « laissés à l'abandon », ou du moins le SNRS ne dispose que de très peu d'informations sur eux, surtout depuis les crues de 1993-1994 ⁴⁴ :

- | | |
|------------|--|
| - Drôme | digue de la Conférence* (Montélimar), digue de Joviac (Montélimar), digue de Balafray et Châteauneuf* (Châteauneuf-du-Rhône) |
| - Ardèche | digue de Rochemaure (gestionnaire inconnu), digue de la Souteyranne (gestionnaire inconnu) |
| - Vaucluse | digue de l'Oiselay (gestionnaire inconnu) |
| - Gard | Dignes de Pont-Saint-Esprit, digue de La Motte* |

2. Dignes établies en rive droite du Rhône et du Petit Rhône entre Beaucaire et Sylvéréal

L'entretien courant, effectué par les deux garde-digues, consiste essentiellement en fauchage et débroussaillage périodiques. Des défauts d'entretien caractérisés ont pu être constatés aux Pradeaux, au voisinage de la zone de rupture de Clairefarine : végétation abondante ayant envahi la digue, avec grands arbres entraînant le talus, amorce de rupture du talus côté fleuve... (Des réparations provisoires ont été faites depuis lors.)

3. Dignes établies en rive gauche du Rhône et autour de la Camargue

L'entretien des ouvrages consiste essentiellement dans deux campagnes annuelles de nettoyage à l'entreprise, effectuées en mai, après la pousse de printemps, et en octobre, de façon à avoir des ouvrages bien « lisibles ». Pour le directeur du SYMADREM, cette caractéristique de « lisibilité – ainsi qu'il la qualifie lui-même – est une propriété essentielle de la digue et à prendre au sens propre : on doit pouvoir déceler la moindre anomalie rien qu'en la regardant. À cet égard, son « corps » doit être débarrassé de toute végétation.

IV-2-9 Restauration des digues

1. Dignes situées en amont du delta

Selon les renseignements fournis par le SNRS, les ouvrages suivants ont fait l'objet de « restauration appréciable » depuis 1993-1994 :

⁴⁴ Les ouvrages notés (*) ont néanmoins été réparés à la suite des crues de 1993-1994.

- Drôme digue de la Conférence (en 1995), digue de Balafray et Châteauneuf (en 1994/1995), digues gérées par le SIAGAR (prévu en 2004)
- Ardèche digue Saint-Michel (en 1994 et 2003)
- Vaucluse digues gérées par le Syndicat Intercommunal des digues de Lapalud-Lamotte-Mondragon (avant et après les crues de 1993-1994)
- Gard digue d'Aramon (restaurée en 2002-2003), digue de Codolet (travaux importants non autorisés en 2002 et 2003/2004), digue de La Motte (en 1993/1994)

2. Dignes établies en rive droite du Rhône et du Petit Rhône entre Beaucaire et Sylvéréal

A la suite des crues de l'hiver 1993-1994, deux programmes de travaux ont été mis en œuvre, sur une longueur de 14 km. Ils ont principalement consisté dans un épaississement et une remise à niveau de la digue, dans des confortements de pied de digue et dans la création de chemins latéraux. Ils ont porté principalement sur le Rhône entre Beaucaire et Fourques, et également sur le Petit Rhône où des sections fragiles ont été renforcées en priorité.

Il reste à traiter environ 40 km de digues en rive droite du Petit Rhône, soit 20 km de Fourques à Saint-Gilles et 20 km de l'écluse de Saint-Gilles à Sylvéréal. Le financement de la première tranche des travaux entre Fourques et Saint-Gilles a été obtenu à la fin de 2002. Les travaux correspondants doivent porter sur environ 10 km de ce tronçon.

! La mission a relevé le caractère très vulnérable de l'ouvrage côté Grand Rhône qui va de Beaucaire à Fourques : tracé excessivement sinueux, attaque en pied par un canal d'irrigation, route de franchissement,... illustré par une menace de rupture lors de l'évènement de décembre 2003 qui n'a été jugulée que de justesse. Son tracé et sa conception (possible reconstitution d'un ségonal) sont à revoir entièrement.

3. Dignes établies en rive gauche du Rhône et autour de la Camargue

La définition d'une première tranche de travaux prioritaires de restauration des digues du delta, dit « programme des invariants », a donné lieu à une instruction estimée par les dirigeants du SYMADREM abusivement longue et difficile, qui a été engagée en 1997 et n'a débouché sur de premières réalisations qu'au printemps 2002. Ce programme intéresse 6 à 7 secteurs pour 15 km de digues. Il doit être mené à bien pour 2006. De nouvelles discussions doivent être engagées en 2004 avec la DIREN PACA, pour définir la suite du programme, selon une méthode qui reste en partie à définir.

La restauration des quais d'Arles constitue un problème particulier, dont l'étude vient d'être engagée et qu'il est prévu de régler sur sept ans.

Les dispositions techniques de principe adoptées pour le confortement des digues apparaissent raisonnables. Elles ont été élaborées par la DDE des Bouches-du-Rhône essentiellement et validées par le CEMAGREF. Elles reposent sur quatre principes : maintenir la cote d'arase, assurer l'étanchéité, mettre en place une protection contre les animaux fouisseurs⁴⁵, permettre la circulation en tête par des engins de travaux publics.

⁴⁵ Les blaireaux se constituent en particulier dans le corps de la digue un appartement, communiquant directement avec l'extérieur, de deux pièces : une chambre à coucher « climatisée », c'est-à-dire dont la ventilation est assurée, et une salle de séjour/cuisine, l'ensemble occupant un volume de l'ordre de 1 m³ !

Pour chaque opération est choisi un maître d'œuvre spécialisé dans ce type de travaux.

Le profil-type comporte un masque argileux côté fleuve, remplaçant les matériaux existants qui sont reportés sur le talus arrière pour élargir l'ouvrage, un géotextile anticontaminant au contact avec l'ancien corps de digue, un géotextile drainant sur le talus et un grillage de protection contre les animaux fouisseurs. Les talus sont recouverts de terre végétale. Les pentes des talus sont établies à 2/1, le talus côté Rhône étant reconstitué à l'identique et une piste de 4,5 m de largeur minimale est établie en tête. En fonction de la nature du sol de fondation, un rideau de palplanches destiné à éviter les affouillements⁴⁶ est éventuellement mis en place côté fleuve (cf. annexe n° 6).

A la suite de l'étude globale est envisagée la mise en place de déversoirs permettant de limiter la ligne d'eau à une hauteur qui ne mette pas en péril l'intégrité des digues en évitant le déversement. La localisation et le dimensionnement précis de tels dispositifs restent à définir. Il est également envisagé de créer dans les méandres du Petit Rhône des canaux secondaires les court-circuitant à partir d'un certain débit.

IV-3 LES OUVRAGES DIVERS FORMANT DIGUES

Sans que la liste prétende être exhaustive, peuvent être recensés les deux ouvrages suivants.

IV-3-1 Soubassement de la voie ferrée Tarascon-Arles

Bien qu'il n'ait pas été recensé dans les digues de protection contre les inondations, **le soubassement de la voie ferrée Tarascon-Arles (Paris-Marseille) [16, 3.1.1], implantée en rive gauche du Rhône, constituée, sur une longueur de 11,4 km environ, une digue protégeant la plaine d'Arles-Tarascon située à l'est.**

Cet ouvrage, d'inspection visuelle difficile, forme un talus encombré de végétation arbustive et arborescente. Il faut signaler la présence de :

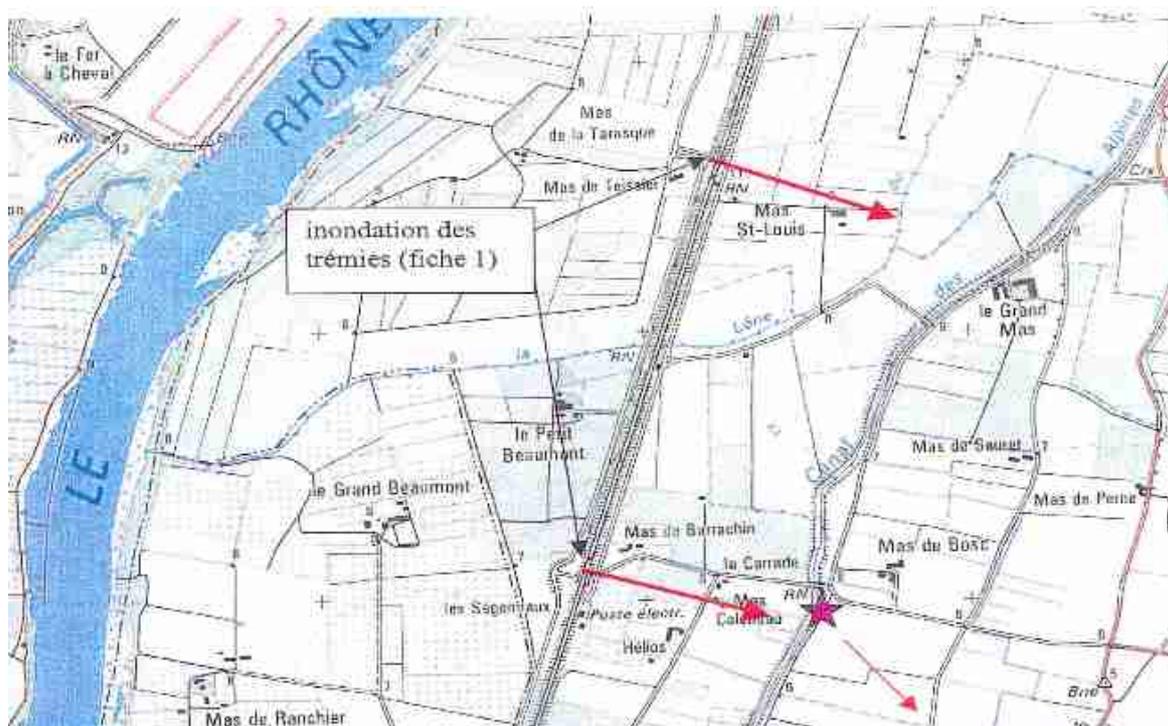
- plusieurs traversées de canaux et cours d'eau contrôlées par des vannes dont la manœuvre est assurée par leurs gestionnaires,
- quatre passages routiers en trémies entre Tarascon et Arles, donnant accès au ségonal, où sont implantés quelques mas.

Les trémies sont protégées des surverses par des merlons en terre arasés à une cote supérieure à celle de la chaussée.

! Hormis la partie complètement ferroviaire (ballast, voies, pistes de service), l'assise en remblai paraît ne pas être régulièrement, voire pas du tout entretenue (talus envahis par les broussailles, présence de ligneux de forte taille...). Aucune surveillance particulière n'est par ailleurs exercée sur le remblai. Ceci doit être corrigé.

Les merlons ont été submergés et complètement détruits par les eaux en décembre 2003 pour les trémies du Mas de Tessier et des Ségonaux. La trémie des Baumettes a été seulement endommagée.

⁴⁶ Ce rideau doit également servir à arrêter les circulations d'eau dans les sols de fondation perméable et à prévenir le développement de renards hydrauliques.



Submersion des trémies de la voie RFF et visualisation du « brèchage » du canal des Alpines

Ces ouvrages ont été réparés par reconstitution d'un remblai armé à profil élargi de 8 m en tête, sans modification de leur cote d'arase.

IV-3-2 Remparts de la ville d'Avignon

Les remparts ceinturant la ville ancienne constituent, sur une longueur d'environ 2 km, une digue considérée comme efficace par la population⁴⁷ pour assurer sa protection en cas de crue. Les portes sont alors obturées par des batardeaux. Il faut toutefois relever qu'ont été constatées, en décembre 2003, des infiltrations et percolations au travers des murs, parfois importantes du côté intérieur.

En raison de leur classement comme monuments historiques, les remparts font l'objet d'un entretien quasi permanent

IV-4 LES DIGUES DE LA CNR

IV-4-1 Caractéristiques générales

Ces ouvrages, établis le long des parties du fleuve incluses dans les aménagements et le long des canaux de dérivation, ont pour objet d'assurer le maintien des plans d'eau. Ils représentent pour les quatre aménagements établis à l'aval de Viviers, de l'ordre de 148,2 km de digues, se répartissant comme suit :

⁴⁷ Bien qu'ils aient été submergés à plusieurs reprises au cours de l'histoire.

- aménagement de Donzère-Mondragon	37,0 km
- aménagement de Caderousse	20,8 km
- aménagement d'Avignon	35,9 km
- aménagement de Vallabrègues	54,6 km.

Il n'existe pas de digues CNR à l'aval de l'aménagement de Vallabrègues.

Les retenues de la CNR ont endigué le fleuve sur :

- 88,3 km entre Viviers et l'écluse de Vallabrègues, pour une longueur totale de fleuve de 142,8 km, soit sur 62 % de sa longueur,
- 13,0 km entre l'écluse de Vallabrègues et la défluence Grand Rhône – Petit Rhône, pour une longueur totale de fleuve de 14,5 km, soit sur 90 % de sa longueur.

Pour assurer l'écrêtement des crues, certains secteurs situés derrière les digues sont restés inondables par l'intermédiaire d'ouvrages de surverse ou par remous aval. Les aménagements ont toutefois réduit l'importance et la fréquence des inondations dans ces secteurs.

IV-4-2 Conception des digues

1. Crues de projet

Les crues de projet ont été déterminées dans les années 50, au début des aménagements, et n'ont pas été modifiées depuis lors. Les ouvrages, en particulier les digues, ont été dimensionnés pour résister à une crue « millennale » et interdire ainsi toute surverse pour ce niveau de crue. La crête des digues a été définie de façon à présenter une revanche minimale de 0,5 m en zone non urbanisée et de 1,0 m en zone urbanisée par rapport à la ligne d'eau résultant de situations jugées les plus défavorables [CNR]. Elles sont, aux termes des cahiers des charges spéciaux afférents aux aménagements, réputées « insubmersibles ». [13, art.6]

! Néanmoins, dans le rapport de crue fourni par la CNR à la DRIRE à la suite de la crue de 1994, le directeur de l'exploitation de la Compagnie s'interrogeait ainsi, devant la répétition à faibles intervalles de temps de crues de périodes de retour estimées très élevées : « La question qui aujourd'hui se pose est de savoir si une révision complète des normes de sûreté ne devrait pas être opérée ainsi éventuellement que la réévaluation des crues de projet. » [7, p. 97 à 99].

Les évènements de crue intervenus depuis confirment ce propos. Le qualificatif de « millennial »⁴⁸ accolé aux ouvrages de protection de la Compagnie depuis leur création donnent aux habitants de la vallée une impression de fausse sécurité.

! La mission suggère une réévaluation des crues de projet. Il lui apparaît en effet de bonne politique de connaître le niveau de protection des ouvrages concernés.

2. Études préalables

La conception des digues fait généralement l'objet d'une démarche comprenant les phases suivantes :

⁴⁸ Faut-il d'ailleurs rappeler que la crue millennale n'est pas celle qui se produit tous les 1000 ans, mais celle qui a une chance sur 1000 de se produire tous les ans ?

- . campagne générale de prospection géotechnique de niveau avant-projet, au cours de laquelle sont notamment recherchées des informations concernant les hétérogénéités du sol, la présence et le niveau de l'eau, la nature et la résistance des matériaux en présence,
- . campagne plus détaillée et plus ciblée de niveau projet,
- . étude de conception de la digue prenant en compte les éléments de dimensionnement et de fonctionnement hydraulique de l'aménagement, la nature des matériaux et toutes contraintes locales de l'environnement,
- . études de comportement hydraulique des écoulements (sol, plaine, contre-canaux)
- . calculs de dimensionnement comportant une modélisation des écoulements dans la digue, des calculs de stabilité du talus aval pour le maximum de charge et du parement amont sous l'effet des abaissements rapides du plan d'eau et la conception des protections de ce parement.

Ces études sont confortées lors de la réalisation des ouvrages par des contrôles précis et rigoureux tout au long de leur exécution, en vue de vérifier que les matériaux réels sont bien conformes aux hypothèses faites lors des études.

Un coefficient de sécurité de 1,5 a été requis pour toutes les situations sur les digues du Rhône alors que l'usage admet de disposer d'un coefficient de 1,5 pour les situations normales et de 1,3 seulement pour les situations exceptionnelles.

3. Structure

Dans le secteur concerné, les digues de la CNR comportent un corps constitué de limons et d'alluvions prélevés sur le site. Elles présentent une largeur minimale en tête de 7 m et des talus de pente 3/1 côté fleuve et côté terre. Elles ne sont pas équipées de dispositif d'étanchéité, et sont systématiquement drainées, permettant la circulation de l'eau entre le fleuve endigué et le contre-canal établi systématiquement tout au long des ouvrages, qui recueille les eaux filtrées. Dans leur conception la plus sophistiquée, elles comportent, de l'intérieur vers l'extérieur de l'ouvrage :

- côté fleuve, une couche de graviers rapportés, une couche de matériaux de carrière assurant notamment une protection contre les affouillements et le batillage et une revêtement bitumineux assurant une protection contre le batillage,
- côté terre, un massif de pied drainant, une couche de graviers rapportés, une couche de matériaux de carrière.

Elles comportent de façon générale une piste en crête de digue et une piste à un niveau intermédiaire sur la risberme côté contre-canal, et parfois une troisième piste au-delà du contre-canal. Elles permettent la surveillance visuelle des ouvrages et l'accès aux dispositifs de mesure.

Elles sont systématiquement équipées de piézomètres, avec un profil de trois appareils (un en tête, un intermédiaire et un en pied) tous les 200 m généralement, pour contrôler les conditions de drainage à l'intérieur des ouvrages. Ces profils sont rapprochés sur certains secteurs, leur espacement variant par exemple de 50 à 200 m sur l'aménagement de Vallabrègues et pouvant être réduit à 10 m dans certains secteurs particulièrement surveillés. Les contre-canaux sont munis de dispositifs permettant de contrôler les débits de fuite.

Les digues sont, sur certaines zones, considérablement élargies pour constituer de véritables dépôts des excédents de déblais résultant des aménagements.

4. Déversoirs

Les digues des aménagements de Donzère, de Caderousse et de Vallabrègues sont équipées de déversoirs assurant des fonctions variées.

a) Déversoirs de l'aménagement de Donzère

Un endiguement submersible a été aménagé en rive droite de la retenue de Donzère afin de permettre l'inondation de du champ d'expansion de la plaine de Viviers lors des grandes crues. Sur ce tronçon d'une longueur de 3,0 km, situé entre le pont de Viviers (PK 166.50) et le pont de Donzère (PK 169.50), la berge naturelle a été régularisée et deux déversoirs en béton de faible hauteur ont été aménagés aux extrémités amont et aval pour contrôler l'inondation de la plaine

Le drainage et le ressuyage de la plaine sont assurés par un aqueduc situé sous la route D 86J, qui comporte cinq buses de 1 m de diamètre dont quatre sont équipées de vannes. En période d'inondation, les vannes du passage sous la D 86J sont fermées pour assurer la sécurité des digues de la retenue en évitant leur mise en contre-pression. Les vannes sont réouvertes progressivement en décrue et les eaux de la lône de la Tourasse, qui contrôle l'inondation de la plaine, sont évacuées dans le Rhône en aval du barrage de retenue.

b) Déversoirs de l'aménagement de Caderousse

Deux déversoirs sont situés sur la digue insubmersible rive gauche de la retenue d'Avignon, en amont et en aval des ponts de Roquemaure (D 976), de l'A9 et du nouveau viaduc TGV (PK 221.90). Ils font partie du dispositif de contrôle de l'inondation de la plaine de Caderousse constitué de ces deux seuils déversants en enrochements percolés et de l'aqueduc du Lampourdier situé plus au sud.

Hors crue, les eaux de drainage et de ruissellement de la Meyne et des différentes roubines de la plaine de Caderousse s'écoulent vers l'aval en empruntant l'aqueduc du Lampourdier, constitué par une galerie de 40 m de longueur et de 15 m² de section équipée de vannes levantes commandées électriquement, et capable de faire transiter un débit de 100 m³/s lors du ressuyage de la plaine. A l'aval de l'aqueduc du Lampourdier, la contre-canal se jette dans le bras des Arméniers.

En crue, avant le déversement par-dessus les deux déversoirs de Caderousse, l'aqueduc du Lampourdier est fermé en fonction d'une cote mesurée au droit du pont de Roquemaure. Les déversements débutent par le déversoir aval dès que le niveau de retenue dépasse la cote d'arase du seuil (débit du Rhône supérieur à 6 500 m³/s) et se poursuit par le déversoir amont. Après écoulement sur les déversoirs, la montée des eaux se fait de façon analogue à l'état naturel par débordement d'aval en amont de la Meyne et de différentes roubines, puis par débordement du canal sur toute sa longueur.

En décrue, l'aqueduc du Lampourdier est ouvert dès que les déversements cessent pour permettre le ressuyage de la plaine.

c) Déversoirs de l'aménagement de Vallabrègues

Cet aménagement comporte trois déversoirs n'assurant pas les mêmes types de fonctions.

- Le déversoir aménagé dans la digue rive gauche du canal de fuite, en aval des ouvrages de transit des débits, est destiné à maintenir la grande plaine de Vallabrègues-Boulbon

dans le champ d'expansion du Rhône pour les fortes crues. Ce déversoir en béton d'une longueur de 500 m est situé à l'aval de l'usine hydroélectrique et est arasé à une cote telle que la submersion n'ait lieu que pour un débit supérieur à 9 000 m³/s.

La photo ci-dessous montre que le déversement par cet ouvrage a parfaitement fonctionné, la chaussée de Tarascon assurant la protection de la commune. Ce site peut être vu comme symptomatique de toute la problématique de la gestion des eaux de crue sur le fleuve, qui associe solidairement « protection des lieux densément habités » – Tarascon – et « expansion contrôlée » – plaine de Boulbon –. Compte tenu de cette solidarité d'ouvrage, la mission sera amenée à faire ci-après une proposition concernant la chaussée de Tarascon.



- Le déversoir de Tarascon-Beaucaire, également situé en aval des ouvrages de transit des débits, est destiné à rétablir en crue une débitance analogue à celle des deux bras de Beaucaire et de Tarascon existant avant aménagement. Il sépare le Vieux Rhône et le canal de Vallabrègues, construit à l'emplacement de l'ancien seuil. Il présente une longueur de 470 m et se poursuit à l'aval par une digue submersible de cote d'arase décroissant jusqu'au pont SNCF, puis arasée au niveau moyen des terres de l'île entre ce pont et la restitution.

- Le déversoir de Comps, à la confluence du Gard et du Rhône, est constitué par un massif fusible entre les cotes (13 et 14 NGF), situé au raccordement de la digue CNR et de la digue protégeant la localité de Comps, qui sont arasées à la même cote de (14 NGF). La présence de ce fusible est utile lors des crues du Gard dépassant le niveau (14 NGF) au droit de Comps. Le fusible est alors détruit par le déversement de la crue et il se forme un

déversoir à la cote (13 NGF) qui permet à la plaine, lors de la décrue, de se vidanger en évitant que les eaux traversent le village de Comps.

5. Raccordements

Au sens strict, c'est-à-dire avec existence d'une interface, seuls trois raccordements entre digues CNR et digues syndicales ou communales ont été repérés dans le secteur situé à l'aval de Viviers : raccordement sur la digue de Comps, raccordement sur la chaussée de Tarascon et raccordement entre la zone portuaire de Beaucaire et la digue de Beaucaire à la mer. Une étude des conditions de raccordement entre ouvrages aux caractéristiques sensiblement différentes (état, niveau de protection « assuré »,...) est nécessaire pour apprécier la vulnérabilité de ce point de faiblesse potentielle et y remédier le cas échéant.

6. Possibilité de prise à revers de digues CNR

Deux sites seulement, nécessitant une attention particulière, ont été recensés dans le secteur situé à l'aval de Viviers :

- . En cas de rupture de la digue de Courtines, la Durance pourrait inonder la plaine de Tarascon par l'amont et non par l'aval pour protéger Avignon.
- . En cas de rupture des digues de l'Aygues (Vaucluse), à l'amont de l'aménagement d'Avignon, les conséquences seraient moins graves puisque les eaux retourneraient au bras de Caderousse, si le contournement se faisait par la rive gauche de l'Aygues, ou retourneraient à l'Aygues par le contre-canal rive gauche du canal d'amenée, si le contournement se faisait par la rive droite.

IV-4-3 Surveillance des digues

1. Dispositions en vigueur

Dans le cadre des obligations définies par les concessions dont elle bénéficie, la CNR assure une surveillance très stricte de ses ouvrages, et en particulier des digues, considérées comme partie intégrante des équipements de production hydroélectriques. Les dispositions suivies sont notamment définies par une procédure 6.3 P042 du 1^{er} juin 2003 intitulée « Contrôle et surveillance des ouvrages principaux de génie civil » prise en application :

- de la circulaire du 23 mai 1997 du ministère de l'industrie, de la poste et des télécommunications portant sur la surveillance des barrages faisant partie de concessions de force hydraulique de moyenne importance,
- de la circulaire interministérielle n° 70-15 du 14 août 1970 modifiée concernant l'inspection et la surveillance des barrages intéressant la sécurité publique, pour l'usine de Bollène (aménagement de Donzère-Mondragon) en raison de sa hauteur de chute.

La procédure s'applique explicitement à « l'ensemble des blocs usine-déchargeur, des écluses, des barrages et des endiguements CNR sur le Rhône concédé », à l'exclusion des ouvrages secondaires (siphons, stations de pompage, bâtiments divers...) ou annexes (seuils, drains...).

Les directions régionales de la CNR sont directement responsables de la surveillance des ouvrages, qui est déléguée au pôle « Contrôle et surveillance des ouvrages (CSO) ».

« Au sein de la direction de la production et de l'exploitation (DPE), le pôle fluvial (DPE-F) assure l'animation, le pilotage et le contrôle d'ensemble de l'activité CSO et s'assure de la cohérence et de l'homogénéité des procédures sur l'ensemble du domaine concédé ».

« Les directions régionales constituent l'interlocuteur local des services de contrôle que sont la DRIRE pour les ouvrages intéressant la production hydroélectrique et le SNRS pour les ouvrages intéressant la voie navigable.

L'exploitant, au sens de la circulaire, est responsable de la fiabilité des ouvrages, mais le concédant, par le biais des services de contrôle, doit s'assurer que celui-ci remplit sa tâche de surveillance et de maintien en bon état sans défaillance.

Dans cette optique, les directions régionales transmettent régulièrement les documents, énumérés au paragraphe suivant, à la DRIRE et au SNRS, tandis que la DRIRE est à l'initiative de visites périodiques pour chaque aménagement ».

! Les ouvrages intéressant la voie navigable ne sont pas tous définis avec précision, en particulier en ce qui concerne les digues. L'actuelle procédure de contrôle est donc entachée d'un certain flou s'agissant de ses modalités et des responsabilités des services. Il serait utile de lever cette imprécision.

Les documents à transmettre (ou à tenir à disposition) sont les suivants :

- . un dossier concessionnaire par aménagement,
- . des rapports de surveillance des aménagements,
- . les fichiers incidents correspondant aux événements les plus importants,
- . les fiches de modification des dispositifs d'auscultation

La mise en œuvre de la surveillance repose, pour chaque catégorie d'ouvrage (bloc usine, écluse, barrage, digues) sur un planning définissant la périodicité des opérations que sont les inspections visuelles, les relevés des appareils d'auscultation ainsi que les inspections techniques approfondies.

Les mesures d'auscultation systématiques sont réalisées par l'équipe CSO de la direction régionale, selon des périodicités définies par les procédures, puis soumises à un circuit de validation. Des dispositions complémentaires sont à prendre en compte, pour les barrages mobiles et les digues, en cas d'événements exceptionnels (inspection visuelle détaillée après chaque crue supérieure à la crue trentennale, dispositions particulières en cas de séisme ou autres événements exceptionnels).

En cas de dysfonctionnement constaté des ouvrages (zone de résurgence sur le talus aval d'une digue, charge anormale dans un piézomètre en fondation des ouvrages...), est mise en œuvre une procédure « incident », comportant notamment l'établissement d'une fiche incident, communiquée en tant que de besoin au service de contrôle, puis traitée et donnant lieu à la mise en place d'un suivi adapté si nécessaire.

La surveillance des ouvrages est consignée et « tracée » dans un « registre barrage », comportant en particulier un chapitre « endiguements ».

Différents types de visites périodiques des ouvrages sont organisés, d'une part en interne, d'autre part par les services de contrôle, sans inclure les campagnes de mesures périodiques, ni les visites particulières de spécialistes qui peuvent s'avérer souhaitables :

- inspections visuelles des gardes d'aménagement et des agents affectés aux aménagements selon une périodicité de l'ordre de la semaine, avec compte rendu des anomalies observées, et des agents chargés d'effectuer les mesures piézométriques, à un rythme trimestriel,
- visite annuelle du cadre CSO de la direction régionale, précédée d'une coupe de la végétation, avec compte rendu de suivi des actions pour chaque aménagement, transmis aux services centraux de la Compagnie, puis, après examen, au service de contrôle (DRIRE),
- visites périodiques formelles triennales de la direction régionale et des services centraux (précédant de quelques mois à un an la visite du service de contrôle), qui permet d'établir le dossier à soumettre au service de contrôle pour préparer sa visite triennale,
- visites périodiques formelles triennale du service de contrôle (DRIRE, accompagnée des représentants du SNRS et de la CNR).

Chaque année sont en outre organisées, en interne, une réunion de bilan annuel et une réunion de retour d'expérience.

La surveillance est fortement renforcée en temps de crise (crue, séisme ou autre incident) avec mise en place, si besoin, d'une cellule de crise en interne selon une procédure définie. En cas de crue, les mesures particulières de surveillance sont déclenchées pour une crue trentennale sur les aménagements de Donzère, Caderousse et Avignon, et pour une crue décennale sur l'aménagement de Vallabrègues.

- En préalerte, les piézomètres sont relevés une fois par jour au moins, avec inspection visuelle des ouvrages en même temps.
- En alerte, comme tel a été le cas en décembre 2003, la surveillance est organisée sur une base permanente de 3x8 h, avec réduction des périodes des mesures piézométriques, qui peuvent descendre à deux heures et même moins dans les secteurs répertoriés comme sensibles.

2. Organisation

a) Services centraux de la CNR

L'organisation des service centraux, pour ce qui concerne le contrôle et la surveillance des digues, s'articule autour du pôle fluvial de la direction de la production et de l'exploitation (DPE-F). Au sein de ce pôle une cellule CSO de trois agents a en charge plus particulièrement l'animation, le pilotage et le contrôle de l'ensemble de l'activité CSO et s'assure de la cohérence et de l'homogénéité des procédures et des pratiques sur l'ensemble de la zone d'intervention de la compagnie.

Ce rôle s'exerce notamment par :

- . l'organisation de l'expertise des dossiers de surveillance par la direction de l'ingénierie technique,
- . la tenue d'une réunion de bilan annuel avec chaque entité et le suivi des observations des dossiers de surveillance,
- . l'organisation du retour d'expérience par une réunion annuelle regroupant toutes les entités,
- . l'organisation et la mise en œuvre d'actions de formation,
- . la participation aux visites des ouvrages avec le service de contrôle,
- . l'instruction et le suivi des incidents,
- . la rédaction et la mise à jour des doctrines.

b) Direction régionale d'Avignon de la CNR

Au sein de la direction régionale d'Avignon, le pôle CSO, chargé de la surveillance des aménagements comprend :

- 1 cadre,
- 2 agents affectés à l'aménagement de Donzère-Mondragon (visites, mesures et auscultation des ouvrages de génie civil à plein temps),
- 4 agents affectés aux aménagements de Caderousse, Avignon et Vallabrègues (visites, mesures et auscultation des ouvrages de génie civil à plein temps),
- 1 technicien chargé de récupérer, de traiter et d'interpréter les résultats des mesures au premier niveau,
- 3 gardes d'aménagement pour l'ensemble des quatre aménagements, rattachés au pôle CSO et chargés de la surveillance visuelle de l'ensemble des ouvrages de génie civil CNR⁴⁹.

Pour des études complémentaires, il est fait appel, en tant que de besoin, à des géomètres et topographes relevant de la direction régionale ou à des spécialistes appartenant aux services centraux.

3. Consistance technique

Techniquement, la surveillance des digues comporte essentiellement :

- une surveillance visuelle permanente (fuites, présence d'eau en pied d'ouvrage, aspect de la végétation, affaissements, éboulements...);
- des mesures piézométriques dans les dispositifs en place en permanence, selon une fréquence trimestrielle qui peut être réduite en cas de crue ; si les relevés sortent du fuseau historique, il est procédé à un diagnostic ;
- des mesures de débit dans les contre-canaux, notamment au passage d'ouvrages, dans la mesure où ceci est possible ;
- des mesures topographiques, en tant que de besoin ;
- des mesures de température, en tant que de besoin, qui permettent de déterminer l'origine de l'eau (Rhône ou nappe).

IV-4-4 Entretien des digues

L'entretien courant consiste essentiellement dans :

- la neutralisation côté terre de certains animaux fouisseurs,
- le nettoyage systématique de la végétation.

Les opérations de maintenance non courantes sont décidées et engagées au cas par cas et font l'objet d'une programmation pluri-annuelle.

Le seul incident constaté au cours des dernières années semble l'avoir été en 2002 sur l'aménagement de Vallabrègues, au voisinage du pont TGV. Il consistait dans des venues d'eau anormales. L'incident a été réglé par l'exécution de forages de décompression et par le renforcement du massif drainant. Quelques réparations plus importantes ont été réalisées dans le passé sur d'autres secteurs (écrans d'étanchéité, renforcement du talus aval...).

IV-5 CONCLUSIONS DU CHAPITRE

L'examen des caractéristiques et des conditions de gestion des ouvrages amène à un certain nombre de conclusions.

⁴⁹ Ces agents effectuent également la surveillance du domaine de la CNR entre Viviers et la Mer.

! Une distinction très nette doit être faite entre les digues CNR et les autres catégories d'ouvrages (digues syndicales et communales et ouvrages divers formant digues).

Les digues CNR font partie d'installations industrielles. Elles ont été conçues dans toutes les règles de l'art (crue dite « millénaire », études préalables poussées), puis ont été réalisées avec soin et font l'objet d'une surveillance et d'un entretien réguliers et strictement programmés.

Même si elles ne peuvent pas être considérées comme absolument insubmersibles et indestructibles, elles assurent une protection efficace contre des crues très fortes et très longues⁵⁰.

! La mission est partagée sur la question de savoir comment les dispositions réglementaires relatives aux digues de protection contre les inondations ordinaires et aux conditions d'urbanisation doivent être vues pour cette catégorie d'ouvrages : certains considèrent que ces dispositions « ne sauraient leur être appliquées brutalement », d'autres pensent à l'inverse que ces dispositions « devraient leur être appliquées avec discernement ». Elle n'a pas tranché entre ces deux points de vue, en tout état de cause examinés par une mission dédiée récemment mise en place par le MEDD.

! Les autres catégories d'ouvrages se trouvent dans des situations très diverses. Si certains d'entre eux sont gérés par des organismes compétents et motivés, du moins depuis quelques années, d'autres relèvent encore de syndicats très faibles, voire inexistants.

La restauration de certaines digues (digues ceinturant la Camargue, la partie aval du Rhône et le Petit Rhône notamment) est en cours alors que d'autres ouvrages sont à l'abandon. Leurs conditions de surveillance et d'entretien sont également très variables. Ces catégories d'ouvrages entrent pleinement dans le champ d'application des dispositions réglementaires relatives aux digues de protection contre les inondations.

! Le dispositif existant n'est pas optimal, qu'il s'agisse de l'implantation et des caractéristiques techniques des différentes catégories d'ouvrages, ou des conditions de gestion des digues syndicales et communales et des ouvrages divers formant digues. Il ne peut être question de se contenter de la remise en état à l'identique des ouvrages endommagés relevant de ces deux dernières catégories et de la reconduction pour les prochaines années de leurs modalités de gestion actuelles.

De nombreux rapports et résultats d'études ont été déposés depuis une dizaine d'années en vue d'améliorer la prévention et la protection contre les conséquences des crues du Rhône. Dans sa partie aval, doivent notamment être cités les résultats de l'étude globale pour une stratégie de réduction des risques dus aux crues du Rhône conduite par l'EPTB « Territoire Rhône ». Ces documents contiennent une grande partie des éléments permettant de définir sans plus attendre une stratégie cohérente de réduction du risque inondation, sans qu'il soit nécessaire de recourir à des études autres que des compléments aux résultats disponibles.

⁵⁰ Cf ; à cet égard l'observation du directeur de l'exploitation de la CNR du paragraphe IV-4-2.

V – AMELIORATION DE LA GESTION ET DU CONTROLE DES OUVRAGES

V-1 INTRODUCTION

Après un bref rappel des dispositions réglementaires en vigueur concernant les digues de protection contre les inondations, le présent chapitre examine, d'une part les problèmes posés par la **mise en œuvre de la circulaire du 6 août 2003**, en ce qui concerne le recensement des digues fluviales et maritimes, le classement des digues intéressant la sécurité publique, l'identification et la motivation des maîtres d'ouvrages, la constitution des dossiers d'ouvrages, le renforcement des digues déficientes et le contrôle des digues, et d'autre part les attributions et l'organisation souhaitables du service de navigation Rhône-Saône pour la mise en oeuvre des mesures arrêtées.

V-2 LA REGLEMENTATION

On rappelle tout d'abord que les ouvrages de la CNR ont été construits sous le régime de la loi d'octobre 1919 sur l'utilisation de l'énergie hydraulique et les textes qui en découlent.

Le décret du 13 octobre 1994 donne à la concession ou à l'autorisation, valeur d'autorisation au titre de la loi sur l'eau.

Les autres ouvrages doivent répondre aux prescriptions de la loi sur l'eau du 3 janvier 1992 et aux textes qui en découlent, et notamment le décret du 29 mars 1993, dit « décret nomenclature », relatif à la nomenclature des opérations soumises à autorisation ou à déclaration. Il a été complété et/ou modifié à de nombreuses reprises depuis sa promulgation.

Les rubriques qui concernent la mission sont les suivantes :

2.5.3. Ouvrages, remblais et épis dans le lit mineur d'un cours d'eau, constituant un obstacle à l'écoulement des crues Autorisation

2.5.4. Installations, ouvrages, digues ou remblais d'une hauteur maximale supérieure à 0,5 m au-dessus du niveau du terrain naturel dans le lit majeur d'un cours d'eau⁵¹ :

- | | |
|--|--------------|
| 1. Surface soustraite supérieure ou égale à 1 000 m ² | Autorisation |
| 2. Surface soustraite supérieure ou égale à 400 m ² et inférieure à 1 000 m ² | Déclaration |
| 3. Surface soustraite inférieure à 400 m ² mais fraction de la largeur du lit majeur occupée par l'ouvrage supérieure ou égale à 20 % | Déclaration |

2.5.5. Consolidation ou protection de berges, à l'exclusion des canaux artificiels, par des techniques autres que végétales :

- | | |
|--|--------------|
| 1. Pour un cours d'eau ayant un lit mineur d'une largeur inférieure à 7,5 m : | |
| a) sur une longueur supérieure ou égale à 50 m | Autorisation |
| b) sur une longueur supérieure ou égale à 20 m et inférieure à 50 m | Déclaration |
| 2. Pour un cours d'eau ayant un lit mineur d'une largeur supérieure ou égale à 7,5 m : | |
| a) sur une longueur supérieure ou égale à 200 m | Autorisation |
| b) sur une longueur supérieure ou égale à 50 m et inférieure à 200 m | Déclaration |

⁵¹ Au sens de la présente rubrique, le lit majeur du cours d'eau est la zone naturellement inondable par la plus forte crue connue ou par la crue centennale si celle-ci est supérieure. La surface soustraite est la surface soustraite à l'expansion des crues du fait de l'existence de l'installation ou ouvrage, y compris la surface occupée par l'installation, l'ouvrage, la digue ou le remblai dans le lit majeur.

La rubrique 2.5.4 ayant été adjointe à la nomenclature par un décret de février 2002, cela signifie qu'avant cette date, aucune disposition spécifique ne visait les ouvrages construits en lit majeur d'un cours d'eau ; ceux-ci pouvaient être vus comme des « non-êtres » administratifs. Depuis cette date, les ouvrages existants doivent être déclarés au service chargé de la police de l'eau.

La « jeunesse » de cette rubrique est à l'origine de difficultés d'application de la part du service de police de l'eau. Les particuliers concernés, et notamment ceux qui sont installés dans les zones C des PSS⁵², ne comprennent pas en effet pourquoi ce service la leur oppose, puisqu'ils se croient protégés définitivement contre la survenue d'un aléa d'inondation.

Deux circulaires récentes complètent le dispositif :

- . la circulaire du 28 mai 1999 du ministère de l'environnement a prescrit le recensement des digues de protection des lieux habités contre les inondations maritimes et fluviales,
- . la circulaire du 6 août 2003 du ministère de l'écologie et du développement durable et du ministère de l'intérieur, de la sécurité intérieure et des libertés locales a donné des instructions sur l'organisation du contrôle des digues de protection contre les inondations fluviales intéressant la sécurité publique.

! Les ouvrages implantés dans le lit majeur et ayant fait l'objet d'une procédure au titre de la loi sur l'eau posent des problèmes particuliers, qu'il convient d'examiner au fond.

V-3 PROBLÈMES POSÉS PAR L'APPLICATION DE LA REGLEMENTATION

V-3-1 Le recensement des digues contre les inondations fluviales et maritimes

Lancé par la circulaire du 28 mai 1999, le recensement des digues de protection des lieux habités contre les inondations fluviales et maritimes, qui devait initialement se terminer pour la fin de 1999, **s'est révélé beaucoup plus long que prévu.**

Pour les digues du Rhône, les travaux sont pratiquement terminés. L'inventaire a été adressé par le SNRS à la DIREN de bassin, et, comme prévu, cette dernière l'a transmis au CEMAGREF en mars 2004 pour ce qui concerne la seule région Rhône-Alpes, bien que tous les services concernés de la région n'aient pas encore adressé leurs dossiers à la DIREN. Les parties de l'inventaire concernant les régions Languedoc-Roussillon et Provence-Alpes-Côte-d'Azur ont été transmises par les soins du SNRS aux DIREN compétentes.

L'inventaire dressé par le SNRS ne prend pas en compte trois types d'ouvrages :

- . les digues maritimes de la Camargue, qui relèvent du service maritime des Bouches-du-Rhône,
- . le remblai de la voie ferrée Tarascon-Arles, dont le rôle de digue ne s'est clairement manifesté qu'au cours des dernières crues,
- . les digues de la CNR.

Ces dernières en effet ne constituent pas, selon le SNRS, des ouvrages de protection des lieux habités contre les inondations, du moins à titre principal, mais des ouvrages de délimitation des plans d'eau faisant partie d'aménagements hydroélectriques. Ce service reconnaît

⁵² Définition dans le chapitre IX ci-après.

toutefois que, pour certaines de leurs parties au moins, ces digues peuvent jouer un rôle de protection contre les inondations.

! La mission considère que les digues de la CNR et celles gérées par le Service maritime méritent aussi d'être recensées car elles participent à la protection contre l'inondation.

V-3-2 Le classement des digues intéressant la sécurité publique

Les dispositions de la circulaire du 6 août 2003, qui concerne les services chargés du contrôle mais aussi les maîtres d'ouvrages des digues (Syndicats, ASA,...), s'appliquent :

« à toutes les digues de protection contre les débordements de cours d'eau, y compris torrentiels, intéressant la sécurité publique, c'est-à-dire celles dont la rupture ou la submersion éventuelle pourrait provoquer des inondations ayant, du fait des hauteurs d'eau et/ou des vitesses atteintes, des répercussions graves pour les personnes, et donc notamment celles protégeant des lieux habités ou des installations ou réseaux sensibles ».

! Mais les critères de classement retenus dans l'annexe I de ce document sont peu sélectifs, et risquent d'amener à considérer à peu près n'importe quelle digue comme intéressant la sécurité publique.

Au nombre de quatre, un seul suffisant pour relever de la catégorie intéressant la sécurité publique, ces critères appellent les commentaires suivants :

1. Des pertes en vies humaines déjà survenues dans le passé suite à une rupture de digue

Le texte ne précise pas si l'on doit tenir compte de travaux éventuels de remise en état, voire de confortement, intervenus entre-temps. Il semble donc qu'il faille retenir un tel ouvrage comme intéressant la sécurité publique dès lors qu'il a provoqué dans le passé la perte de vies humaines par rupture, ce que la mission considère comme paradoxal.

2. Zones habitées situées à moins de 100 m d'une digue ou dans les espaces d'écoulement préférentiel de ses déversoirs

Ceci soulève deux questions :

. la distance de sécurité de 100 m est arbitraire, et sans doute insuffisante dans beaucoup de cas. Il n'est qu'à considérer les ruptures intervenues en décembre 2003 en rive droite du Petit-Rhône pour constater que des dégâts très importants auraient pu être causés à des habitations situées bien au-delà des 100 m⁵³. Par contre, pour des ouvrages de faible hauteur, la distance de 100 m risque d'être souvent excessive. Certains logiciels en cours d'élaboration seront de nature à apporter des éléments d'éclaircissement.

. la définition d'une « zone habitée ». Les agglomérations urbaines et les villages denses constituent indiscutablement des zones habitées ; mais qu'en est-il des habitations isolées (fermes, mas, villas,...), implantées à dessein, assez souvent sans permis de construire, au milieu de vastes espaces agricoles ou naturels ? Quelle porte ouvre l'indication suivante de la circulaire : « Une certaine marge d'appréciation est laissée lorsque la digue protège

⁵³ Pour les PPRi de la Loire moyenne, la bande de 300 m située en arrière des levées est classée en zone d'aléa fort, en considérant que les digues peuvent se rompre n'importe où, même si des sections plus vulnérables sont identifiées.

des zones où se situe une présence humaine (habitations, activités permanentes, etc.) très dispersée et éloignée de la digue » ?

3. Une hauteur d'eau supérieure à 1 m prévue par l'atlas des zones inondables dans les zones habitées

Ce critère est si peu sélectif qu'il fait basculer dans la catégorie des digues intéressant la sécurité publique à peu près tous les ouvrages de protection de la partie aval de la vallée du Rhône et du delta, si la notion de zone habitée n'est pas interprétée de façon restrictive. Certains considèrent même que la hauteur de 1 m devrait être réduite, en proportion de la réduction de « l'acceptabilité sociale » des inondations imputable à leur réédition.

4. Une vitesse de courant supérieure à 1 m/s prévue par l'atlas des zones inondables dans les zones habitées

Ce critère est effectivement pertinent, mais son utilisation est subordonnée à l'existence de résultats d'études hydrauliques suffisamment fins pour permettre une appréciation suffisamment réaliste de cette vitesse.

L'absence de caractère discriminant du dispositif de classement proposé est aggravée par l'indication de la circulaire citée en 2. ci-dessus.. L'ensemble de la Camargue et des zones situées à l'ouest du Petit Rhône semble répondre à cette condition.

V-3-3 Identification et motivation des maîtres d'ouvrages

À quelques exceptions près, les propriétaires des digues sont identifiés dans les secteurs du Rhône considérés, mais leur motivation est très variable.

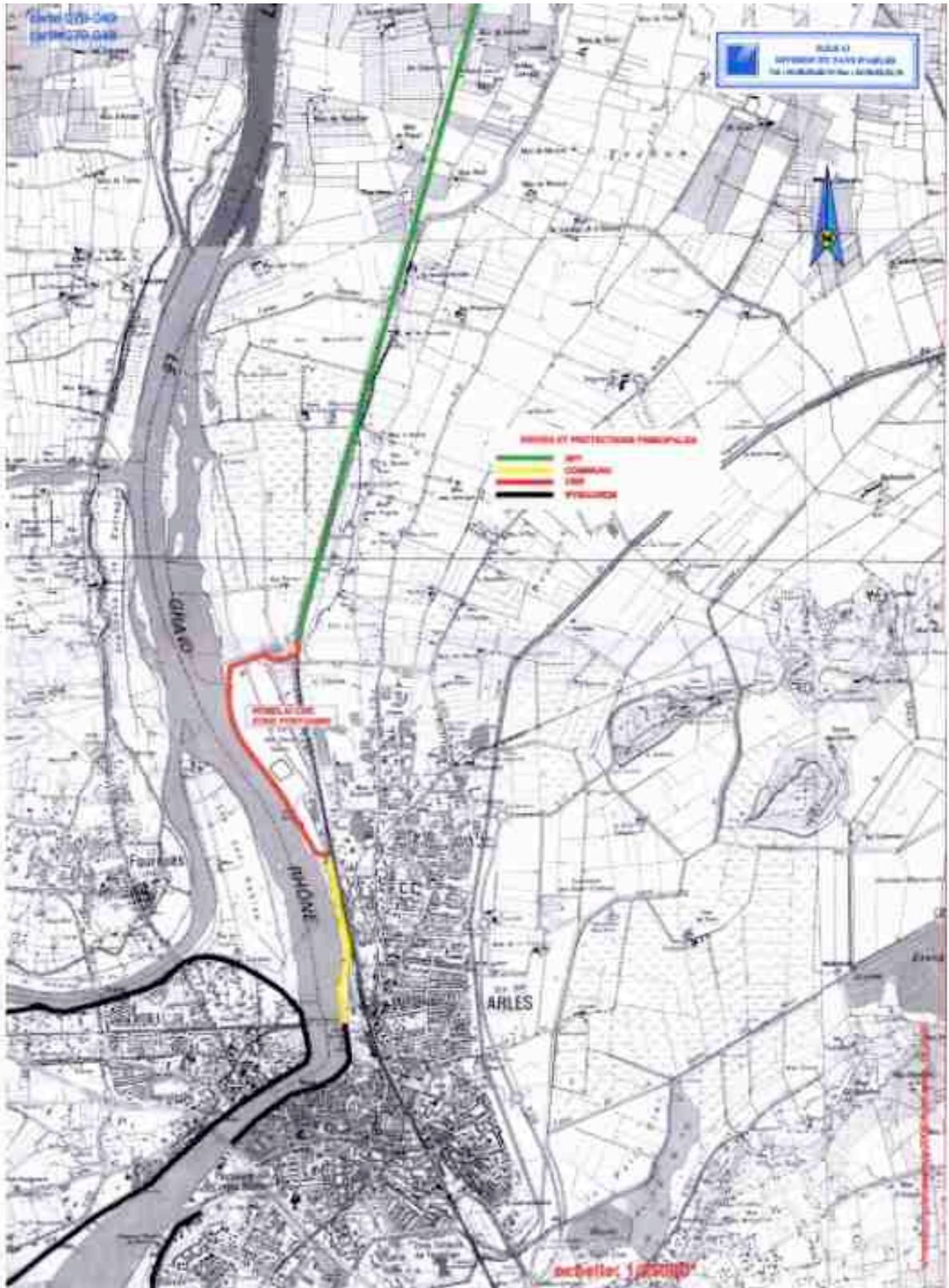
! La mission estime qu'une réduction importante du nombre des maîtres d'ouvrages est nécessaire pour constituer des unités de taille suffisante pour gérer convenablement des ensembles homogènes d'ouvrages.

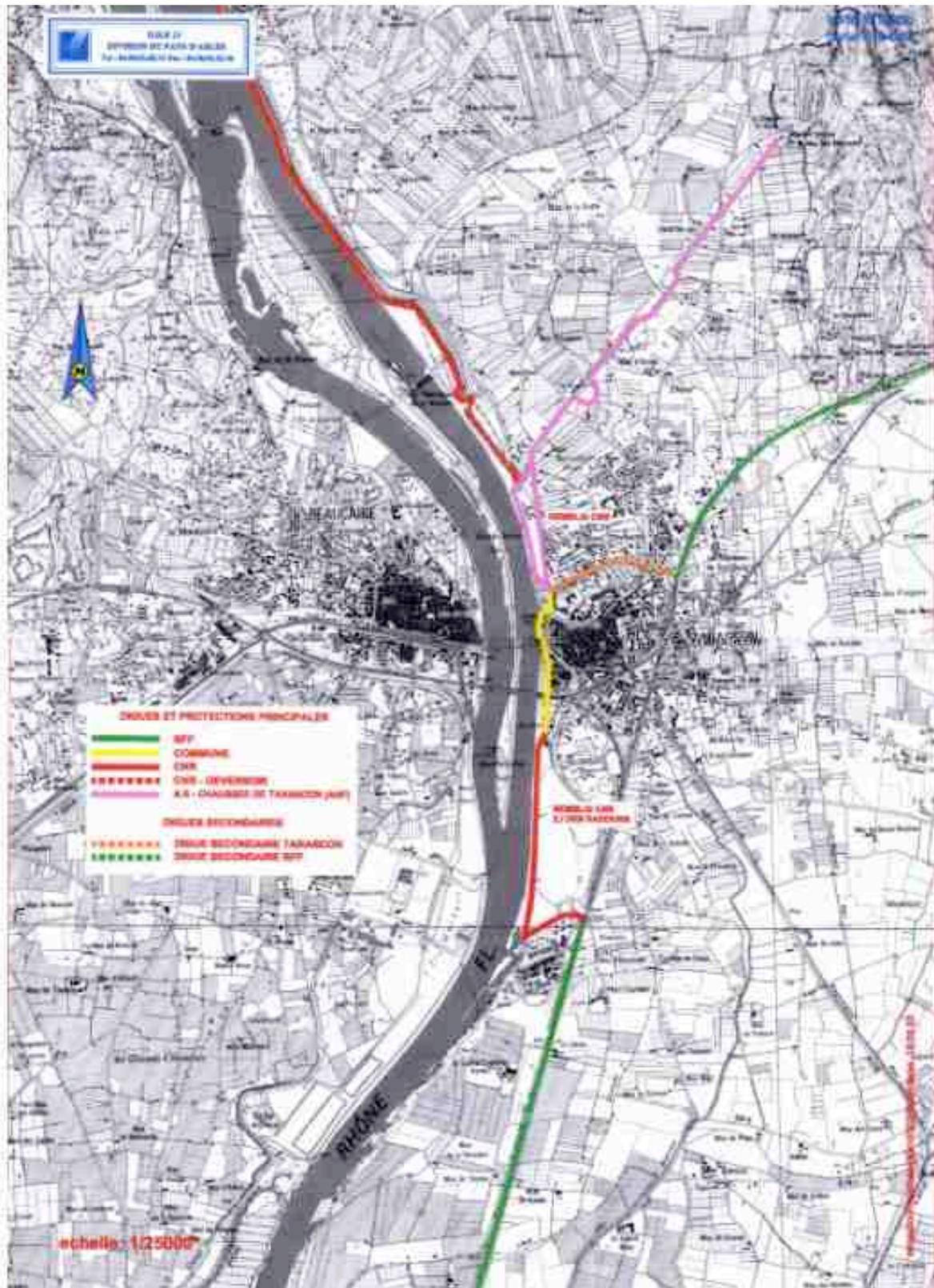
Le rapprochement du SYMADREM et du syndicat intercommunal des digues du Rhône de Beaucaire à la mer est d'ores et déjà engagé⁵⁴. L'organisme correspondant pourrait gérer, hors les ouvrages de la CNR, l'ensemble des digues jusqu'à Beaucaire en rive droite, et jusqu'à Tarascon en rive gauche. Le soubassement de la voie ferrée Tarascon-Arles mériterait lui aussi que sa gestion par RFF intègre les impératifs de la protection contre les inondations.

La figure ci-après visualise l'ensemble concerné des ouvrages du département des Bouches-du-Rhône⁵⁵.

⁵⁴ La dynamique est en effet lancée pour la constitution d'un Syndicat Interrégional des rives du Rhône. « *Un fleuve ne sépare pas ses rives, il les unit* », Gilles Dumas, maire de Fourques.

⁵⁵ S'ajoutent bien sûr les ouvrages côté gardois : ceux gérés par le syndicat de Beaucaire à la mer et ceux de la commune de Beaucaire notamment.





! Le souci de l'unicité de la gestion hydraulique des crues du Rhône dans le secteur de Vallabrègues mériterait que soit examinée l'opportunité de l'intégration de la chaussée de Tarascon dans l'exploitation des ouvrages dont la CNR a la concession.

D'autres regroupements apparaissent souhaitables sur le plan technique, ce qui suppose une démarche soutenue de persuasion des actuels gestionnaires :

. regroupement du SIAGAR, du syndicat intercommunal des digues de Lapalud-Lamotte-Mondragon, du syndicat intercommunal (ardéchois) de Saint-Just et Saint-Marcel et de certaines communes pour le secteur aval de Viviers et l'ensemble de l'aménagement de Donzère-Mondragon,

. regroupement du syndicat des digues de la Barthelasse, du syndicat de La Motte, du gestionnaire (inconnu) de la digue de l'Oiselay et de certaines communes pour le secteur des aménagements de Caderousse et d'Avignon,

. constitution d'un syndicat intercommunal regroupant les communes inondables (Aramon, Comps, Monfrin, Théziers, Vallabrègues...) pour le secteur de l'aménagement de Vallabrègues, dans un souci de meilleure cohérence de leurs interventions respectives.

! La mission prône la constitution de tels regroupements, auxquels les collectivités publiques (départements, régions) doivent adhérer pour contribuer à affirmer la cohérence d'ensemble, et assurer la pérennisation des moyens financiers⁵⁶.

V-3-4 La constitution de dossiers d'ouvrages

Le SYMADREM, le syndicat intercommunal des digues du Rhône de Beaucaire à la mer et, peut-être, le syndicat intercommunal des digues de Lapalud-Lamotte-Mondragon sont bien structurés et devraient pouvoir fournir directement des éléments de dossiers et faire effectuer dans de bonnes conditions par des bureaux d'études les travaux requis pour obtenir le reste des renseignements destinés à constituer les dossiers très complets demandés par la circulaire du 6 août 2003.

! Mais, pour la plupart des autres syndicats et collectivités locales, il y a tout lieu de craindre que le service de police de l'eau doive effectuer auprès d'eux de nombreuses démarches et les guider pas à pas dans la confection des dossiers, dont la plupart des éléments n'existent pas. Ils devront cependant veiller dans cet exercice à ne pas se substituer au maître d'ouvrage, qui conserve l'entière responsabilité de la confection et du contenu de ce dossier.

V-3-5 Le renforcement des digues déficientes

La réalisation des études, puis des travaux indispensables sur la plupart des digues représente un travail très important.

Si les ouvrages ne subissent pas de modifications de leurs caractéristiques fonctionnelles (implantation, profil en long...), un diagnostic sérieux de leur état sera nécessaire, puis la définition d'un projet de confortement et sa mise en œuvre. Mais il ne serait dans bien des cas pas judicieux de procéder à un simple renforcement des ouvrages existants, dans la mesure où le dispositif de protection n'est pas optimal. Quelques indications sur ce point sont données dans le chapitre VI ci-après. Dans ce cas, les études seront beaucoup plus importantes que

⁵⁶ Ce qui n'exclut pas une certaine « participation solidaire », ainsi qu'on l'évoque au chapitre VIII.

précédemment, nécessitant des modélisations hydrauliques, l'examen des impacts des dispositions envisagées, des investigations géotechniques, puis l'établissement de projets plus ou moins complexes.

Si les services de police de l'eau ne doivent en aucun cas jouer le rôle d'ATMO⁵⁷, encore moins de maître d'œuvre, il est par contre vraisemblable que, pour la majorité des maîtres d'ouvrage, ils devront remplir un rôle d'incitation et de conseil sans lequel il ne se passera rien.

V-3-6 Le contrôle des digues

Il en va de même pour l'établissement des consignes permanentes de surveillance et d'entretien des ouvrages.

Le service de police de l'eau a en charge le contrôle de la pertinence technique de ces consignes et du respect de leur suivi. La circulaire le précise d'ailleurs de la manière qui suit :

Le service de police de l'eau :

- . pourra participer aux visites périodiques des ouvrages, ainsi qu'aux visites après chaque événement hydraulique l'ayant sollicité de façon significative,
- . devra procéder tous les dix ans à une visite complète de la digue en présence du propriétaire.

V-3-7 Conclusion

Compte tenu du linéaire de digues syndicales en cause et, une fois encore, des capacités de la plupart des maîtres d'ouvrages, le service de police de l'eau devra, **même s'il ne lui incombe évidemment pas de se substituer à eux**, apporter un concours substantiel à la définition et à la mise en œuvre des différentes phases du montage d'un système cohérent et efficace de gestion de ces ouvrages.

Cet effort sera très important dans les premières années, pour les phases non répétitives de constitution des dossiers d'ouvrages, de renforcement des digues existantes et de mise en place du dispositif de contrôle. La tâche s'allègera au bout de quelques années en raison des regroupements souhaitables de gestionnaires et du passage progressif à une activité de routine.

Mais il s'agit néanmoins d'une tâche nouvelle, très lourde à accomplir au cours des premières années. Elle ne pourra l'être que si les moyens sont à la hauteur des missions.

V-4 LES MISSIONS ET L'ORGANISATION DU SNRS

V-4-1 Les missions du SNRS en matière de crues et d'inondations et leur exercice

Les missions du SNRS en matière de crues et d'inondations intéressent à la fois la prévision, la prévention et la protection. Elles comprennent :

- . le service d'annonce des crues du « Rhône amont ». Il couvre, à l'amont de Lyon, la Saône à l'aval du confluent de l'Ognon, le Doubs en Saône-et-Loire et l'Ain à partir de Pont-d'Ain, et l'aval de Lyon jusqu'au confluent de l'Ardèche,

⁵⁷ ATMO = Assistance Technique au Maître d'Ouvrage.

- . la fourniture des éléments techniques nécessaires à l'élaboration de PPRi sur le Rhône et la Saône. Cette tâche peut aller jusqu'à l'élaboration complète du document (exemple de l'agglomération lyonnaise),
- . l'exercice de la police de l'eau sur le Doubs navigable, le Rhône et la Saône, consistant notamment, pour ce qui concerne les crues et inondations, dans l'instruction des dossiers d'IOTA⁵⁸ au titre de la loi sur l'eau sur les cours d'eau de sa compétence et le contrôle des IOTA intéressant ces mêmes cours d'eau. Ceci implique l'instruction des dossiers relatifs aux digues syndicales et communales, ainsi que le contrôle de ces ouvrages,
- . le contrôle des ouvrages de la CNR qui n'impliquent pas la DRIRE (ouvrages strictement navigation,...), le SNRS « accompagnant » ce dernier service pour les ouvrages qui le concernent (cf. ci-après),
- . une participation substantielle aux études de la mission sur les inondations du Rhône, dite « mission Rhône », créée en application de la lettre du 2 avril 2003 de la ministre de l'Écologie et du développement durable au préfet de bassin concernant l'aménagement du Rhône et de la Saône et la définition d'une politique de prévention et de protection en matière d'inondations,
- . la fourniture des avis sur les exigences d'ordre hydraulique à respecter en matière d'aménagement, d'urbanisme, de construction...

! Dans cette ensemble de tâches, la mission a constaté que l'exercice de la police de l'eau et de son volet « contrôle des ouvrages de protection installés sur le domaine public » quel qu'en soit le gestionnaire – hormis le concessionnaire CNR –, qu'ils bordent le lit mineur ou qu'ils soient en lit majeur, n'est pas jusqu'à présent une priorité du service⁵⁹.

Cette fonction essentielle n'est donc que très imparfaitement exécutée à l'heure actuelle, et il faut se donner les moyens d'y remédier.

Le « poids » de la circulaire du 6 août 2003, potentiellement important ainsi qu'on l'a vu, ne pourra que rajouter à la charge actuelle du service, ce qui pose le problème de son organisation, de ses moyens et de la définition de ses priorités pour l'avenir.

V-4-2 L'organisation et les effectifs actuels du SNRS

Pour la zone intéressant la mission, à l'aval de Viviers, ces activités sont exercées, pour partie par des unités situées au siège du service et pour partie par la subdivision d'Avignon-Arles (cf. annexe n° 7).

∞ Unités du siège

1. Organisation et attributions

Les unités du siège intéressées sont constituées de :

- . la mission environnement, en charge de la police de l'eau aux plans qualitatif et quantitatif,
- . la cellule hydraulique et annonce de crues, en charge de :
 - l'annonce des crues,
 - l'instruction de la partie quantitative de la police de l'eau (remblais, endiguements...) sous le pilotage du chargé de mission environnement,

⁵⁸ « Installations, Ouvrages, Travaux et Aménagements ».

⁵⁹ Diagnostic corroboré par la mission d'inspection périodique du SNRS – Rapport CGPC n° 2004-0076-01 de mai 2004.

- la fourniture des éléments techniques nécessaires aux PPRi (et leur réalisation dans les conditions dites ci-dessus) et des avis divers, dans son domaine de compétence, sollicités par d'autres services,
- l'assistance de la DRIRE dans le contrôle des digues de la CNR,
- une participation aux études de la mission Rhône concernant l'aménagement du Rhône et de la Saône et la définition d'une politique de prévention et de protection en matière d'inondations.

2. Effectifs

La mission environnement est constituée d'un chargé de mission (cadre A+ du MEDD), assisté d'un technicien (catégorie B+) et d'un OPA spécialisé en chimie pour l'exercice de la partie qualitative de la police de l'eau⁶⁰.

La cellule hydraulique et annonce de crues, rattachée à l'arrondissement aménagement, entretien, exploitation, comporte cinq agents : 1 A du ministère chargé de l'Équipement, 2 B de ce même ministère, 2 B du MEDD. Leur activité se ventile comme suit, en ETP :

- gestion du service d'annonce des crues	2 ETP
- études et PPRI	2 ETP ⁶¹
- logistique	1 ETP.

∞ **Subdivision d'Avignon/Arles**

1. Attributions

Les attributions de la subdivision d'Avignon/Arles s'étendent du PK 118 du Rhône, situé à proximité de Valence (Charmes-sur-Rhône, dans l'Ardèche, en rive droite, et Étoile-sur-Rhône, dans la Drôme, en rive gauche) jusqu'à la mer, ce qui représente une longueur de fleuve de quelque 210 km, pour le cours principal du Rhône seulement. Elle résulte de la fusion, opérée en 1997, de trois subdivisions (Valence, pour partie, Avignon et Arles).

Sa compétence porte sur l'ensemble du DPF du lit majeur et du domaine concédé, sur le Rhône, les contre-canaux, les parties anciennes du fleuve (délaissés, parties court-circuitées) et les parties des affluents remontant jusqu'à la limite du remous résultant des aménagements.

Elle fait partie de cinq MISE (Ardèche, Drôme, Gard, Vaucluse et Bouches-du-Rhône), mais, pour les deux premiers départements, la représentation du SNRS est assurée normalement par le siège, sauf lorsque sont examinées des questions spécifiques à la subdivision d'Avignon.

Dans la partie aval du Rhône, qui entre seule dans le champ de la mission, tous les syndicats gestionnaires de digues étaient autrefois suivis par les subdivisions du SNRS, qui leur apportaient une assistance permanente sur les plans administratif, technique et même financier, pouvant aller jusqu'à la maîtrise d'œuvre de travaux importants.

Même si elles pouvaient contribuer à un mélange non souhaitable des genres, ainsi qu'on l'a dit, ces dispositions permettaient de créer un lien quasi permanent avec ces maîtres

⁶⁰ Elle comprend également une cellule ingénierie environnement réalisant des études amont en matière d'environnement pour le compte de VNF.

⁶¹ L'ingénieur d'arrondissement s'investissant aussi dans les études.

d'ouvrages, qui s'est notablement distendu, puis rompu, à partir de 1992, au moment de la mise en place de VNF.

En effet, la mission a pu le constater, les agents du service ont tendance à privilégier les activités qu'il leur a été demandé de conduire au titre de leur responsabilité d'agents locaux de VNF, orientées vers le développement de la voie fluviale. Ils les considèrent plus « gratifiantes » que les tâches régaliennes. Ils souffrent toutefois de cette situation, et ils revendiquent une plus grande clarification de leurs attributions et de leurs tâches.

Depuis trois/quatre ans en effet, le SNRS n'assure plus aucune activité d'ingénierie sur les digues et n'intervient plus à l'égard des syndicats qu'au titre de la police de l'eau, pour l'instruction des dossiers de travaux qu'ils peuvent présenter.

2. Organisation et effectifs

L'organigramme de la subdivision est joint en annexe n° 8. Elle comprend au total 23 agents, dont, officiellement, 21 État et 2 VNF, dont les attributions sont également définies par l'annexe.

Son effectif pour l'exercice de la police de l'eau, notamment le contrôle des digues, est de 2,10 agents ETP, soit :

- 0,25 ingénieur des TPE (chef de subdivision),
- 0,35 technicien supérieur en chef (adjoint pour les activités régaliennes),
- 0,50 contrôleur principal des TPE (affecté pour la moitié de son temps à la fourniture d'avis au titre des PSS, sur les permis de construire, POS, PLU...),
- 1 contrôleur des TPE (affecté à plein temps à l'instruction des dossiers loi sur l'eau)

3. Importance des digues du Rhône

Le territoire de la subdivision d'Avignon/Arles comprend :

- . environ 300 km de digues syndicales, dont 220 km pour les digues de Camargue, de Beaucaire à la mer, et le remblai SNCF entre Tarascon et Arles. Elles sont réparties entre 27 gestionnaires (ASA, syndicats intercommunaux ou mixtes, communes, SNCF...),
- . environ 280 km de digues CNR⁶², relevant de deux directions régionales de la Compagnie.

V-4-3 L'évolution des attributions du SNRS en matière de crues et d'inondations

∞ Annonce des crues

Dans le cadre de la création des services de prévision des crues qui est en cours (circulaire du 6 août 2003), le SNRS devrait être déchargé de toute attribution relative à l'annonce et à la prévision des crues.

∞ Élaboration des PPRi

La mission s'interroge sur l'opportunité de la réalisation de tout ou partie des PPRi par le SNRS.

⁶² Dont 148 km pour la partie du Rhône située à l'aval de Viviers.

Elle suggère que, une fois terminés les projets dont il a actuellement la charge (PPRi de l'agglomération lyonnaise notamment), le service s'en tienne aux aspects techniques liés par exemple à la définition de l'aléa de référence⁶³, et, tant que des PPRi homogènes ne couvriront pas l'ensemble du territoire d'études, à la fourniture des avis requis au titre des PSS, dans un cadre convenablement clarifié et explicité (cf. le chapitre IX ci-après).

∞ **Police de l'eau**

En l'état actuel des réflexions sur l'exercice de la police de l'eau, il semble que le SNRS doit conserver les attributions correspondantes pour les parties navigables de la Saône et du Rhône. Il faut noter l'intérêt fort qu'un service exerce seul cette compétence sur l'ensemble du Rhône et de la Saône, ce qui permet, comme en matière de PPRi, la définition et la mise en œuvre d'une politique cohérente pour l'ensemble des cours d'eau principaux du bassin.

Il est nécessaire en effet que soit assurée une coordination entre ce service et les services de police de l'eau en charge des cours d'eau affluents pour que la politique mise en œuvre soit cohérente ».

En matière de contrôle des digues, les attributions nouvelles du service de police et l'importance des tâches correspondantes ont été examinées ci-dessus. Alors que les interventions dans ce domaine avaient fortement décru au cours des dernières années, l'application des dispositions de la circulaire du 6 août 2003 va exiger du service un travail très lourd pour les prochaines années, moins important mais encore soutenu au-delà.

∞ **Contrôle de la CNR**

La responsabilité du contrôle des digues de la CNR revient à la DRIRE. La mission rappelle son propos du paragraphe IV-4-3 alinéa 1 sur la nécessité de sortir du flou actuel en matière de responsabilité des services de contrôle, une coordination étroite entre eux étant en tout état de cause nécessaire pour assurer cette cohérence.

Ceci paraît par ailleurs d'autant plus justifié aux yeux de la mission que la CNR a changé de statut, et que de ce fait, cette compagnie ne sera pas forcément encline à faire porter à l'avenir prioritairement ses efforts sur l'écoulement du fleuve en crue et l'entretien de ses ouvrages.

V-4-4 L'évolution de l'organisation et des effectifs du SNRS

∞ **Organisation**

1. Siège du service

La répartition des attributions au siège paraît liée à la personnalité du chargé de mission environnement qui est parti en retraite en avril 2004. L'organisation va être revue à cette occasion avec, si les effectifs le permettent, la constitution d'un service « environnement – prospective », comportant :

- . la cellule hydraulique, transférée du service aménagement-entretien-exploitation,
- . la cellule eau, constituée des agents auparavant directement placés auprès du chargé de mission eau et s'intéressant aux questions qualitatives,
- . la mission SIG, transférée du service aménagement-entretien-exploitation,
- . la cellule ingénierie environnement, sans modification.

⁶³ Action fondamentale retenue par la mission Rhône et dont la mission traite dans le chapitre IX ci-après.

2. Subdivision d'Avignon/Arles

Il faut d'abord se poser la question de savoir si la subdivision d'Avignon/Arles peut valablement continuer à assurer deux types de missions difficilement conciliables, qui lui posent d'ailleurs problème dans son fonctionnement au jour le jour :

- missions régaliennes de police de l'eau et de police de la navigation,
- missions d'agence locale de VNF chargée du développement de la voie navigable.

Suivant la réponse qui sera apportée à cette question⁶⁴, une réorganisation plus ou moins complète de cette unité devra être opérée, pour ce qui concerne tant la répartition de ses missions que sa zone géographique de compétence.

Dans la suite du rapport, la mission suppose le maintien d'une seule unité, à zone géographique de compétence inchangée.

∞ **Effectifs**

Les effectifs affectés aux tâches examinées dans le présent rapport apparaissent comme extrêmement limités eu égard aux enjeux en cause. La récupération par la DIREN d'un poste de A+, à l'occasion du départ en retraite de l'intéressé, et de deux postes de B à l'occasion du transfert du service d'annonce des crues, ne fait que dégrader substantiellement la situation et ramener le niveau des effectifs disponibles au siège en dessous du seuil critique de compétence et de capacité d'intervention.

1. Siège du service

Pour que le siège du SNRS puisse :

- opérer sa requalification,
- traiter directement les cas relativement compliqués,
- tenir une position plus consistante en appui au contrôle de la CNR,
- assurer efficacement son rôle de formation et d'animation à l'égard des subdivisions territoriales, leur permettant de traiter les cas courants,

il convient de maintenir son effectif actuel, malgré la récupération par le MEDD de trois agents détachés, ce qui conduit aux effectifs suivants :

- chef du service environnement – prospective 1 A+,
- cellule hydraulique 1 A (responsable de la cellule),
 4 B (TS ou TSP).

! La reconstitution d'un noyau de quatre techniciens doit permettre d'obtenir une équipe dont la qualification et la capacité d'intervention pourront se maintenir dans le temps.

2. Subdivision d'Avignon/Arles

Les travaux à effectuer au cours des prochaines années comportent :

- a. l'achèvement de l'inventaire des digues syndicales,

⁶⁴ Pour autant qu'elle puisse émettre un avis sur une telle question, dont bon nombre des éléments d'analyse lui échappent, la mission se montre favorable, se fondant sur les différents avis qu'elle a entendus, à une séparation nette de ces deux tâches, et à une réorganisation de la subdivision en conséquence.

- b. le classement des digues en ouvrages intéressant la sécurité publique et ouvrages n'intéressant pas la sécurité publique,
- c. le diagnostic de l'état des digues, l'établissement de dossiers d'ouvrages, leur confortement éventuel,
- d. le contrôle de l'état des ouvrages, qu'ils intéressent la sécurité publique ou non.

Les tâches a. et b. peuvent sans doute être menées à bien avec les agents en place de la subdivision d'Avignon et des unités du siège. Le SNRS doit d'ailleurs lancer, dans le cadre des études Rhône, une consultation pour confier ce classement à un bureau d'études. Mais une collaboration étroite avec lui sera nécessaire pour aboutir à des résultats opérationnels et des consultations vraisemblablement compliquées seront ensuite nécessaires pour aboutir à des arrêtés préfectoraux de classement.

Par contre, le SNRS ne dispose aucunement des moyens en personnel permettant d'exécuter les tâches c et d, et notamment la tâche d. dont elle a l'entière responsabilité, la mise en œuvre de la tâche c. devant respecter les prescriptions de prudence (non mélange des genres) ci-dessus évoquées.

Les moyens supplémentaires suivants apparaissent nécessaires, en jours de travail par an :

- digues syndicales

. relations avec 20 gestionnaires ⁶⁵ , à raison de 20 jours en moyenne par gestionnaire et par an	20 x 20 j	400 j
. participation au contrôle annuel (et après événements hydrauliques) de 300 km de digues à raison de 10 km/jour pour une équipe spécialisée de 2 agents	300/10 x 2	60 j
. contrôle décennal de 300 km de digues, soit 30 km/an, à raison de 5 km/jour pour une équipe spécialisée de 3 agents	30/5 x 3	18 j
- digues CNR⁶⁶		
. relations avec les services de la CNR sur les problèmes de digues		50 j
. contrôle triennal de 280 km de digues, soit 90 km/an, à raison de 5 km/jour pour une équipe spécialisée de 3 agents	90/5 x 3	54 j
Total		582 j

Ce total de 582 jours/an correspond à 3 agents.

L'équipe devrait être composée de trois agents de catégorie B de bon niveau technique. La subdivision doit en définitive comporter pour l'exécution de l'ensemble de ces tâches :

- 0,25 ITPE, chef de subdivision,
- 0,50 TSC,
- 4 TS (ou TSP)

V-4-5 Conclusion

La proposition de la mission porte essentiellement sur :

- la création du service environnement – prospective,
- l'octroi au SNRS de cinq postes nouveaux, soit :

⁶⁵ Leur nombre est déjà supposé quelque peu réduit.

⁶⁶ Moyens justifiés à partir du moment où le contrôle des digues de protection incombant au service de police de l'eau inclut les digues CNR, ainsi que la mission l'a souhaité.

- . 1 poste de catégorie A technique,
- . 5 postes de catégorie B technique,

en remplacement de postes du MEDD pour le poste de catégorie A et 2 postes de technicien.

Elle ne se prononce pas toutefois sur les modalités à mettre en œuvre pour l'achèvement de cet objectif : renforcement externe ou redéploiement interne.

VI – RESTAURATION DES ZONES D’EXPANSION DES CRUES

La modernisation du dispositif de protection contre les inondations du secteur aval de la vallée du Rhône ne saurait consister dans le simple confortement des ouvrages existants, sans modifications de leurs caractéristiques fonctionnelles. Ce doit être l’occasion d’en améliorer l’efficacité d’ensemble et d’en réduire les incohérences, sans donner l’illusion de prétendre constituer une protection totale.

Parallèlement au contrôle de la tenue de chaque ouvrage de protection pris isolément, et qui a été traité précédemment, il importe d’organiser le fonctionnement hydraulique de la vallée lors des crues. Cela conduit à examiner les caractéristiques fonctionnelles des ouvrages de protection par grands ensembles, avec les « champs d’expansion » des crues qu’ils déterminent.

Ce terme de « champ d’expansion » des crues recouvre ici des situations sensiblement différentes :

- des superficies non protégées et effectivement inondées lors des crues,
- d’autres situées derrière des digues prévues pour les protéger jusqu’à un certain niveau de crue, mais qui, au-delà⁶⁷, seront inondées.

Dans les faits ici, parmi ces dernières, une proportion probablement importante serait inondée par des ruptures avant que soit atteint le niveau de surverse des protections.

! La probabilité de telles ruptures avant surverse, dont la localisation est aléatoire, est l’une des faiblesses importantes du dispositif actuel.

Il lui manque un certain nombre de déversoirs, limitant les risques de rupture de digue et ceux, aux personnes et aux biens, à l’aval de brèches, permettant de prédéfinir les zones de déversement et d’organiser l’évacuation des eaux à moindres dommages.

De même les fonctionnalités, effectives ou potentielles, de ces « champs d’expansion » au regard de la gestion des crues sont diverses :

- écrêtement, lorsque le stockage d’un volume d’eau appréciable est possible, principalement en amont de Beaucaire,
- augmentation de la débitance en aval, où les volumes d’eau qui transitent sont tels que leur rétention est peu envisageable, le plus important étant alors d’aménager des « chemins à l’eau » de telle sorte qu’elle puisse s’écouler jusqu’à la mer en étant la moins « entravée » possible dans son parcours⁶⁸.

L’amélioration d’ensemble de la protection, avec des objectifs réalistes, implique en particulier de réduire des incohérences du dispositif actuel, résultant de décisions propres à chaque maître d’ouvrage.

⁶⁷ Il s’agit des caractéristiques fonctionnelles des ouvrages, essentiellement les cotes en crête. Ils sont supposés ne pas se rompre, sauf en cas de déversement.

⁶⁸ Ce qui veut dire « aménagement de la transparence hydraulique » partout où elle n’est pas assurée et où cela est techniquement possible (couloir de Saint-Gilles, A 54, Voie ferrée de Saint-Gilles,...).

VI-1 LA REDUCTION DU CHAMP D'EXPANSION DES CRUES

VI-1-1 Réductions en amont du delta

Les espaces inondables de la vallée du Rhône ont très fortement diminué. En amont du delta, c'est essentiellement du fait des retenues concédées à la CNR : les espaces ainsi soustraits aux crues, même très fortes, par les aménagements qu'elle gère, sont estimés à 120 km². La surface totale soustraite en amont du delta serait de 150 km².

Les retenues gérées par la CNR sont accompagnées de quelques zones dont la submersion est contrôlée par des ouvrages, de manière à diminuer le débit de pointe de certaines crues. Dans la partie du Rhône étudiée par la mission, ce sont les plaines de Vallabrègues et Caderousse. Par ailleurs, les plaines d'Aramon, Montfrin et de Codolet sont inondables par remous aval du Rhône dans le Gard et la Cèze.

Enfin, d'autres plaines, dans la zone d'étude, restent inondables par débordement naturel et surverse sur des digues communales ou syndicales, comme dans l'île de la Barthelasse ou dans la plaine de Donzère Mondragon.

Quelques plaines importantes sont actuellement soustraites à l'inondation sur le bas Rhône : celle de Montfaucon (8,6 km²), celle de Barbentane (10 km²) en rive gauche de la Durance, qui abritent maintenant une population importante, celle de Meysses dont le centre est occupé par le CNPE de Cruas, et celle de Piolenc Orange (27 km²). Cette dernière abrite des sièges d'exploitation agricole et des infrastructures de transport importantes : TGV Méditerranée et autoroute A7. Une submersion contrôlée lors de crues très fortes pourrait permettre, selon les études réalisées et sous réserve de compléments, de réduire les risques de surverse dans le delta et d'améliorer la protection d'Avignon.

VI-1-2 Réductions dans le delta

Le delta lui-même est particulier à maints égards. Il est soumis, non seulement aux crues du fleuve, mais aussi aux surcotes marines, qui peuvent fortement les aggraver. Il est entièrement « protégé » par des digues, du moins tant qu'elles ne surversent pas. Malgré les soins apportés à la surveillance et aux interventions d'urgence, on ne doit pas sous-estimer la probabilité de formation de brèches avant que ces digues ne surversent, notamment si la période de hautes eaux est prolongée. Par ailleurs, une inondation aux conséquences très graves pourrait provenir d'une brèche dans l'endiguement en amont, entre Beaucaire et Fourques. Le système est tel que les digues du petit Rhône sont plus exposées que celles du grand Rhône et que, sur le petit Rhône, les digues rive gauche sont à une cote supérieure (de l'ordre de 0,5 m) à celles de la rive droite.

Il en est assez naturellement résulté que lors de la crue de décembre 2003, c'est sur la rive droite que se sont formées les brèches (par surverse), la Camargue gardoise constituant le champ d'expansion (et d'écoulement) de la crue, tandis que l'île de Camargue en était totalement épargnée. Cet événement ne paraît pas avoir résulté d'un choix explicite ou explicable par les enjeux exposés de part et d'autre, mais essentiellement de ce que deux maîtres d'ouvrages différents – rive gauche et rive droite – ont bénéficié de moyens financiers, y compris de l'État, très inégaux.

Le rapport de la MISE du 3 mai 1999 sur la gestion de l'eau en Camargue, protection contre les inondations⁶⁹, dont nombre de préconisations restent valables, avait déjà fortement insisté sur le fait que la protection de « l'île » de Camargue ne devait pas conduire à reporter l'inondation sur la rive gardoise.

Celle-ci est menacée actuellement bien avant la crue centennale par des surverses (sans compter les brèches sans surverse) en rive droite du petit Rhône et le serait, de manière grave, par rupture ou surverse (autour de la centennale) en rive droite du Rhône (en amont de Fourques).

Les enjeux exposés de l'ordre de 40.000 habitants, sensiblement autant que l'île, comprennent aussi l'autoroute A 54, le canal BRL, le canal du Rhône à Sète, les agglomérations de Bellegarde et Saint-Gilles vers l'amont.

Cette plaine gardoise, inondée par certains niveaux de crues, est à la fois une zone d'écoulement vers la mer et une zone de stockage temporaire de l'eau, dont une part s'écoule gravitairement en décrue ; une part l'a été en 2003 en mobilisant des moyens de pompage relativement importants des ASA (ainsi que de BRL), ainsi qu'exposé dans le chapitre III.

L'« île » de Camargue, qui compte environ 40.000 habitants, a cette fois-ci été épargnée grâce à ses digues. Elle ne devrait certainement pas l'être, du moins dans son entièreté, en toutes circonstances.

VI-1-3 Principales conséquences des réductions et orientations pour les améliorations

Les ouvrages concédés à la CNR ont effectivement soustraits les territoires qu'ils protègent, jusqu'à un niveau de crue de temps de retour notable⁷⁰. De plus leur mode de conception, d'entretien et de surveillance permet de se garantir autant qu'on sait le faire contre des ruptures sans surverse.

Il ne serait pas aberrant que les protections de très forts enjeux, tels que des centre-ville d'Avignon ou Arles puissent bénéficier de niveaux de protection équivalents, dès lors que ces protections n'aggraverait pas la situation sur d'autres enjeux importants.

Les réductions du champ d'expansion dues aux autres ouvrages, syndicaux ou communaux (ainsi qu'au remblai RFF), très importantes en surfaces, cessent dès lors que le niveau de crue dépasse celui de leur crête, c'est à dire selon les ouvrages, pour des crues qui peuvent être inférieures à la centennale⁷¹.

Surtout, beaucoup risquent de se rompre à des niveaux de crue inférieurs à celui de la surverse, en particulier si la crue est longue, puisqu'il est connu que la durée de la mise en eau est un facteur important de fragilisation d'ouvrages mal conçus.

! À l'aval du palier d'Arles, la réduction du champ d'écoulement des crues, notamment dans un petit Rhône sinueux et enserré dans ses digues, constitue, avec l'incohérence du dispositif entre rives, l'inconvénient premier.

⁶⁹ Référencé en annexe 3.

⁷⁰ On a vu que la caractéristique « millennale » de leur protection était remise en cause par la CNR elle-même.

⁷¹ Avec toutes les réserves exprimées en début de chapitre IV sur ce que recouvre ce temps de retour.

! À l'amont du palier d'Arles, et notamment pour ne pas aggraver les conditions aval, c'est plutôt la possibilité de stocker l'eau de crue, en particulier en pointe, qui serait le plus utile même si l'effet reste limité compte tenu des volumes en jeu lors d'une crue significative.

! Il est impératif de prévoir des dispositifs de déversement qui font aujourd'hui défaut afin de prédéfinir les zones de surverse, (en particulier en rive droite du Rhône entre Beaucaire et Fourques, ainsi que sur le petit Rhône et sans doute le grand Rhône), et d'organiser la gestion des eaux déversées.

VI-2 LES POSSIBILITES A EXAMINER

Le présent rapport ne peut proposer de solutions précises et définitives. Celles-ci nécessitent une exploitation des études déjà engagées, et éventuellement des compléments sur certains points. On se bornera à souligner les principales possibilités à examiner

VI-2-1 Au niveau du delta

Il s'agit en priorité d'accélérer l'écoulement à la mer des eaux du fleuve. La débitance du grand et surtout du petit Rhône sera autant que possible augmentée. Des déversoirs sont à mettre en place, ainsi que les voies d'écoulements occasionnels, sur la rive gardoise, ainsi que dans l'île de Camargue. Il convient aussi de prévoir les modalités d'écoulement des eaux provenant d'un déversement amont du Rhône entre Beaucaire et Fourques. Cela conduit à :

- réduire fortement la longueur de l'écoulement par le petit Rhône en crue, le linéaire de ses digues ; les reconstituer dans certains cas en les écartant davantage du lit mineur actuel ; rendre cohérents leurs niveaux de crête, qui sont à redéfinir,
- mettre en place des déversoirs, sur les digues du petit Rhône, en rive droite et en rive gauche ; examiner la possibilité d'un déversoir sur la digue rive droite du grand Rhône,
- organiser l'écoulement à la mer des eaux déversées, en rive droite du petit Rhône, ainsi que dans l'île de Camargue, en provenance du petit et du grand Rhône,
- prévoir les dispositifs permettant d'accélérer la vidange des eaux déversées lors de la décrue,
- parallèlement, mettre en place ou renforcer les protections rapprochées de certaines agglomérations (zone sud de Beaucaire, Arles, Fourques, Bellegarde, Saint-Gilles, Aigues-Mortes, le Grau-du-Roi, les Saintes-Maries-de-la-Mer, les Salins-de-Giraud, Port-Saint-Louis-du-Rhône..), à examiner en liaison bien entendu avec les projets de déversoirs.

La gestion des eaux provenant de ruissellements en rive gauche du Rhône et du grand Rhône fait l'objet d'un chapitre particulier.

VI-2-2 Au niveau du palier d'Arles et en amont de celui-ci

! Compte tenu des volumes en jeu lors d'une forte crue, les possibilités d'écrêtement par des « champs d'expansion » dans la zone étudiée sont limitées, sans être nulles. Mais l'essentiel est, on l'a dit, d'assurer la « débitance ».

L'étude par la CNR d'une optimisation de ses déversoirs montre la possibilité d'une amélioration pour des crues importantes qui menacent le « palier d'Arles ». On ne doit pas non plus négliger des possibilités d'écrêtement plus limitées, correspondant à des crues moindres, à partir desquelles sont menacés un certain nombre d'enjeux d'aval. En rive droite du « palier d'Arles », la réalisation d'un déversoir s'impose, en même temps qu'est très souhaitable le renforcement de la tenue de cette digue, éventuellement une évolution de son tracé.

- améliorer l'efficacité de l'écrêtement des zones d'expansion actuelles, par la création ou l'adaptation des dispositifs de remplissage ; améliorer leur gestion par la mise en place d'ouvrages de rétention et d'évacuation, ainsi que la définition de consignes de gestion des eaux stockées,
- ouvrir autant que possible de nouvelles zones d'expansion, même si les possibilités apparaissent limitées, susceptibles de contribuer à l'écrêtement de crues de faible durée tout au moins⁷²,
- réaliser un déversoir entre Beaucaire et Fourques, et organiser la voie d'écoulement occasionnel des eaux déversées vers l'aval,
- renforcer éventuellement les protections rapprochées de certaines zones sensibles en amont du delta (Comps, Codolet, Aramon, l'Ardoise).

VI-2-3 De manière plus générale

Modifier et régulariser le tracé de certaines digues, de manière à reconstituer des ségonaux consistants, ce qui peut accroître un peu les zones de stockage et, si la section transversale du lit est augmentée sur les longueurs suffisantes, la capacité d'écoulement des eaux.

VI-3 LES APPROCHES DEJA EFFECTUEES

Certains documents issus des études menées par l'EPTB, notamment le rapport intitulé « Propagation des crues et risques d'inondations dans le delta du Rhône – Synthèse de première étape » et la note intitulée « Modélisation hydraulique du delta – Définition du scénario 3 de 4^{ème} étape », comportent des suggestions intéressantes, qu'il convient d'approfondir.

À l'examen de ces documents, outre la maîtrise des enjeux exposés dans les zones inondables, plusieurs axes de réflexion apparaissent devoir être privilégiés :

- La préservation des champs d'expansion de crues en amont de Beaucaire et la recherche d'une meilleure gestion de ces espaces inondables ont des effets importants sur l'écrêtement des crues dans la partie aval et l'abaissement des lignes d'eau. La CNR a ainsi étudié des modifications sur ses ouvrages déversoirs protégeant les plaines de Caderousse et de Vallabrègues. Les calculs ont examiné les possibilités d'augmenter l'écrêtement du débit de pointe, en retardant le déversement dans la plaine (rehausse des seuils, avec ou sans partie fusible), donc en relevant la valeur du débit de crue pour lequel s'amorce le déversement.
- Le renforcement et l'homogénéisation du niveau de protection des digues existantes ont pour objectif d'interdire toute surverse par-dessus les digues quel que soit pratiquement le niveau de crue, afin de soustraire le delta aux risques de rupture soudaine des ouvrages. Ces aménagements

⁷² Une grande partie des digues actuelles (hors endiguements CNR) non étanches ni drainées est fragile à des crues prolongées.

nécessitent le confortement des ouvrages, leur rehaussement au droit des secteurs de hauteur insuffisante, notamment sur le Petit Rhône, et la mise en place de déversoirs fonctionnant à partir d'un niveau de crue déterminé.

- La mise en place de déversoirs répondrait au double objectif de permettre aux digues de jouer leur rôle de protection pour des crues importantes et de limiter l'importance des digues dans les secteurs à plus faibles enjeux, tout en maîtrisant les volumes de déversement. Ces ouvrages devraient être positionnés en priorité sur le Petit Rhône en aval de la défluence.

- Des aménagements hydrauliques apparaissent nécessaires pour gérer les flux de surverse, c'est-à-dire limiter les inondations provoquées par les débits entrant par les déversoirs (protections localisées) et accélérer leur évacuation à la mer.

- L'amélioration des conditions d'écoulement dans les bras endigués du Rhône repose également sur l'entretien régulier des marges boisées des ségonaux et sur la transparence des ouvrages de franchissement.

Dans le cadre des études menées par l'EPTB, ces suggestions ont été organisées en plusieurs scénarios, dont les deux premiers au moins ont été effectivement examinés. Ils sont toutefois à regarder en fonction de la remarque du début du chapitre IV.

Le scénario n° 1 prévoit :

. sur le Petit Rhône, d'une part un abaissement des lignes d'eau pour réduire les sollicitations hydrauliques sur les digues et minimiser les travaux de renforcement et de rehaussement, d'autre part pour un certain niveau de crue (de l'ordre de cinquantennal), des surverses contrôlées permettant de mettre les ouvrages en sécurité pour des crues plus fortes,

. sur le Grand Rhône et sur le Rhône en amont de sa défluence, d'une part le renforcement des digues au niveau de crue légèrement supérieur à celui de la crue centennale, d'autre part la mise en place d'un déversoir de sécurité en rive gardoise en amont de la défluence pour retarder les surverses par-dessus la voie ferrée pour une crue supérieure à la crue centennale.

Le scénario n° 2 consiste à homogénéiser le niveau de protection des digues pour une crue centennale et à limiter les effets des crues plus fortes en acceptant des surverses contrôlées par-dessus des déversoirs.

Le scénario n° 3 consiste à :

. réduire les risques d'une catastrophe majeure sur le delta en évitant la rupture de la digue gardoise et du remblai SNCF par des surverses incontrôlables et en écrêtant le débit de pointe de la crue à l'aval d'Arles, grâce à l'établissement de deux déversoirs situés respectivement en rive droite et en rive gauche, permettant de limiter le débit à une crue centennale en aval,

. limiter le débit de point dans le Petit Rhône à un débit de crue cinquantennale grâce à la mise en place d'un déversoir de décharge mobile (avec clapets) en aval de Saint-Gilles,

. écarter les digues du Petit Rhône et curer son lit,

. conforter et rehausser les digues sur le Grand Rhône au niveau de la crue centennale (avec un niveau marin à 1,30 m NGF), afin de mettre à l'abri les secteurs agglomérés de Port-Saint-Louis et de Salin-de-Giraud.

Il est très souhaitable que ces scénarios, éventuellement complétés par d'autres, soient étudiés de manière approfondie, puis confrontés, afin d'aboutir à une solution cohérente, concrète et opérationnelle.

VI-4 PROPOSITIONS DE PRINCIPES

L'amélioration de la gestion des crues au niveau du Bas-Rhône doit se faire dans le cadre d'un schéma d'ensemble des aménagements auquel l'on se propose d'aboutir.

Par aménagements, on doit comprendre à la fois les digues et autres ouvrages intéressant les écoulements, et les champs d'expansion. Ceci implique une définition, si possible partagée, des niveaux de crue contre lesquels pourront être défendues diverses parties du territoire et à une répartition équitable des eaux excédentaires. Cela conduit à une mise en cohérence des caractéristiques fonctionnelles des ouvrages (par exemple pour les endiguements : niveaux en crête, niveaux des déversoirs, modalités d'écoulement des eaux déversées),

Il ne serait pas aberrant que cette mise en cohérence conduise à une différenciation plus claire qu'actuellement, entre des enjeux concentrés très importants, qui mériteraient d'être protégés contre des événements même très rares⁷³ (à condition de ne pas nuire ailleurs), et d'autres enjeux plus dispersés, qu'il n'est pas possible de protéger de la même manière sans nuire à l'ensemble.

C'est l'État qui doit être à l'initiative de ce schéma, étudié puis mis en œuvre au niveau du préfet de bassin, et sur lequel devront s'appuyer les autorisations de travaux délivrées au titre de la police des eaux. Une masse considérable d'études et de données est disponible. La priorité devrait être maintenant d'explicitier à partir de ces éléments les choix à faire pour conduire à des décisions. Même s'il n'est pas impossible que certains points nécessitent des compléments limités d'investigations, l'essentiel devrait être fait en moins d'un an.

Il est aussi souhaitable que le schéma rencontre l'adhésion des maîtres d'ouvrage des aménagements prévus, ainsi que des principales collectivités qui y contribuent financièrement. Il peut ainsi être utile d'organiser la concertation sur les décisions à prendre, dès lors qu'est significativement engagé le travail évoqué ci-dessus.

! Il est indispensable que les services de l'État, en particulier la DIREN, soient rapidement renforcés significativement pour l'élaboration puis la gestion de ce schéma.

⁷³ Ceci concerne les caractéristiques fonctionnelles (niveau de la digue par rapport à la crue), mais aussi les caractéristiques constructives, garantissant sa solidité, et les modalités de surveillance.

VII – LA CNR, L’ENTRETIEN ET LA GESTION DU FLEUVE EN CRUE

VII-1 LE TRANSPORT SEDIMENTAIRE DANS LE RHONE – RAPPEL

La vision d’ensemble la plus récente du transport sédimentaire du Rhône est celle issue de l’étude réalisée en 2001 par HYDRATEC-SOGRÉAH comme contribution à l’étude globale du Rhône (cf. annexe 9).

Cette étude rappelle que le Rhône avant son aménagement charriait naturellement une grande quantité d’alluvions : la fréquence du charriage (une centaine de jours par an) favorisait une évolution permanente des bras vifs constituant son lit.

Elle décrit le système de transport des **matériaux grossiers**⁷⁴ comme pratiquement figé depuis la réalisation des aménagements sur le fleuve et ses affluents, et constate que :

- les apports solides par charriage des affluents au Rhône ont été réduits par cinq (ils seraient estimés à 200 000 m³/an contre près d’un million au début du 20^{ème} siècle), à la suite d’extractions massives qui y ont été conduites de 1960 à 1994, ainsi que des aménagements hydroélectriques sur les bassins versants supérieurs qui font obstacle au transit des graviers,
- les retenues sur le Rhône présentent une pente motrice insuffisante pour assurer le transit des graviers vers l’aval,
- les débits qui subsistent dans les Vieux Rhône ne permettent que très rarement le transport par charriage des graviers arrivant encore de l’amont (à titre d’exemple, lors de notre visite le 26 mai 2004, en situation d’étiage, le débit du fleuve au niveau de Bourg-Saint-Andéol correspondait au débit réservé soit 60 m³/s contre environ 700 m³/s turbinés par l’usine de Bollène). Seules les grandes crues sont susceptibles d’exercer une pression sur certains secteurs.
- les anciennes fosses d’extraction (« souilles ») dans les retenues jouent le rôle de pièges à graviers.

Tout en soulignant que le transport solide par charriage ne réagit qu’avec une très grande inertie aux actions conduites dans le lit du Rhône et de ses affluents, l’étude considère que les conséquences de l’arrêt presque total de la dynamique fluviale restent pourtant modérées car si le fleuve n’a plus la capacité de charrier ces matériaux, les apports solides sont devenus dans le même temps très faibles.

Au contraire, le transit des **matières en suspension**⁷⁵ reste important, bien que divisé par deux depuis le début du siècle. Selon l’étude, ce transit joue désormais un rôle important dans l’évolution des formes du fleuve et il contribue à :

- " réduire progressivement les capacités d’écoulement des crues dans les Vieux Rhône par enlèvement des marges boisées et fermeture des bras secondaires,
- " favoriser le dépérissement des forêts alluviales de bois tendre, remplacées par des forêts de bois dur,
- " **exhausser le lit endigué dans le delta par enlèvement des ségonaux, ce qui affecterait progressivement le niveau de protection apporté par les digues actuelles.**

⁷⁴ Les matériaux grossiers sont définis comme les éléments de diamètre supérieur à 1 mm, transportés principalement par charriage. Ce transport se réalise au rythme très lent d’environ 2 km/an.

⁷⁵ L’étude les définit comme les sables et limons de diamètre inférieur à 0,2 mm (les sables jusqu’à 1 mm se situant à la transition entre les deux modes de transport). Le transit en suspension est estimé à environ 10 Mt/an dans l’étude, l’estimation de la CNR est de 4 à 11 Mt/an (fiche métier « dragages d’entretien »).

Ce rappel de l'évolution du transport sédimentaire dans le fleuve souligne ainsi l'importance des opérations d'entretien pour assurer un bon écoulement des crues.

VII-2 LES RESPONSABILITES DE LA CNR EN MATIERE D'ENTRETIEN

La Compagnie Nationale du Rhône est concessionnaire⁷⁶ de l'aménagement du Rhône entre la frontière suisse et la mer « *du triple point de vue de l'utilisation de la puissance hydraulique, de la navigation, de l'irrigation et des autres emplois agricoles* ».

Les prescriptions d'aménagement et d'entretien du fleuve sont fixées d'une part par un cahier des charges général annexé à la convention, d'autre part et surtout par des cahiers des charges spéciaux pour chacune des 18 chutes aménagées et par les règlements d'eau correspondants.

Ces textes imposent à la CNR quatre types d'obligation d'entretien :

- dans les secteurs non protégés par des endiguements, le concessionnaire est « *tenu d'entretenir, éventuellement par dragages, les profondeurs nécessaires (...) à l'évacuation des crues sans surélévation par rapport au niveau atteint actuellement pour un même débit*⁷⁷ » (principe de non-aggravation par rapport à la situation avant aménagement),
- dans les secteurs protégés par des endiguements, il s'agit de préserver une revanche minimale⁷⁸ entre la cote d'arase des digues et le niveau de la crue exceptionnelle,
- la CNR doit maintenir un chenal de navigation dont les caractéristiques (profondeur ou « mouillage », et largeur) sont définies à l'article 7 du cahier des charges général,
- enfin, les articles 10 et 15^{bis} du cahier des charges général prévoient l'entretien en parfait état des ouvrages, qui peut impliquer des dragages localisés (écluses, bassins, points de mesure, prises d'eau, etc...).

Ces prescriptions sont très précisément délimitées par les différents cahiers des charges : si l'on s'intéresse à la partie du fleuve entre Viviers et la mer, leur cumul conduit à la synthèse suivante :

- obligation d'entretien du lit du Rhône au titre du bon écoulement des crues sur toute la longueur du fleuve, sans discontinuité⁷⁹, jusqu'au PK 300 (à peu près au niveau de Mas Thibert sur le Grand Rhône),
- entretien du seul chenal de navigation jusqu'au PK 325⁸⁰, ainsi que de la liaison avec Port-Saint-Louis-du-Rhône et avec le canal du Rhône à Fos, y compris l'écluse de Barcarin.

! Si elles sont géographiquement bien délimitées, les obligations au titre du bon écoulement des crues restent par contre difficiles à contrôler en l'absence de définition précise des « niveaux atteints avant aménagement » pour un même débit de crue (article

⁷⁶ La convention de concession générale a été signée le 20 décembre 1933 et approuvée par décret du 5 janvier 1934. Le huitième avenant à cette convention de concession est signé du 3 juin 2003 et approuvé par décret du 16 juin 2003.

⁷⁷ Cette obligation est mentionnée en article 16 des différents cahiers des charges spéciaux, parfois en termes un peu différents. L'article 15 du cahier des charges général ne fait que renvoyer sur ce sujet aux cahiers des charges spéciaux.

⁷⁸ Fixée par les cahiers des charges spéciaux ou par les dossiers d'exécution approuvés par l'administration (en général 1m en zone habitée et 0,5 m ailleurs).

⁷⁹ Les obligations définies par le cahier des charges spécial d'un aménagement donné prennent effet au point de rejet du canal de fuite de l'aménagement situé immédiatement en amont : il y a donc continuité jusqu'au PK 300.

⁸⁰ Le dernier avenant au cahier des charges général a étendu la responsabilité de la CNR du PK 300 au PK 325. Auparavant, la compagnie intervenait sur ce tronçon pour le compte du service de la navigation.

16 des cahiers des charges spéciaux), pourtant désignés aujourd'hui comme « lignes d'eau de référence ».

En effet, on ne dispose malheureusement que de peu de relevés précis et continus du niveau atteint par les crues historiques avant réalisation des aménagements CNR⁸¹. La crue de 1856 constitue une heureuse exception à cette règle générale, que la mission évoque et valorise ci-après.

En pratique et jusqu'à présent, la CNR dépositaire de l'essentiel de la connaissance et de l'expertise du fonctionnement hydraulique du fleuve reste de ce fait seule juge des références à prendre en compte pour déclencher cet entretien. On se trouve dans un contexte assez proche de celui de la définition de l'aléa de référence à prendre en compte dans les PPR (cf. paragraphe IX-2-3), à ceci près que dans le cas présent, la CNR dispose de sa propre référence.

La révision de la convention de concession et la restructuration assez profonde du cahier des charges général signées en juin 2003 ont été l'occasion d'introduire de nouvelles dispositions notamment en faveur d'une prise en compte accrue des enjeux environnementaux.

! Très curieusement, les prescriptions relatives aux inondations n'ont pas été actualisées ou précisées⁸², en dépit des événements qui ont marqué la dernière décennie.

L'entretien du Grand Rhône entre les PK 300 et la mer (PK 330), ainsi que les quelques 55 km du Petit Rhône⁸³ restent à la charge de l'État⁸⁴ (à l'exception de la fraction de la section du Grand Rhône qui correspond au chenal navigable). **En pratique, ces tronçons ne font actuellement l'objet d'aucun autre entretien que le dragage du chenal de navigation et l'enlèvement des embâcles.**

VII-3 LES METHODES ET MOYENS MIS EN ŒUVRE

L'application concrète du principe « d'entretien des profondeurs nécessaires à l'évacuation des crues sans surélévation de leur niveau » nécessite d'abord la détermination de « lignes d'eau de référence » qui simulent pour différentes crues caractéristiques quelle serait aujourd'hui la cote atteinte par l'eau de crue en l'absence des aménagements de la CNR.

Ces lignes d'eau peuvent avoir deux origines :

- elles peuvent avoir été mesurées à l'occasion d'une crue historique antérieure à l'aménagement (en prenant soin toutefois de prendre en compte des évolutions morphologiques naturelles ainsi que la construction ou la disparition d'ouvrages non imputables au concessionnaire),

⁸¹ Il semble pourtant très surprenant que la crue du 22 décembre 1958 (évaluée à 7920 m³/s à Beaucaire) n'ait pas fait l'objet de relevés précis, alors même que la CNR entreprenait les 1^{ers} aménagements (débutés en 1951) et que les études d'un grand nombre d'ouvrages étaient en cours : un tel événement présentait pour le maître d'ouvrage un intérêt évident qui aurait dû être exploité. On peut d'ailleurs formuler la même observation pour d'autres crues contemporaines des débuts de l'aménagement, et notamment celle du 22 novembre 1951 (9170 m³/s à Beaucaire et 6660 m³/s à Viviers). La mission a été très surprise de constater que les recherches effectuées n'aient pas permis de retrouver de documents sur ces événements.

⁸² L'article 7bis prévoit seulement que le concessionnaire s'attachera à restaurer les îlots et à améliorer les conditions de transit des sables et graviers.

⁸³ Selon le cahier des charges général, le petit Rhône est hors concession dès la défluence.

⁸⁴ Article 14 du code du domaine public fluvial.

- pour certains aménagements, notamment les plus récents, la CNR dispose de lignes d'eau de crues de référence calculées à partir des modèles mathématiques et de l'information hydraulique disponible sur l'état initial (bathymétrie avant aménagement, lignes d'eau constatées pour calage du modèle, etc).

La CNR effectue un suivi régulier et précis de l'évolution des fonds et des lignes d'eau : elle dispose de moyens importants pour mesurer les lignes d'eau (une fois par an pour les « plus hautes eaux navigables-PHEN », et systématiquement pour toute crue de débit supérieur aux PHEN) et pour effectuer des levés bathymétriques (avec un intervalle maximum de 5 ans, et des levés systématiques pour toute crue de période de retour supérieure à 10 ans).

Ces mesures sont utilisées pour mettre à jour régulièrement les modèles hydrauliques, puis simuler le passage des prochaines crues.

Si la comparaison avec les lignes d'eau de référence met en évidence un risque d'aggravation des conditions d'écoulement des prochaines crues, la CNR engage préventivement les actions d'entretien dont la nécessité est ainsi constatée.

Cette surveillance s'inscrit dans un dispositif de surveillance hydraulique pour lequel la compagnie souligne qu'elle a obtenu une certification ISO 9001 en août 2001.

En pratique, l'ensemble des opérations d'entretien qui contribuent au libre écoulement des crues, qu'elles soient déclenchées par le dispositif de surveillance ou régulièrement conduites par la CNR à titre préventif, peut être résumé comme suit.

1. **l'entretien courant** : il vise à limiter la sédimentation par l'élimination très régulière de la végétation ligneuse sur les atterrissements et les berges, et par la déstructuration des atterrissements (par passage d'une charrue à disques ou d'un soc spécial monté sur une dent de riper) pour favoriser la remise en mouvement des matériaux lors des crues et maintenir une dynamique naturelle d'érosion des dépôts, enfin par l'enlèvement des embâcles. Ces interventions sont réalisées tous les 1 à 2 ans, selon les secteurs, dans le lit mineur, les espaces boisés, les fossés et petits ouvrages, afin de limiter la sédimentation. La CNR déclare y consacrer un budget annuel de 1,5 M ! .
2. **les dragages** : si cette méthode d'entretien reste d'utilisation fréquente par aspiration et rejet ou « clapage » des limons en vue de les remettre en circulation, elle ne concerne pour l'essentiel que l'entretien du chenal navigable et des retenues ou ouvrages. Entre 0,4 et un million de m³ de limons ont ainsi été dragués chaque année depuis 1996 (2 millions en 1995).

Les dragages destinés plus spécifiquement au respect des prescriptions relatives aux écoulements de crue ne sont plus mis en œuvre que de façon très limitée depuis une dizaine d'années (la CNR invoque le durcissement du dispositif réglementaire et la prudence des services de l'État), lorsque des aggravations potentielles importantes sont mises en évidence par les simulations réalisées sur les modèles hydrauliques : il s'agit surtout de retirer des accumulations de graviers ou limons à la confluence de certains affluents, ou au niveau du palier d'Arles (le « défluent » des deux Rhône joue le rôle d'un piège à graviers et doit être curé pratiquement chaque année). Quelques opérations très exceptionnelles ont été conduites de façon localisée sur certains tronçons du Vieux Rhône : c'est le cas en 1999 et 2000 sur le bief de Beauchastel (350000 m³ de graviers retirés).

Si plus de 2,5 Millions de m³ ont été dragués en 1995 (tous motifs confondus), la moyenne sur la période 1996/2002 est d'environ 1 Million de m³ (75% de limons), dont moins de 20 % en vue du bon écoulement des crues.

Les graviers sont mis en dépôt, et parfois repris pour être valorisés : selon la CNR, cette valorisation (de l'ordre de 4 €/tonne) couvre approximativement le tiers du coût de l'extraction.

La CNR évalue le coût net des dragages utiles à l'entretien des crues à 1,5 à 2 M €/an.

3. **des opérations de restauration écologique et hydraulique** sont enfin conduites par la CNR à sa propre initiative depuis les années 1980, en dehors de toute obligation du cahier des charges : ces opérations visent notamment à préserver ou réhabiliter les îlots ou bras morts avec un objectif d'abord de préservation de milieux écologiquement intéressants (faune et flore), mais aussi d'amélioration des écoulements en crue. Ces opérations sont en forte progression à la faveur du « plan de missions d'intérêt général » (25 M €/an toutes actions confondues, dont une petite partie pour ce type d'actions) dans lequel la compagnie s'est volontairement engagée, ainsi que du cofinancement, dans le cadre du plan décennal de l'État, de l'Agence de l'eau et des collectivités riveraines, ces dernières étant associées à la définition des travaux et étant désormais très sensibles à la protection contre les crues.

VII-4 LE CONTROLE ADMINISTRATIF ET TECHNIQUE DE L'ETAT

! Un 1^{er} constat est celui de la difficulté technique pour les services de l'État de porter un jugement sur le respect par la CNR de ses obligations d'entretien. De fait, celle-ci évolue sur ce thème important en « environnement non contraint ».

En pratique, la CNR dispose seule des outils (modèles mathématiques, bases de données historiques), de la compétence et de l'expérience pour déterminer les lignes d'eau de référence qui sont à la base même du contrôle de ses propres obligations. Sans remettre en cause la rigueur de cette détermination, il n'est pas normal que le concessionnaire soit de fait en situation de fixer lui-même ses propres obligations.

Les travaux d'entretien conduits par la CNR sur le Vieux-Rhône et sur les confluences des affluents (dans la limite de la zone concédée) sont régis par un dispositif réglementaire complexe qui associe le Code de l'environnement (« loi sur l'eau », « loi pêche », et réglementation sur les carrières) et la réglementation sur la concession d'énergie hydraulique.

Le « rétablissement des caractéristiques des chenaux de navigation » (2.6.1) est exclu de la nomenclature des opérations soumises à autorisation ou à déclaration en application des articles L. 214-1 à 11 du Code de l'environnement (art. 10 de la loi sur l'eau de 1992). Il en est de même du « curage vieux fonds, vieux bords » (2.6.0), mais celui-ci peut néanmoins dans certains cas relever d'une autorisation au titre de l'article L 432-3 du Code de l'environnement (issu de la loi pêche), tout comme les travaux de remobilisation des graviers et sédiments.

Le déplacement de matériaux d'un site excédentaire vers un autre site (dragage et relargage) relève à la fois des rubriques 2.6.0 (curage), 2.3.0 ou 3.4.0 (rejets) et de l'article L. 432-3. Lorsque les matériaux dragués sont valorisés (au dessus de 2000 tonnes), l'autorisation est instruite par la DRIRE et accordée au titre de la réglementation des installations classées (rubrique 2510-exploitation de carrières).

L'application de ce dispositif réglementaire comporte un certain nombre de contraintes pour le concessionnaire :

- choix des procédures, compte tenu de la grande diversité des situations rencontrées,

- nombre important de services d'État interlocuteurs de la CNR (SNRS, DRIRE au double titre « Énergie » et « ICPE », DIREN/Préfet de bassin),
- délais de mise en œuvre des procédures (estimés par la DRIRE à 1,5 an pour une procédure ICPE, y compris l'élaboration du dossier), parfois peu compatibles avec la rapidité d'intervention qui permettrait à la CNR de respecter ses obligations compte tenu par ailleurs des autres sujétions (hydraulicité, protection de la faune et des milieux aquatiques, etc).

! Dans la pratique, lorsqu'il n'y a pas lieu de mettre en œuvre les procédures « ICPE carrières », le service de la navigation, chargé de la police des eaux, se satisfait le plus souvent de procédures minimalistes (instruction sommaire au titre de la pêche, avec parfois présentation en conseil départemental d'hygiène).

De son côté, la CNR a mis au point des pratiques internes (résumées dans une « fiche métiers relative aux autorisations administratives ») qui tendent souvent à éviter la mise en œuvre des procédures de contrôle : elle y observe par exemple « n'avoir pas jusqu'à présent déposé de dossier d'autorisation pour rejet de matériaux dragués au Rhône » tout en respectant une « consigne interne qualité des eaux » et ne prévoit dans ce cas que « l'envoi systématique d'une fiche d'information de début de travaux au service de police de l'eau ».

Bref, la mission constate qu'il n'y a pas à l'heure actuelle de réel contrôle de ces opérations d'entretien lorsque la procédure ICPE ne joue pas.

Lorsqu'il est prévu de récupérer les matériaux, la procédure ICPE-carrières est mise en œuvre en liaison avec la DRIRE et le SNRS : c'est surtout le cas pour les travaux répétitifs qui peuvent être plus facilement définis à l'avance, notamment sur certains affluents qui font l'objet d'un « dossier d'entretien », ou dans le cas particulier du « défluent » du palier d'Arles qui bénéficie d'une autorisation permanente au titre des ICPE. Dans quelques cas, la CNR a obtenu d'intervenir « au titre de l'urgence » (c'est le cas des curages de 1998/2000 sur le secteur de Beauchastel). Enfin d'autres opérations ont dû être purement et simplement reportées sine die devant les difficultés rencontrées dans leur instruction, non sans frustration pour la CNR mais aussi pour les riverains qui constatent depuis dix ans une réduction régulière du rythme des dragages.

Sur le fond, les services de l'État rencontrent d'importantes difficultés tant pour expertiser les demandes de dragage présentées « au coup par coup » par la CNR, que pour répondre à la demande croissante d'explication et de transparence qui émane des riverains.

C'est ce double constat qui a motivé la relance énergique début 2003 par le préfet coordonnateur de bassin avec tous les services concernés d'une méthode déjà esquissée sans suite il y a plusieurs années, tendant à :

- afficher en toute transparence les obligations d'entretien de la CNR,
- donner un cadre juridique satisfaisant aux différentes interventions de dragage (extractions de matériaux accompagnées ou non du rejet à l'aval de matériaux fins),
- ne pas préjuger de la stratégie que l'État se réservera d'adopter en termes de gestion du débit solide ou d'arrêt de l'enlèvement des graviers au profit de leur simple déplacement.

Il s'agissait aussi au départ pour l'État de s'efforcer d'afficher dans les relations avec les riverains une obligation de moyens à mettre en œuvre par la CNR plus « lisible » et compréhensible que l'obligation de résultat imposée par les cahiers des charges, d'emploi très difficile en matière de communication : la CNR a toujours été très réservée sur cette dernière

interprétation d'une démarche qu'elle approuve pour le reste sans réserve, et s'en est toujours tenue strictement aux termes des cahiers des charges.

! Il s'agirait de mettre en place sur chaque bief aménagé une procédure unique « ICPE dragage » sur la base d'un dossier dit « d'état de référence » technico-administratif permettant d'établir très précisément par tronçon la nature des obligations de la CNR, notamment pour la détermination des lignes d'eau de crue avant aménagement (« lignes d'eau de référence »), les modalités de surveillance des fonds, les méthodes et moyens d'entretien retenus, les règles de répartition des débits en crue entre Vieux-Rhône et usines, etc...

Au terme de l'instruction de ce dossier et après enquête publique, une autorisation serait accordée au concessionnaire, pour la durée de la concession, de procéder à des dragages d'entretien dans les conditions fixées. Les interventions d'entretien seraient déclenchées par la CNR selon les critères ainsi définis après autorisation au coup par coup accordée selon une procédure simplifiée sur la base d'un dossier soumis à un comité de suivi (DRIRE, SNRS, DIREN régionale et de bassin).

! Cette procédure est conduite à titre expérimental sur plusieurs biefs, mais principalement sur celui de Beauchastel à Bourg-les-Valence.

Cette démarche très pragmatique et intéressante tarde malheureusement à être finalisée puis généralisée. Elle ne règle pas non plus toutes les difficultés : la question de la capacité d'expertise des services de l'État restant posée, notamment pour discuter et valider des « lignes d'eau de référence » qui puissent être reconnues comme objectives par les riverains et n'apparaissent pas comme dessinées par le seul concessionnaire. Par ailleurs, la mise à l'enquête publique pourrait faire naître chez les riverains des espoirs infondés, puisque le déclenchement d'interventions préventives ne peut être motivé que par le constat d'un risque reconnu d'aggravation du passage de la prochaine crue, et non par le maintien de la topographie du lit mineur, critère inadapté mais plus « parlant » pour les riverains.

VII-5 CONCLUSIONS SUR L'ENTRETIEN DU FLEUVE

À l'occasion de chaque crue débordante, les riverains du fleuve mettent en cause la mauvaise volonté de la CNR et des services de l'État à évacuer les bancs de graviers désignés comme responsables d'une aggravation des lignes d'eau par rapport à des crues plus anciennes de même importance.

Au demeurant, un recours est actuellement pendant devant le tribunal administratif de Lyon (cf. annexe 10).

Cette attitude est bien connue aussi des services de police de l'eau en charge des différents affluents du Rhône dans sa basse vallée, confrontés à une forte demande de dragages alors même que des études précises ont souvent mis en évidence un enfoncement de plusieurs mètres du lit mineur au cours des trente dernières années, ce qui montre la difficulté pour les riverains de comprendre le fonctionnement du cours d'eau.

Certes le contexte n'est pas le même sur le Rhône dont le lit est stable, et le sentiment d'une forte réduction des opérations de dragage n'est pas contredit par les statistiques de la CNR (« récapitulatif des dragages d'entretien 1987-2002 »). Cette situation résulte de facteurs

multiples : interdiction depuis 1994 des prélèvements de matériaux dans les cours d'eau, lourdeur des procédures d'autorisation de dragage, prudence des services instructeurs...

Les études de transport solide confiées à SOGREAH au titre de l'étude globale ont montré que le transport solide sur le Rhône atteint un point d'équilibre *qui semble devoir limiter la nécessité des entretiens lourds par curage à des situations exceptionnelles ou très localisées*.

L'entretien courant, et notamment les actions de remobilisation des atterrissements, semblent correctement réalisés par la CNR comme la mission a pu le constater sur le secteur de Donzère/Bourg-Saint-Andéol : sur ce secteur, la CNR produit des photographies aériennes (prises respectivement en 1954, 1955 et 1996), qui ne mettent pas en évidence une aggravation des atterrissements.

! La mission relève tout l'intérêt de la démarche « d'état de référence par bief » relancée par le préfet de bassin, qui fait l'objet de la toute première action (« fiche A1 ») retenue au programme de travail envisagé⁸⁵.

! Elle souhaite qu'elle puisse être conduite à son terme le plus vite possible afin de disposer d'éléments précis d'analyse sur chaque tronçon du fleuve et d'explicitier l'ensemble des obligations d'entretien du concessionnaire.

! Elle insiste toutefois sur le fait que cette démarche n'a de chance d'être équilibrée et d'aboutir qu'à la condition que les services de l'État interlocuteurs du concessionnaire puissent échanger avec ce dernier sur un même niveau de technicité, ce qui donne du corps aux propositions faites ci-dessus de renforcement de la capacité d'expertise des services à compétence bassin, SNRS et DIREN.

! C'est à l'État en effet qu'il revient de définir sans retard une doctrine claire et cohérente d'entretien du fleuve sur l'ensemble de son cours, en s'efforçant de mieux expliciter l'équilibre recherché entre les problématiques « inondations » et « milieux ».

S'il revient en effet au concessionnaire de proposer des programmes et des initiatives d'entretien en s'appuyant sur sa parfaite connaissance du fleuve et de ses aménagements, c'est bien à l'État, au travers de ces deux services, le SNRS et la DIREN, qu'il appartient d'en vérifier la pertinence et la conformité réglementaire et de rechercher le cas échéant avec le concessionnaire les améliorations qui s'avèreraient nécessaires. Ce dialogue ne peut bien sûr fonctionner que sur la base d'une totale transparence des informations nécessaires.

! En pratique, il s'agit, dans ce domaine de l'entretien ainsi qu'il en a été dit du domaine de la connaissance des crues, de mettre en œuvre le principe de « contradiction positive » entre le concédant et ses services d'une part, et le concessionnaire d'autre part, garant aux yeux de la mission d'une gestion efficace du fleuve.

! La mission considère aussi comme très importante la définition, par l'État, d'un programme d'entretien – au sens bon écoulement de l'eau – des tronçons du Grand Rhône et du Petit Rhône qui ne relèvent pas de la concession⁸⁶.

⁸⁵ Mission sur les inondations du Rhône – Programme de travail - Note de cadrage – Propositions de l'équipe technique. DIREN Rhône-Alpes – juin 2003.

⁸⁶ Ou qui ne relèvent que du seul volet « entretien du chenal de navigation », ainsi qu'il en est du Grand Rhône en aval du PK 300.

Sans qu'elle soit en mesure d'en apporter la preuve, elle est cependant persuadée, au vu de son propre retour d'expérience « terrain », que les atterrissements déposés dans le Grand Rhône entre le PK 300 et la mer constituent un facteur d'aggravation des inondations amont.

! Enfin, il convient aussi de renforcer la communication en direction des riverains et de leurs élus, tant de la part de l'État (ce qui est prévu par les fiches B3 et A9 du projet de programme proposé par la mission Rhône) que du concessionnaire, et de multiplier les efforts pour mieux expliquer le « pourquoi » des actions d'entretien qui sont conduites. À cet égard, une information concertée, État/CNR, sur tous les volets relatifs au fleuve et aux interventions qu'on y réalise serait du plus haut intérêt.

La mission a pu constater l'effort notable⁸⁷ entrepris par la CNR dans ce sens, notamment après la crue de décembre 2003, sous forme d'explications détaillées en direction du public sur son site internet, puis au deuxième trimestre 2004 de la diffusion d'une plaquette déjà évoquée intitulée « Décembre 2003, une crue historique » qui traite de la gestion des crues et de tous les aspects de l'action du concessionnaire⁸⁸.

⁸⁷ La CNR s'est souvent vu reprocher dans le passé l'insuffisance de ses efforts d'explication de ses interventions sur le Rhône auprès des élus et des riverains.

⁸⁸ Et qui, accessoirement, revient modestement sur l'effet d'annonce qui a suivi immédiatement l'épisode de décembre 2003.

VIII – ELEMENTS D'ORGANISATION ET DE FINANCEMENT

La mission a abordé précédemment les points relatifs aux évolutions souhaitables des structures de gestion des digues. Les acteurs du fleuve ont compris les enjeux et ils s'organisent pour assurer une meilleure efficacité de la stratégie de réduction du risque inondation.

Deux points relatifs respectivement à la réaffirmation d'une autorité et à l'inscription dans la durée des financements de la stratégie méritent d'être développés.

VIII-1 LA REAFFIRMATION D'UNE AUTORITE

Cette requête lui a été formulée à de si nombreuses reprises que la mission se doit d'en faire un rappel bref.

« *L'État n'exerce plus son autorité sur le fleuve !* » ;

« *Il est plus que jamais nécessaire qu'une reprise en mains ait lieu !* » ;

« *Il faut y voir plus clair dans les rôles et répartitions de responsabilité des différents services !* » ;

« *Que l'État dise, et nous, on se débrouillera pour faire !* »...

Telles sont en effet quelques unes des observations formulées par nombre d'élus rencontrés par la mission et qui confirment bien que la problématique « crues » de ce grand fleuve notamment⁸⁹, est tout autant « une affaire d'État » que « l'affaire de l'État ».

! Les enjeux sont tels que les grands choix de stratégie qui devront être opérés : l'augmentation de la débitance du lit majeur du fleuve dans les ségonaux, l'allocation d'espaces dédiés à l'expansion des crues, l'aléa de référence, les dispositions de constructibilité et leurs restrictions, la stratégie de protection des lieux densément peuplés... ne peuvent être faits qu'à un niveau qui transcende le niveau local et par l'autorité supérieure de l'État.

Cette autorité est incarnée par le préfet de la région Rhône-Alpes, préfet du Rhône, préfet coordonnateur du bassin Rhône-Méditerranée, « *chargé d'une mission interrégionale de coordination de la réparation des digues du Rhône et de ses affluents et d'élaboration et de mise en œuvre d'une stratégie globale de prévention des inondations du Rhône et de ses affluents* », selon les termes de l'arrêté du Premier ministre en date du 21 janvier 2004.

! Il serait opportun que le préfet de bassin désigne auprès de lui un haut fonctionnaire chef de service chargé de l'assister pour la mise en œuvre de la stratégie de réduction du risque inondation du Rhône, en particulier dans son volet coordination de tous les services déconcentrés impliqués dans cette stratégie.

Celui-ci doit pouvoir s'appuyer en particulier sur la DIREN de bassin, tâche qui, se rajoutant à celles de l'amélioration de la connaissance (cf. chapitre II) et de l'aide à la stratégie (cf. chapitre VI), nécessite une augmentation de ses moyens.

⁸⁹ Non exclusive des autres bien entendu.

Une des 1^{ères} tâches à réaliser est la révision des parties de l'étude globale évoquées dans le chapitre II et mises en défaut par l'analyse de recadrage hydrologique et historique faite par le GAES. Il est nécessaire en effet de bien réaliser que l'événement qui s'est produit en décembre 2003 n'est pas rare, et que des événements comme ceux de 1840 ou 1856, s'ils se produisaient actuellement, engendreraient des dommages d'une toute autre ampleur !

! Enfin, et ceci fait, l'appropriation de cette étude nécessitera d'en faire une synthèse particulièrement soignée.

VIII-2 LA MOBILISATION DE LA SOLIDARITE FINANCIERE

L'évolution de la maîtrise d'ouvrages en cours va dans le sens du regroupement et de l'extension à d'autres partenaires, ainsi qu'on l'a exposé.

En particulier, l'intégration des collectivités territoriales « de grand gabarit » comme les départements et les régions dans ces structures est une garantie de « permanence » des financements dont elles auront besoin.

Dans le cas du SYMADREM notamment, le budget « ordinaire » de fonctionnement, sur lequel repose la surveillance et l'entretien constant des digues, gage de leur tenue, nécessite d'être garanti dans sa durée, notamment par l'adhésion du département des Bouches-du-Rhône et de la Région PACA.

C'est par des dispositions de ce type, associant dans le syndicat maître d'ouvrage des collectivités d'étendue supérieure à la commune, qu'une certaine pérennité des moyens financiers nécessaires, en particulier lorsqu'ils relèvent du budget de fonctionnement⁹⁰, peut être assurée. Et il est souhaitable que ces dispositions soient étendues à toutes les formes de regroupements qui s'opéreront à l'avenir.

Par ailleurs, il ne faut pas perdre de vue une source de dépenses supplémentaires qu'introduit la loi du 30 juillet 2003 relative à la prévention des risques technologiques et naturels et à la réparation des dommages. Son article 61 prévoit en effet d'aider les « sur-inondés », c'est-à-dire ceux à qui on demandera de recevoir plus d'eau qu'ils n'en reçoivent, en parfaite cohérence avec les termes de la stratégie globale ci-avant évoquée.

Enfin, il est nécessaire de rappeler que le contexte rhôdanien est marqué, d'une manière générale, par une forte inégalité des riverains du fleuve face à l'inondation : ceux qui, « à l'abri » des digues de la CNR⁹¹, sont moins vulnérables que ceux qui, au contraire, installés en arrière d'ouvrages syndicaux ou communaux en piteux état, vivent dans une sorte de « terreur météorologique » permanente. C'est un important élément de la solidarité à considérer.

C'est pourquoi il pourrait être jugé que dans des problématiques de ce type, aussi impliquantes spatialement, sociologiquement et économiquement, une certaine forme de solidarité financière **directe** unisse tous les acteurs autour de l'enjeu commun et fort de leur protection maximum contre l'aléa de la crue, même si le produit financier provenant d'une telle mobilisation serait loin de couvrir l'ensemble des dépenses.

⁹⁰ À chaud en effet, le financement des travaux d'urgence ne pose le plus souvent pas de gros problèmes de bouclage (cf. notamment l'annexe 11 à titre d'illustration), même s'ils peuvent poser de gros problèmes de bien-fondé technique et de procédure de contrôle.

⁹¹ Du moins est-il permis de l'espérer !

La mission se place cependant au plan du principe, d'ailleurs inscrit dans le code rural dont l'article L 151-36 stipule de « *faire participer aux dépenses de premier établissement, d'entretien et d'exploitation des ouvrages les personnes qui ont rendu les travaux nécessaires ou qui y trouvent intérêt* ».

L'article L 211-7 du code de l'environnement en décrit les modalités pratiques en stipulant que les structures de maîtrise d'ouvrage constituées pour entreprendre l'étude, l'exécution et l'exploitation de tous travaux, actions, ouvrages ou installations présentant un caractère général ou d'urgence sont habilitées à utiliser les dispositions de l'article sus-visé du code rural⁹².

La mission cite ici l'un des membres du GAES, Erik Mosselmann⁹³ : « **Impliquer tous les bénéficiaires dans la sélection des solutions. Écouter tous, faire payer tous** » !

! La mission suggère de mettre en pratique un principe de solidarité financière de tous les riverains du fleuve unis dans le même effort de protection contre ses crues.

Si l'assiette de la perception peut être assez clairement définie – en clair, la superficie occupée par toute forme d'installation humaine, habitation ou zone d'activité, dans le lit majeur du fleuve⁹⁴ – des dispositions sont à arrêter pour en moduler la valeur en fonction du niveau de protection « garanti ».

La démarche entreprise dans le cadre de l'application de la circulaire du 6 août 2003 permettra peut-être de préciser le terme pondérateur de l'assiette en tout endroit du lit majeur. Cette modulation peut être arrêtée en particulier en fonction du zonage des PSS évoqué plus loin.

La contribution des riverains serait versée au profit des syndicats gestionnaires d'ouvrages de protection contre les crues. Compte tenu de son impact sur le régime des eaux⁹⁵, tant en termes de réduction des surfaces primitivement inondables qu'au travers de variables hydrauliques autre que la seule cote de l'eau, la mission suggère que la CNR reverse solidairement à ces mêmes structures le produit de la contribution que la loi l'autoriserait à percevoir.

⁹² Ce bénéfice est en outre étendu aux concessionnaires, « *fondés à percevoir le prix des participations prévues à l'article L. 151-36 du code rural* ».

⁹³ E. Mosselmann, expert en Génie Civil à l'Université de Delft, membre du GAES, est un citoyen néerlandais.

⁹⁴ L'activité agricole est exclue.

⁹⁵ « Plus d'eau, plus vite, plus bas », telle est l'une des caractéristiques de l'aménagement du fleuve, du fait de la fonction « drain » que cet aménagement exerce dans la plaine inondable. La non-modification du régime des eaux ne se résume pas au seul respect de la cote de l'eau. Elle met aussi en jeu sa vitesse et son débit notamment.

IX – L'URBANISATION DERRIERE LES DIGUES

IX-1 LA SITUATION ACTUELLE

IX-1-1 La réglementation existante et quelques réflexions qu'elle suggère

Les documents réglementant le risque « inondation » et ses liens avec l'urbanisme sont de plusieurs natures dans la vallée du Rhône.

- ∞ **Plans des Zones Submersibles (PZS)**, prévus par la loi du 28 mai 1858, et approuvés sur le Rhône par décret du 3 septembre 1911 : basés sur la crue de 1856, leur objectif était de réglementer la construction des digues.
- ∞ **Plans des Surfaces Submersibles (PSS)**, institués par le décret-loi du 30 octobre 1935 : leur objectif était « *d'assurer le libre écoulement des eaux et la conservation des champs d'inondation* », en instaurant un régime de déclaration pour la quasi-totalité des utilisations du sol en zone inondable.
- ∞ **Plans de Prévention des Risques (PPR)**, instaurés par la loi du 2 février 1995 relative au renforcement de la protection de l'environnement.

L'annexe 12 retrace l'historique de ces différents documents, la cartographie ci-après en détaille la mise en œuvre et le paragraphe qui suit, dresse un bilan quantitatif de la situation sur le Grand delta.

On rappelle que la loi du 22 juillet 1987 modifiée par la loi précitée du 2 février 1995 dispose que les PSS valent PPR et abroge les textes relatifs aux PSS. Pour la mission toutefois, cette disposition, qui n'avait qu'un objectif de mesure transitoire, ne peut servir d'alibi pour ne pas élaborer de PPR, les deux documents n'ayant pas du tout la même portée.

Sur les PSS, qui constituent une servitude d'utilité publique pour la conservation des écoulements, apparaissent notamment :

- ∞ **la limite de la plus forte des crues historiques connues au moment de leur élaboration,**
- ∞ la limite entre la zone A, dite de grand débit, et la zone B, dite complémentaire,
- ∞ jusqu'à la zone d'influence du PZS, la limite de la zone C, dite de sécurité, qui fut inondée dans le passé, notamment par les crues historiques de 1840 et 1856, mais dorénavant « protégée », notamment du fait des aménagements de la CNR, sans qu'on sache trop toutefois pour les autres zones cartographiées contre quel aléa elles sont protégées.

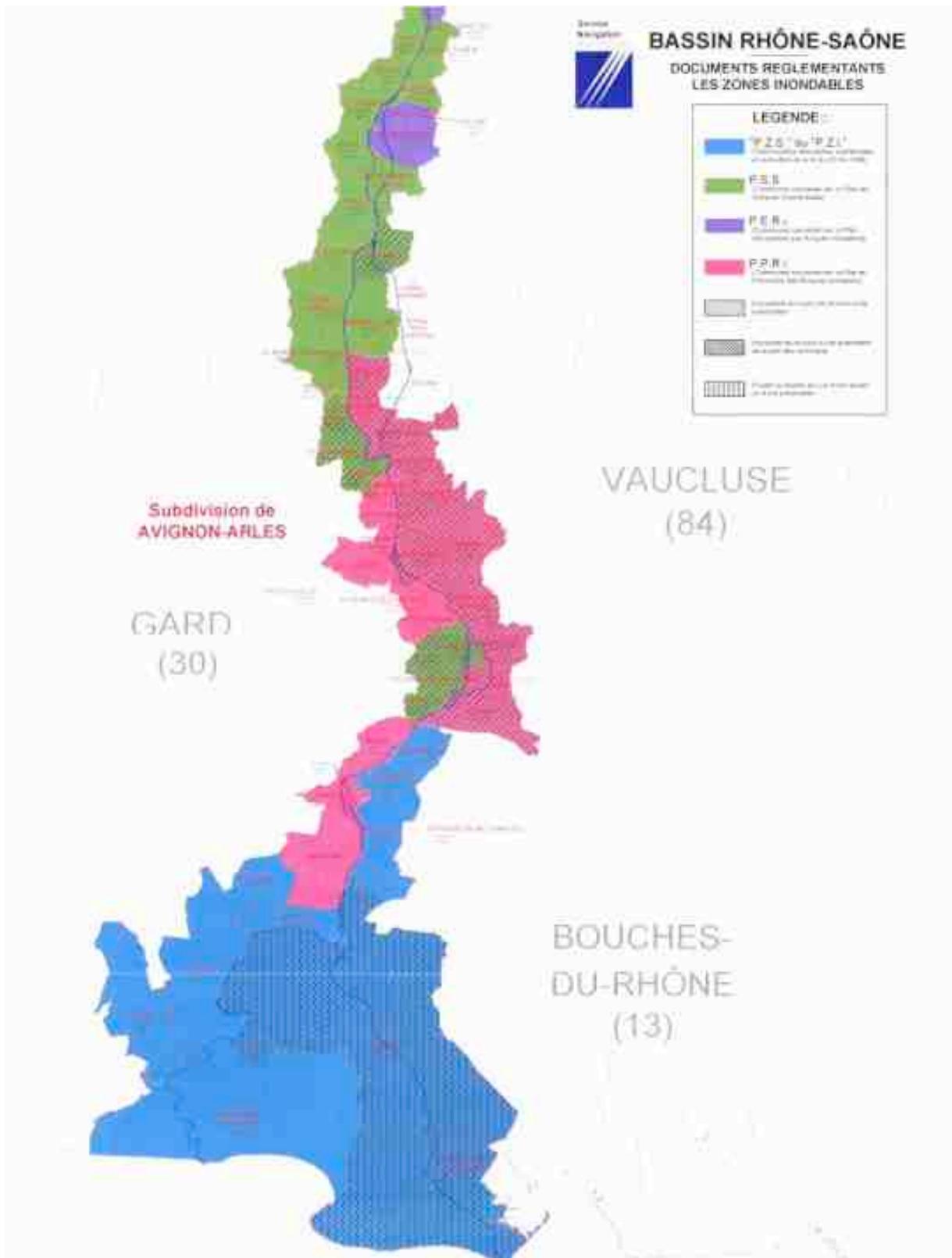
La mission a relevé que :

. le secteur du Rhône en aval de la confluence avec la Durance n'est couvert que par le PZS. Or, ce document a été abrogé par le décret-loi du 30 octobre 1935 ce qui en rend la valeur juridique douteuse. Comme rien ne l'a remplacé, c'est pourtant le document auxquels se réfèrent les services – le SNRS notamment, qui l'utilise de la même manière que les PSS – dans les secteurs où la pression foncière est très forte.

. les PSS ont été élaborés sur toute la zone de compétence du SNRS à l'exception des communes des Bouches-du-Rhône et du Gard à l'aval des Angles.

. le nombre de communes qui disposent d'un PPR approuvé est faible.

! Une grande hétérogénéité est donc la règle actuelle. Elle nuit fortement à la cohérence et à la lisibilité de l'action de l'État dans un domaine très sensible.



La maîtrise de l'urbanisation en zone inondable a par ailleurs fait l'objet de nombreuses circulaires, ci-après résumées pour celles d'entre elles qui s'appliquent au Rhône :

- 24 janvier 1994, fondamentale, relative à la prévention des inondations et à la gestion des zones inondables,
- 2 février 1994, relative à la cartographie des zones inondables,
- 16 août 1994, relative à la prévention du risque d'inondation,
- 24 avril 1996, relative aux dispositions applicables au bâti et aux ouvrages existant en zone inondable,
- 30 avril 2002, relative à la politique de l'État en matière de prévention des risques naturels prévisibles et de gestion des espaces situés derrière les digues de protection contre les inondations et les submersions marines,
- 21 janvier 2004, relative à la maîtrise de l'urbanisme et l'adaptation des constructions en zone inondable. Elle a été adressée aux seuls 9 préfets des départements du sud-est de la France concernés par les crues catastrophiques de 1988, 1992, 1996, 1999, septembre 2002 et décembre 2003.

La plupart des circulaires visées préconisent de faire application des dispositions de l'article R.111-2 du code de l'urbanisme pour s'opposer à des demandes d'utilisation du sol, et dans le cas où la décision serait de la compétence communale, d'utiliser ces dispositions à l'appui d'un recours dans le cadre du contrôle de légalité.

Or, cet article fait partie des dispositions dites « permissives » du code de l'urbanisme, sur lesquelles le juge exerce un contrôle différent suivant que l'autorisation est refusée (contrôle normal/approfondi) ou accordée (contrôle restreint limité à l'erreur manifeste d'appréciation). Dans le cas d'un déféré, le contrôle sera donc toujours restreint et limité à l'erreur manifeste d'appréciation. Autrement dit, en l'absence d'éléments indiscutables, le déféré sera rejeté (il y a eu des exemples dans le Vaucluse et actuellement dans les Bouches-du-Rhône).

! Force a été de constater, à l'occasion en particulier des inondations catastrophiques sus-évoquées et des retours d'expérience qui ont suivi, que l'urbanisation en zone inondable n'a pas été maîtrisée, en particulier dans les communes où le risque est très élevé, Arles, Tarascon, où Beaucaire par exemple.

Les rapports précités, et en particulier celui sur les crues du Gard de septembre 2002, l'avaient déjà souligné, le Grand delta n'échappe pas à la règle, une différence résidant toutefois dans l'hétérogénéité des documents de référence à la disposition des services.

En complément, il paraît nécessaire d'insister sur un certain nombre de points.

∞ Les textes sont interprétés différemment dans chaque département, mais toujours cependant dans le sens de la permissivité.

! La mission insiste par conséquent, dans la continuité de celles qui l'ont précédé, pour qu'une politique unique de gestion du risque inondation se mette en place « rapidement » dans le Grand delta. L'assise en est l'élaboration de PPRi cohérents entre eux et contenant des prescriptions précises⁹⁶. Le préfet de bassin doit prendre les dispositions en ce sens.

⁹⁶ Ces plans doivent faire l'objet d'une grande vigilance dans le respect effectif des règles qu'ils instituent.

IX-1-2 La situation des départements au regard des différents documents

∞ **département des Bouches du Rhône** : 13 communes représentant environ 95000 habitants, dont 60000 en zones inondables, couvertes par le PZS de 1911.

Sur les communes d'Arles et Port Saint-Louis du Rhône, l'État a prescrit des PPR qui n'ont pas abouti à ce jour.

∞ **département du Gard** : 30 communes au total représentant environ 130000 habitants dont 20000 situés en zone inondable. Les 16 situées à l'aval des Angles sont couvertes par le PZS de 1911, mais certaines de ces communes (Aramon, Vallabrègues, Comps, Beaucaire,...) sont couvertes par des PPRi approuvés le 28 décembre 2001).

Les 14 communes amont du Gard étaient couvertes par le PSS approuvé en 1982, mais 7 d'entre-elles sont désormais couvertes par des PPRi approuvés le 10 mars 2000.

∞ **département du Vaucluse** : sur les 12 communes riveraines du Rhône, représentant environ 40000 habitants en zone inondable, 10 étaient couvertes par un PPRi approuvé le 20 janvier 2000. Depuis le 7 mai 2002, le PPRi a été mis en révision, en intégrant les 2 communes de Mornas et Piolenc.

∞ **département de l'Ardèche** : 36 communes, dont 4 pas encore couvertes par des documents d'urbanisme, représentant environ 24500 habitants en zone inondable. Sur les 32 communes disposant d'un document, 31 ont un POS et 1 une carte communale approuvée. Il n'y a pas de PPRi approuvé, les PSS approuvés ayant valeur de PPR comme dit ci-dessus. Tous les POS approuvés prennent en compte les PSS.

∞ **département de la Drôme** : 5 communes seulement ont été concernées par les crues de 2003, elles sont toutes couvertes par un POS/PLU. Deux PERi (valant PPRi) sont approuvés sur Ancône et Montélimar, un PPRi est en cours sur Donzère et Étoile-sur-Rhône. Les autres communes sont simplement couvertes par le PSS. Seules des parties urbanisées très limitées de ces communes sont situées en zones inondables, ces communes ayant des possibilités de développement en dehors de ces zones.

S'agissant de l'analyse qualitative du contenu des PPR, la mission renvoie au rapport de retour d'expérience sur les crues de septembre 2002 évoqué au chapitre II ci-dessus qui, sans être de portée générale sur tout le Grand delta, n'en constitue pas moins une « photo » intéressante et encore d'actualité. Il y a de très gros progrès à faire dans la formulation des prescriptions.

IX-1-3 L'application des règles d'urbanisme

La plupart des communes sont dotées de POS/PLU, et sont donc compétentes pour délivrer les actes d'urbanisme, quelques-unes (notamment les villes) assurant elles-mêmes l'instruction de ces actes.

Ainsi l'État n'intervient-il dans les Bouches-du-Rhône dans les principales communes riveraines du Rhône (Arles et Tarascon essentiellement) qu'au titre du contrôle de légalité.

En 1995, les cinq DDE du Grand delta, en liaison avec le SNRS, ont élaboré une « doctrine Rhône », dans le but d'harmoniser les pratiques et traiter de manière homogène les actes d'urbanisme. Début 2004, la DDE du seul département de l'Ardèche connaissait encore cette doctrine et l'appliquait, les autres départements prenant cependant en compte tout ou partie de

ces règles dans les POS/PLU. Les règles utilisées par cette DDE (peu différentes dans les autres départements) sont les suivantes :

En zone A dite de grand débit, les constructions sont refusées.

En zone B, les constructions ne peuvent être autorisées que pour des hauteurs d'eau de moins de 1m, et à condition de positionner le plancher à une cote supérieure à la crue de référence.

Pour les zones C qui ne sont pas situées immédiatement derrière les digues, la constructibilité des terrains est examinée comme dans la zone B.

! La mission a bien relevé que ces classes d'aléas sont antérieures à celles préconisées dans le guide méthodologique de 1999 relatif aux PPRi, et que des adaptations seront sans doute nécessaires. Elle rappelle que la tâche prioritaire des services reste l'élaboration de ces PPRi à l'échelle du Grand delta notamment.

Toutefois, tenant compte de la lourdeur de cette tâche et des délais nécessités pour son accomplissement, la mission considère que la doctrine préalablement élaborée par les services peut servir de document de référence pour la période transitoire⁹⁷, en y intégrant notamment les dispositions de la circulaire du 21 janvier 2004.

C'est précisément l'exercice auquel ont commencé à se livrer les deux départements de l'Ardèche et de la Drôme avec le SNRS, le contenu de la réflexion conjointe étant donné en annexe 13.

Une difficulté à signaler provient de la procédure elle-même, et de l'harmonisation inter-services. En effet, l'avis du SNRS, systématiquement requis par la DDE, se rapporte toutefois au seul point relatif au libre écoulement de l'eau et au maintien du champ d'écoulement.

Ceci ne pose pas de réelle difficulté lorsque le service instructeur est la DDE, qui en fait l'utilisation qu'il juge utile, le préfet émettant en fin de compte l'avis unique de l'État.

! La situation est beaucoup plus délicate lorsque la commune instruit elle-même les demandes, et ne retient, des divers avis émis par l'État, que celui qui lui est favorable. C'est une des raisons (mais non la seule) des contentieux analysés ci-après.

Le préfet du Gard a donc été amené à adresser aux maires du département deux lettres circulaires :

- la première du 28 novembre 2002, après les crues des Gardons, du Vidourle et de la Cèze des 8 et 9 septembre, a précisé les possibilités restrictives de construire ou reconstruire dans les centres anciens ou en zones d'extension urbaine. Le préfet insiste sur la nécessité de trouver des terrains constructibles dans un cadre intercommunal hors des zones à risques et rappelle que toute construction nouvelle doit être interdite si la hauteur d'eau a dépassé 0,50 mètre,
- la seconde lettre circulaire du 17 juillet 2003 traite de l'urbanisation dans les zones endiguées soumises à risque d'inondation et préconise de limiter les constructions nouvelles, d'interdire les constructions les plus sensibles et de rechercher la mise en œuvre de prescriptions réduisant la vulnérabilité des habitations (niveau refuge, transparence des clôtures, adaptation des matériaux, etc...).

Ces lettres précisent aux élus les interdictions et les dispositions constructives, qu'il conviendrait de prendre en compte dans les autres départements.

⁹⁷ Harmoniser une doctrine pré-existante est l'affaire d'une année. Élaborer des PPRi homogènes à l'échelle de chaque commune du Grand delta s'inscrit dans un délai de l'ordre de la décennie.

IX-1-4 Les contentieux

À l'exception du département des Bouches-du-Rhône, les services ont assez peu de contentieux à traiter en zones inondables, sans doute parce que, à l'exception des Bouches-du-Rhône, l'instruction est assurée par les services de l'État. La Drôme signale l'existence d'un seul contentieux, ainsi que l'Ardèche (un seul dossier en 4 ans).

Dans le Vaucluse, sur les deux dernières années, cinq dossiers de constructions illégales en zone inondable du Rhône ont fait l'objet de contentieux. Un seul dossier a été jugé. Il s'agit de la construction à Lapalud d'un restaurant de 240 m² ; le tribunal a condamné l'intéressé à 1000 ! d'amende et à la démolition dans un délai de 3 mois assortie d'une astreinte de 50 ! par jour de retard. À ce jour, la démolition n'a toujours pas été faite, ce qui est regrettable. La mission s'interroge également sur le paiement des astreintes.

! Par contre dans le département des Bouches-du-Rhône, ou toutes les communes importantes instruisent elles mêmes les actes d'urbanisme, il a été détecté lors du contrôle de légalité, un nombre important de constructions illégales en zones inondables.

C'est ainsi que pour les seules communes d'Arles et de Tarascon, **73 recours ont été formulés** contre des permis délivrés par les maires. La plupart des jugements sont en cours⁹⁸. Ce nombre élevé ne s'explique pas seulement par l'absence de document précis sur les risques (le seul document existant étant le PZS de 1911), mais essentiellement par l'application par l'État de la circulaire du 30 août 2002, en rupture avec les exceptions prévues dans des POS approuvés avant cette date.

On relève la fragilité juridique de la position – courageuse – des services de l'État, s'appuyant sur une circulaire dont la non-application ne peut être opposée aux collectivités. Et ceci vient en appui si besoin en est à la confection de PPR, dont les dispositions, elles, leur sont imposées.

Toutefois, il existe des principes de droit incontournables en matière de risques qui engagent la responsabilité du maire en matière de sécurité de ses administrés et dont la portée va bien au-delà des circulaires : ce dernier ne peut les ignorer, et ils fondent des jugements allant dans le même sens dès lors que la réalité du risque est prouvée.

IX-2 D'AUTRES PROBLEMES RENCONTRES ET DES PROPOSITIONS

Les problèmes rencontrés par les services de l'État, mais aussi par les collectivités qui instruisent elles-mêmes leurs actes d'urbanisme sont multiples.

IX-2-1 Les règles d'urbanisme et les PSS/PZS

Les services chargés de l'instruction des actes d'urbanisme (aussi bien les services des DDE que des collectivités locales) sollicitent l'avis du service chargé de la police des eaux (le SNRS) pour toutes les demandes situées dans les zones inondables.

Or, ce dernier dit rencontrer de multiples difficultés :

⁹⁸ Les premiers jugements rendus, notamment à Tarascon, ont été favorables à l'administration.

Les documents (PSS et PZS) qu'il utilise sont inadaptés au regard des objectifs de maîtrise de l'urbanisation. C'est d'ailleurs pourquoi la réglementation a changé depuis une dizaine d'années, sans trouver encore d'application généralisée sur le Grand delta.

On l'a dit, les avis du SNRS portent uniquement sur le libre écoulement de l'eau et la préservation des champs d'inondation : ils n'intègrent donc pas les notions prioritaires pour l'État d'aléa et de vulnérabilité. C'est un point de faiblesse important, déjà signalé, notamment dans les situations où les communes instruisent elles-mêmes les demandes.

IX-2-2 L'insuffisance de PPRi

On a dressé précédemment un état des PPRi approuvés des communes riveraines du Rhône. Les quelques PPRi prescrits (comme Arles en 2000) ne sont pas encore terminés. Pour leur élaboration, les services ont privilégié les affluents avant le Rhône lui-même, considérant que, pour ce dernier, les PSS suffisaient pour réglementer l'urbanisation.

! Comme il est impossible de couvrir en même temps toutes les communes de PPRi, les préfets doivent définir un ordre de priorité. La mission suggère pour cela de retenir les critères suivants :

- **existence du seul document PZS,**
- **importance de la pression foncière.**

Les services compétents doivent se donner les moyens pour disposer à un horizon rapproché de PPRi sur toutes les communes sans exception. La réalisation des PPRi est de la compétence des services en charge de l'urbanisme, c'est-à-dire des DDE sous l'autorité des préfets de département. S'il est loisible pour ces derniers d'en désigner un autre, cela suppose néanmoins de la part du service désigné d'en avoir la compétence, les moyens techniques et de pouvoir contrôler l'application de ces documents.

Au plan du principe, il est préférable d'en rester au schéma classique où la DDE a la responsabilité de l'élaboration des PPRi, le service compétent en matière d'hydraulique apportant au service compétent en matière d'urbanisme l'appui technique qui lui manque.

IX-2-3 La définition de l'aléa de référence

Les raisons invoquées devant la mission pour expliquer le retard constaté dans l'élaboration des PPRi ont été de deux ordres principaux :

- les moyens financiers nécessaires à la réalisation des études (cf. la remarque ci-dessus)
- l'obligation de définir au préalable l'aléa de référence.

Cette dernière raison mérite quelques développements :

∞ si la fixation d'un aléa **unique** sur le Rhône pose question, l'application de la circulaire DPPR du 24 juillet 1994 n'en pose pas⁹⁹. Il s'agit de prendre **l'enveloppe géométrique des limites des plus hautes eaux connues**, car il est peu probable qu'un même épisode de crue ait eu les mêmes caractéristiques sur tout le bassin. Il ne s'agit

⁹⁹ « La crue de référence à prendre en considération **est la crue historique la plus haute connue** si elle est au moins d'occurrence centennale, à défaut une crue calculée d'occurrence centennale ».

donc pas de reconstituer « la crue centennale », ainsi que la mission l'a entendu à de nombreuses reprises.

∞ les exercices de modélisation de lignes d'eau n'ont de sens, sur un tronçon, qu'en fonction de la valeur des données d'entrée : « *Les aménagements contemporains du fleuve ont tout modifié* », a-t-on souvent entendu dire. Or, ils n'ont aucune incidence sur les débits de pointe des crues¹⁰⁰, d'autant moins d'ailleurs que les volumes engendrés sont importants, et que, comme cela est très probable sur une grande partie du linéaire du fleuve, la cote de l'aléa de référence est supérieure à celle de la crête actuelle des digues syndicales.

Dès lors, les différents exercices de définition de lignes d'eau entrepris depuis plusieurs années par différents services et organismes pour des propos différents – on en donne un exemple en annexe 14 – n'ont fait qu'embrouiller, et surtout retarder les choses, lorsqu'il s'est agi de définir cette notion.

Les résultats de l'étude commandée à Denis Cœur dans le cadre du GAES et de ses travaux¹⁰¹ et intégrée dans le tome II, sont clairs : dans l'état actuel des connaissances historiques, **la crue de 1856¹⁰² est la crue de référence sur le Bas-Rhône.**

La mission estime que cette proposition doit être retenue pour ce secteur. La prise en compte des aménagements du Rhône là où ils ont profondément modifié les profils ne nécessite pas de grosses études : connaissance de la cote de 1856, des profils en long et en travers, évaluation sommaire du débit de cette crue, reconstitution de la hauteur d'eau,...

Il s'agit aussi, et parallèlement, de faire les recherches évoquées dans le chapitre II sur les crues historiques antérieures. Il est en effet de la responsabilité de l'État de connaître ces crues, et de dire pourquoi, si leurs débits sont supérieurs à ceux de 1840 et/ou 1856, on ne les retient pas¹⁰³.

! La fixation de l'aléa de référence est une responsabilité de l'État. La mission estime nécessaire que les discussions pour la détermination de sa valeur fassent l'objet de procès-verbaux officiels, et que sa fixation définitive par tronçon soit arrêtée par le préfet de bassin.

IX-2-4 La mise en conformité des documents d'urbanisme

Lorsqu'il sera élaboré, le PPRi devra être annexé au PLU, le contrôle de légalité se préoccupant de le vérifier. Le maire ne pourra donc pas en méconnaître l'existence ni le contenu, engageant de ce fait, par sa décision, sa propre responsabilité. Cela sera un autre bénéfice tiré du PPRi.

Cela permettra aussi de lever des difficultés à l'heure actuelle rencontrées et signalées à la mission, de contradiction entre les POS et les PSS sur la constructibilité. Les DDE

¹⁰⁰ Cf. ci-dessus chapitre II et annexe GAES.

¹⁰¹ Financée par la direction de l'Eau du MEDD.

¹⁰² L'une des rares, sinon la seule, à avoir fait l'objet de relevés exhaustifs et précis de cotes.

¹⁰³ Cela a été le cas de la Seine à Paris, où une crue survenue au 17^{ème} siècle a été plus importante que la crue de 1910, pourtant retenue car la différence des cotes (de l'ordre de 20 cm) ne modifiait pas sensiblement la vulnérabilité et parce que 1910 était mieux documentée.

rencontrées expriment toutes le souhait que des éléments de doctrine leur soient fournis par les services centraux sur ce point.

IX-2-5 L'inadaptation des habitats

Les services indiquent qu'un grand nombre des habitations inondées étaient inadaptées aux crues : parfois présence de sous-sols, pas de plancher au-dessus des crues, compteurs électriques noyés, etc... Il semble que pendant de nombreuses années, on ait oublié que la vallée du Rhône était inondable, mais les crues des dix dernières années ont brutalement rappelé cette évidence à des habitants – surtout les derniers arrivés – qui n'y étaient absolument pas préparés.

Dans les courriers que le préfet du Gard a adressés aux maires du département en novembre 2002 et en juillet 2003, il est rappelé la politique de l'État, mais aussi un certain nombre des règles à appliquer pour la sécurité des biens et des personnes, et précisant les limitations à l'urbanisation.

! Une démarche volontaire est à entreprendre par les maires auprès de leurs administrés pour la réduction de la vulnérabilité des habitations situées en zone inondable et non conformes aux prescriptions de sécurité. L'État peut aider à rendre cette démarche efficace, en appui au maire, via l'information et l'émission-diffusion de fiches techniques ad hoc.

IX-2-6 L'articulation DDE/SNRS

La mission a signalé ci-dessus un certain nombre de points de friction entre ces deux services, notamment sur la pratique de l'instruction des demandes de permis de construire et autres actes d'urbanisme, liés à la nature même – et à la faiblesse – des documents de référence disponibles, les PSS et le PZS.

Parce que les PSS – qui « valent » juridiquement PPR, disposition malheureuse de la loi qui est à l'origine des problèmes rencontrés par la « légalisation » de documents inappropriés – ne contiennent pas de règlement, le SNRS a établi des consignes internes concernant la production des avis sollicités par les services instructeurs (DDE dans 4 départements du Grand delta et communes dans le département des Bouches-du-Rhône).

Ces consignes, formalisées dans une note de procédure interne du directeur du service de la navigation en date du 14 octobre 2002 actualisant une instruction précédente, balaient les différents cas de figure rencontrés, et fournissent des modèles-type d'avis à tous les services instructeurs.

Concernant le Rhône en aval de la Durance où seul existe un PZS, cette note a été complétée d'un nouvel avis-type qui a été porté à la connaissance des DDE du Gard et des Bouches-du-Rhône par courrier du 20 octobre 2003.

Ces avis se limitent à des considérations sur le libre écoulement de l'eau et sur la préservation des champs d'inondation, ce qui n'est qu'un élément de l'appréciation à porter, les services instructeurs ayant besoin d'information sur la nature et l'importance des risques encourus.

Lorsque les communes instruisent elles-mêmes les actes d'urbanisme (principalement cas des Bouches-du-Rhône), elles prennent de l'avis du SNRS la partie qu'elles jugent favorable pour elles. Mais cela contribue à mettre en difficulté la DDE qui exerce en arrière-main le contrôle de légalité des documents d'urbanisme. C'est une des sources du contentieux existant dans ce département, ainsi qu'on l'a dit plus haut.

! La mission demande que les avis du SNRS intègrent dorénavant la notion de risque, après que les questions de doctrine aient été préalablement précisées entre les différents services.

! En particulier, les services respectifs SNRS et DDE se concerteront préalablement pour interpréter les documents PSS et PZS, et valider les données utilisées ensuite dans la procédure d'instruction des actes d'urbanisme.

Lorsque le service instructeur est la DDE (cas des 4 autres départements), l'opportunité existe de ne pas porter la chose sur la place publique, mais ça ne règle pas au fond le problème susceptible d'exister entre les services respectifs, DDE et SNRS.

Une fois encore, la possibilité de recourir aux dispositions d'un PPRi sera de nature à régler ce problème, et la question est posée, comme ci-avant, du règlement de la situation transitoire.

IX-2-7 La protection des zones à concentrations de population ou d'activités

Un certain nombre d'agglomérations importantes situées dans des zones inondables se sont progressivement étendues dans ces mêmes zones inondables en toute connaissance de cause : habitats collectifs (Arles, Avignon), équipements hospitaliers (Avignon), publics (prison et centre de secours d'Arles) ou industriels (papeteries de Tarascon),... sans que pour autant les dispositifs de protection correspondants se soient renforcés.

La vulnérabilité a fortement augmenté en conséquence de cette situation. Ceci pose des problèmes très difficiles de règlement en cas de survenue d'une crue, on a pu le voir en décembre 2003 au travers de l'exemple de la prison d'Arles et de son évacuation, source d'un risque d'une autre nature. Que se passerait-il, si la zone de la Courtine, où se trouvent à la fois la gare TGV et le Centre hospitalier d'Avignon, était soumise à un aléa concomitant Rhône-Durance ?

Il faut rappeler qu'à l'heure actuelle, ces concentrations récentes de population ou d'activités bénéficient d'un niveau de protection en tout état de cause inférieur à celui dont disposent les concentrations de population ou d'activités moins récentes situées en arrière des digues de la CNR.

À l'évidence, des études de protection contre les crues et de diminution de la vulnérabilité des personnes et des biens sont à conduire dans les zones les plus sensibles. Dans les centres historiques anciens, les interdictions de construire ne sont pas systématiques, en particulier dans les « dents creuses » d'urbanisation. Une mission a été sollicitée par le MEDD en 2004 sur le thème de l'urbanisation derrière les digues de protection contre les crues. Elle précisera les éventuels ajustements de la réglementation à envisager.

! En tout état de cause, la mission considère qu'il n'est pas possible de continuer à construire au même rythme et dans les mêmes conditions que lors de la décennie écoulée.

! La mission estime qu'on ne peut tout interdire, mais qu'il faudra opérer des choix difficiles mais inévitables d'allocation et de vocation des territoires, allant jusqu'à interdire toutes constructions nouvelles dans certaines des communes ou parties de communes les plus exposées. Ces choix d'allocation et de vocation de l'espace ne pourront être pris qu'à un niveau indiscuté d'autorité.

X – CONCLUSIONS DE LA MISSION

La mission exprime comme suit les éléments déterminants qu'elle a retirés de son analyse, et qui lui paraissent constituer les lignes de force de la stratégie de réduction du risque d'inondation sur l'axe fluvial rhodanien, notamment au niveau du Grand delta, son secteur d'études. Ces conclusions sont volontairement globales et synthétiques ; les développements du rapport en détaillent les termes pour les différents thèmes qu'elles recouvrent et la mission y renvoie.

L'affirmation d'une autorité, impartiale et reconnue, s'exprimant avec force sur l'axe fluvial et ses affluents, est la condition sine qua non de la réussite de la stratégie : elle est attendue de tous, et pour tous, elle est incarnée par le préfet de bassin.

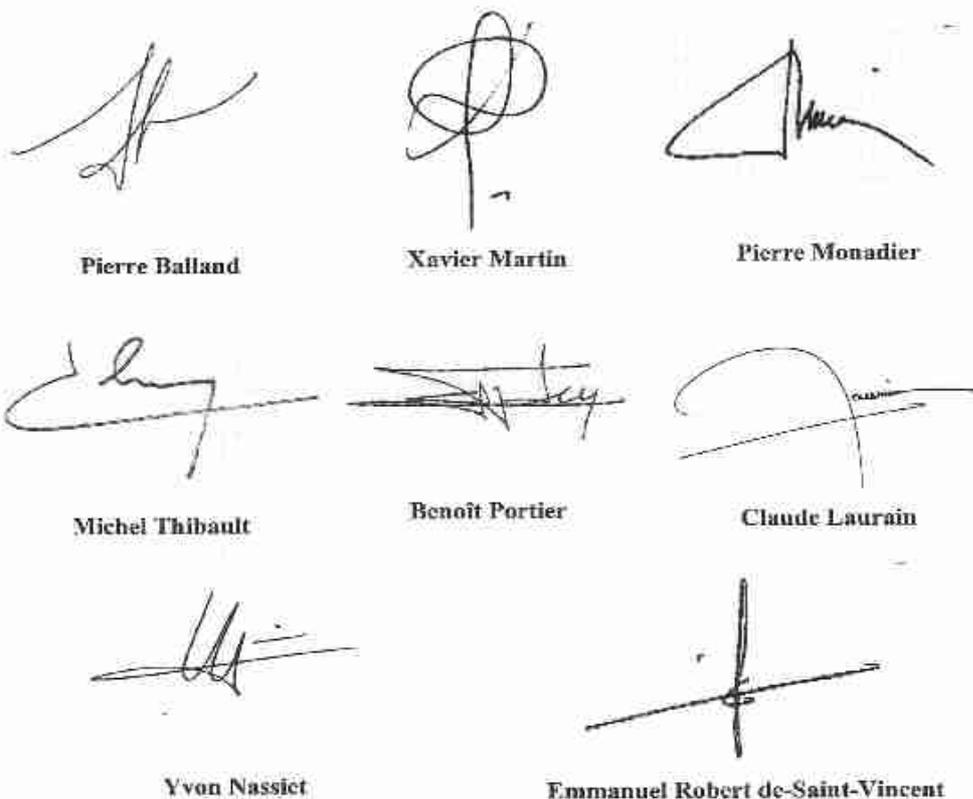
Ses missions seront notamment les suivantes :

- ! **Mettre en pratique une véritable « contradiction positive »** en face de, et avec, la CNR, pour tout ce qui concerne **la connaissance des débits du fleuve**, notamment en crue, de façon à assurer le maximum de fiabilité scientifique, en temps quasi réel, aux données d'aléa.
- ! **Valider un aléa de référence par tronçon** repris dans les PPRi, et s'appuyant sur un événement historique documenté par tronçon. Organiser la communication autour de l'aléa de référence.
- ! **Définir par tronçon de l'axe fluvial les niveaux de débit déversant vers des zones d'accueil dont la vulnérabilité aura été diminuée autant que faire se peut.**
- ! **Élaborer les PPRi manquants selon un ordre de priorité mettant en avant les zones les plus vulnérables.** S'assurer que ces PPRi prendront en compte les espaces dédiés à l'accueil des débits déversants, à l'intérieur desquels toute urbanisation ou construction sera interdite.
- ! **S'appuyer en attendant sur une doctrine concertée, appliquée de manière cohérente et rigoureuse dans l'ensemble des départements.**
- ! **Ne pas rejeter systématiquement les constructions dans les dents creuses des centres urbains concentrés.** Faire en sorte que les dispositions constructives des PPRi prennent en compte l'inondation comme événement certain.
- ! **Assurer la sécurité des sites à enjeu humain ou culturel prédominant.**
- ! **Améliorer la débitance des lits mineurs et majeurs sollicités prioritairement : ségonaux, couloir de Saint-Gilles, vieux Rhône de la grande Camargue,...**
- ! **Définir sur tout le développé de l'axe fluvial, parties concédée et non concédée, et en collaboration avec le concessionnaire CNR, un programme d'entretien** par tronçon en vue d'assurer le meilleur écoulement des eaux. Transcrire ces dispositions dans un arrêté police de l'eau.

- ! **Favoriser les regroupements à une échelle territoriale appropriée des gestionnaires d'ouvrages**, de protection sensu stricto mais aussi à vocation principale autre, et les assister pour l'élaboration des consignes de gestion à suivre en crue.
- ! **Mettre en place le principe de solidarité financière inscrit dans la loi sur l'eau**, appliqué aux formes d'occupation du lit majeur par l'urbanisation et les zones d'activité, industrielle et commerciale, et versé au bénéfice des gestionnaires d'ouvrage ainsi regroupés.

Les conditions de la réussite de cette stratégie sont notamment :

- ! **Le respect d'une « discipline d'axe »** de la part de tous les acteurs, c'est-à-dire la reprise et l'application à tous les niveaux – bassin, région, département – des termes de la stratégie globale de réduction du risque inondation qui les concernent.
- ! **La désignation par le préfet de bassin d'un haut fonctionnaire chef de service chargé de mettre en œuvre la stratégie de réduction du risque inondation sur le Rhône** et notamment de cordonner l'action de tous les services de l'État qui y sont impliqués. Ceci signifie l'allocation des moyens nécessaires à la DIREN de bassin et au SNRS pour mettre en œuvre ses instructions.
- ! **La relance de l'activité de police de l'eau en rapport avec les enjeux** et l'allocation des moyens nécessaires aux services en ayant la charge pour cela.



ANNEXES

Annexe 1 : lettre de mission

Annexe 2 : type de contacts et liste des personnalités rencontrées

Annexe 3 : bibliographie du chapitre IV

Annexe 4 : caractéristiques des digues syndicales et communales du Bas-Rhône

Annexe 5 : gestion des digues syndicales et communales du Bas-Rhône

Annexe 6 : coupe-type des digues SYMADREM restaurées

Annexe 7 : organigramme du Service de la navigation Rhône-Saône

Annexe 8 : organigramme de la subdivision Avignon-Arles du SNRS

Annexe 9 : bibliographie du chapitre VII

Annexe 10 : « les sinistrés du Rhône rassemblent leurs forces »

Annexe 11 : « la Région débloque 7,5 M ! pour les digues du Gard »

Annexe 12 : historique de la réglementation de protection

Annexe 13 : projet de doctrine applicable aux secteurs susceptibles d'être inondés

Annexe 14 : exemple de lignes d'eau définies sur le bief de Caderousse

Annexe 1 : Lettre de mission



Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

MINISTÈRE DE L'ÉCOLOGIE ET DU DÉVELOPPEMENT DURABLE

La Ministre

Paris, le 18 DEC. 2003

La ministre de l'écologie et du développement durable

à

**Monsieur le chef de l'inspection générale de l'environnement,
Monsieur le vice-président du conseil général des ponts et chaussées,
Monsieur le vice-président du conseil général du génie rural et des eaux et forêts.**

Objet : sécurité des digues du delta du Rhône et politique de constructibilité derrière les digues

Les derniers événements hydro-météorologiques du Sud-Est de la France ont montré la vulnérabilité du delta du Rhône. Je vous saurais donc gré de bien vouloir diligenter une mission d'étude sur ce thème.

J'attends de cette mission conjointe qu'elle me fasse des propositions dans les domaines suivants :

- l'intervention de l'Etat sur les digues dont il est responsable. L'analyse devra permettre d'évaluer les conditions d'intervention des services et établissements publics (RFF) de l'Etat et de formuler les propositions d'amélioration de son organisation en la matière ;

- la maîtrise d'ouvrage et l'intervention des collectivités locales. Les collectivités locales assurent, par le truchement de syndicats, la gestion d'une grande part des ouvrages du delta du Rhône. L'analyse de leur maîtrise d'ouvrage devra permettre de formuler des propositions destinées à en améliorer la structuration et l'efficacité, alors qu'elle semble encore trop souvent éclatée entre de nombreuses collectivités publiques et associations syndicales agricoles. Le financement actuel des maîtres d'ouvrage, ainsi que ses évolutions possibles, fera l'objet d'une analyse, notamment en ce qui concerne les mécanismes de mise à la charge des propriétaires privés si le maître d'ouvrage s'étant substitué le souhaite. Vous étudierez de plus le phénomène des digues dites « orphelines », c'est-à-dire dont on ignore le nom du propriétaire ;

- contrôle de la sécurité des ouvrages. La circulaire du 6 août 2003 définit les conditions de contrôle, dans le cadre de la police de l'eau, des digues susceptibles d'intéresser la sécurité publique. La mission formulera les propositions de nature à faciliter le travail des préfets en la matière et accélérer la mise en œuvre de cette circulaire. En particulier, les questions des moyens humains à la disposition des services pour l'exercice de cette mission et de l'appui technique à leur apporter seront examinées. La mission m'éclairera sur les mesures à prendre pour harmoniser le traitement des risques entre les différents maîtres d'ouvrage lorsque cela s'avère nécessaire ;

- la restauration des zones d'expansion des crues, et notamment l'élargissement de la distance des digues d'une rive à l'autre, permettant de recréer, lorsque nécessaire, un lit majeur. L'épisode d'inondation que vient de connaître le Rhône et la rupture de digues en certains endroits remarquables tend à prouver que la capacité d'expansion du Rhône a été minorée lors d'aménagements précédents. Vous examinerez l'utilité de travaux d'aménagement des digues (déversoirs ou élargissement des distances séparant les digues se situant sur les rives opposées) permettant de rétablir cette capacité d'expansion au profit des zones urbanisées ;

- construction derrière les digues. La maîtrise de l'urbanisation des zones inondables est un des facteurs essentiels de la réduction des dommages. Les dispositions actuellement en vigueur (PPR, circulaire du 30 avril 2002) sont appliquées de manière hétérogène sur le territoire. La mission analysera l'application de ces textes sur le grand delta du Rhône et formulera les propositions de nature à en améliorer la mise en œuvre.

Le rapport devra m'être remis à la fin du mois d'avril 2004.



Roselyne BACHELOT-NARQUIN

Annexe 2 : Type de contacts et liste des personnalités rencontrées

I – Réunions plénières des 30 janvier, 16 février et 20 juillet 2004

Présidence : M le préfet Lacroix, préfet de la Région Rhône-Alpes, préfet du Rhône, préfet coordonnateur du bassin Rhône-Méditerranée et Corse, et M Henri Torre, président du Comité de bassin Rhône-Méditerranée et Corse.

M Pascal Berteaud, directeur de l'Eau, était présent aux réunions des 30 janvier et 16 février en Avignon.

II – Réunions de travail en préfectures, présidées par le préfet et avec les services concernés, DIREN, SNRS, DDE, DDAF

- " 23 février 2004 : département des Bouches-du-Rhône – M Berthier, secrétaire général, en remplacement de M le préfet Christian Frémont
- " 5 mars 2004 : département du Gard – M le préfet Hugues
- " 23 mars 2004 : département de Vaucluse – M le préfet Paul Girot de Langlade
- " 1^{er} avril 2004 : département de la Drôme – M le préfet Christian de Charrière

III – Contacts particuliers

M le préfet de bassin Lacroix, en présence de MM Buschaert, secrétaire général, et Serge Alexis, directeur de la DIREN de bassin

Élus et leurs collaborateurs

MM Hervé Schiavetti, maire d'Arles et Jean-Luc Masson, adjoint au maire

MM Gilles Dumas, maire de Fourques, président du syndicat des digues de Beaucaire à Sylvéréal, et Fater, directeur du syndicat

MM Jean Reynaud, maire de Tarascon et Bernard Quilici, directeur du cabinet du maire

Mme Mireille Cellier, maire de Beaucaire, Mme Nicole Bernavon et MM Edmond Blanc et Dérieux, adjoints au maire

M Roland Chassain, maire des Saintes-Maries-de-la-Mer

MM Pascal Terrasse, député de l'Ardèche, ancien président de l'EPTB Territoire Rhône, et Philippe Weber, directeur de l'EPTB Territoire Rhône

SYMADREM

M Alain-Pierre Romac, directeur général

CNR

MM Michel Margnes, président du Directoire, Luc Levasseur, chef du pôle fluvial, et ses collaborateurs, Éric Doutriaux, et Tratapel, collaborateurs du pôle fluvial, et Jacques Odouard, directeur régional à Avignon

Service de la Navigation Rhône-Saône

MM Pierre Calfas, chef du service, Yves Picoche, adjoint, Bernard Solente, Michel Pulicani, Ludovic Chambon, Nicolas Hardouin, MM Laurent Mion, chef de la subdivision d'Avignon-Arles et Marc Bourdier, adjoint

DIREN Rhône-Alpes, DIREN de bassin RMC

M Serge Alexis, directeur, Mmes Anne-Marie Levrault, directrice adjointe, et Sylvie Valentin, chef de l'équipe Rhône

DIREN PACA

Mmes Anne-France Didier, directrice, et Anne Réocreux, chef du SEMA, MM Jacques de Saint-Seine, adjoint, Laurent Michels, unité risques naturels, et Michel Bacou, information risques

MM Jean-Marie Gleize, chef de service données, et Carnino-Bidart, chef de l'unité administration de données, Mme Martine Pichou, chef de projet Natura 2000

DIREN Languedoc-Roussillon

MM Alain Vallette-Viallard, directeur adjoint, Xavier Eudes, chef du SEMA, Roland Claudet, chef de l'unité hydrométrie-hydrologie et Olivier Braud

DRIRE Rhône-Alpes

MM Marc Caffet, directeur, et Gérard Veyre, adjoint au chef de la division du contrôle de l'électricité

DRIRE PACA

MM Puget et Pauchon, division Énergie électrique

DRAF PACA

M Denis Baudequin, adjoint au directeur

DDE

MM Paul Serre, directeur départemental délégué des Bouches-du-Rhône, et Jean Jenin, chef du service aménagement à la DDE

M Bernard Duru, directeur départemental délégué du Gard, et Jean-Louis Villeneuve, chef du service aménagement

MM Alain Journeaux, directeur départemental de l'équipement de Vaucluse, et Gilles Gal, adjoint

MM Daniel Pfeiffer, directeur départemental délégué de l'Ardèche, Christophe Descatoire, adjoint, et Marc Demulsant, chef du service de l'urbanisme à la DDE

M Hubert Goetz, directeur département délégué de la Drôme

DDAF

MM Roland Commandré, directeur départemental du Gard, chef de DISE, et Jean-François Curci, adjoint

MM Bernard Germain, directeur départemental des Bouches-du-Rhône, Olivier Alexandre, chef du service d'Arles, et Mme Rita Berli, responsable du SIG

Ministère de l'Intérieur

M Jérôme Béquignon, secrétaire général de la charte catastrophes naturelles

SERTIT (Observation de la terre)

MM Hervé Yésou et Bernard Allenbach

Mission Risques naturels

M Roland Nussbaum

CEMAGREF

MM Paul Royet, chef de division, Pascal Mériaux et Tourment, ingénieurs

HYDRATEC

M Benoît Cortier, ingénieur

Ingénieur-conseil

M Louis Borel, Arles

IV – Manifestations particulières

"L'action publique face aux risques" – Colloque 200 ans du CGPC – Atelier 2 "Digues et inondations" – ENTPE Vaulx-en-Velin – 23 septembre 2004

Annexe 3 : Bibliographie du chapitre IV

1. Mission interministérielle sur les inondations de la vallée du Rhône en aval de Lyon d'octobre 1993 et de janvier 1994
Première partie : inondations en Camargue
Rapport au ministre de l'environnement
CGPC – MISE – Affaire n° 94-002 – 25 avril 1994
2. Mission interministérielle sur les inondations de la vallée du Rhône en aval de Lyon d'octobre 1993 et de janvier 1994
Rapport de synthèse
CGPC – MISE – Affaire n° 94-002 – mai 1994
3. Avis de la 4^{ème} section « affaires économiques » et de la 5^{ème} section « affaires d'aménagement et d'environnement » du Conseil général des ponts et chaussées sur le rapport de la mission interministérielle relatif aux inondations de la vallée du Rhône en aval de Lyon d'octobre 1993 et de janvier 1994
CGPC - Affaire n° 94-002 – 1^{er} mars 1995
4. Rapport sur la gestion de l'eau en Camargue – La protection contre les inondations
Pierre BALLAND (IGGREF), Claude LEFROU (IGPC) et Michel CONRUYT (ICPC)
CGPC – MISE – Affaire n° 1998- 0250-01-A – 3 mai 1999
5. Rapport sur la gestion de l'eau en Camargue – La gestion courante de l'eau dans l'île
Pierre BALLAND (IGGREF), Claude LEFROU (IGPC) et Michel CONRUYT (ICPC), avec présentation de Jean-Claude SUZANNE (coordonnateur de la MISE)
CGPC – MISE – Affaire n° 1998- 0250-01-B – 27 septembre 1999
6. Étude globale pour une stratégie de réduction des risques dus aux crues du Rhône
Propositions préalables à la définition d'une stratégie globale de réduction des risques dus aux crues du Rhône
Document d'orientation pour le comité de coordination de l'étude du 16 décembre 2002
HYDRATEC – novembre 2002
7. Retour d'expérience des crues de septembre 2002 dans les départements du Gard, de l'Hérault, du Vaucluse, des Bouches-du-Rhône de l'Ardèche et de la Drôme
Rapport consolidé après phase contradictoire IGE – CGPC – CGGREF – IGA mai 2003
8. Mission sur les inondations du Rhône
Programme de travail - Note de cadrage – Propositions de l'équipe technique
DIREN Rhône-Alpes – juin 2003
9. Étude globale pour une stratégie de réduction des risques dus aux crues du Rhône
Propagation des crues et risques d'inondation dans le delta du Rhône
Synthèse de première étape
EPTB Territoire Rhône – décembre 2001
10. Étude globale pour une stratégie de réduction des risques dus aux crues du Rhône
Perspectives de restauration du bilan sédimentaire du Rhône
Propositions pour la conduite de la troisième étape du volet transport solide
EPTB Territoire Rhône – Benoît Cortier/ATMO – 19 février 2002
11. Étude globale pour une stratégie de réduction des risques dus aux crues du Rhône
Modélisation hydraulique hors delta

Notice – Diagnostic hydraulique de la situation actuelle
CNR – Direction de l'Ingénierie Technique – Département Hydraulique/Hydrologie
Document DIT – HY 02-0302 – avril 2002

12. Étude globale pour une stratégie de réduction des risques dus aux crues du Rhône
Modélisation hydraulique du delta – Définition du scénario 3 de 4^{ème} étape
EPTB Territoire Rhône – ATMO – 18 octobre 2002

13. Cahier des charges spécial de Vallabrègues et aménagement complémentaire du Palier d'Arles, en date du 1^{er} juillet 1970

14. Procédure P042 du 1^{er} juin 2003
Contrôle et surveillance des ouvrages principaux de génie civil
Compagnie Nationale du Rhône

15. Décret n° 2003-513 du 16 juin 2003 approuvant le huitième avenant à la convention de concession générale passée le 20 décembre 1933 entre l'État et la Compagnie nationale du Rhône et modifiant le décret n° 96-1058 du 2 décembre 1996 relatif à la délivrance des titres d'occupation du domaine public de l'État

16. Description des ruptures de digues consécutives aux crues de décembre 2003, dans les départements des Bouches-du-Rhône, du Gard et de l'Hérault
Document provisoire
CETE Méditerranée – CEMAGREF – mars 2004

Annexe 5 : Gestion des digues syndicales et communales du Bas-Rhône

Seuls sont indiqués dans ce tableau les gestionnaires portant un réel intérêt à leurs ouvrages.

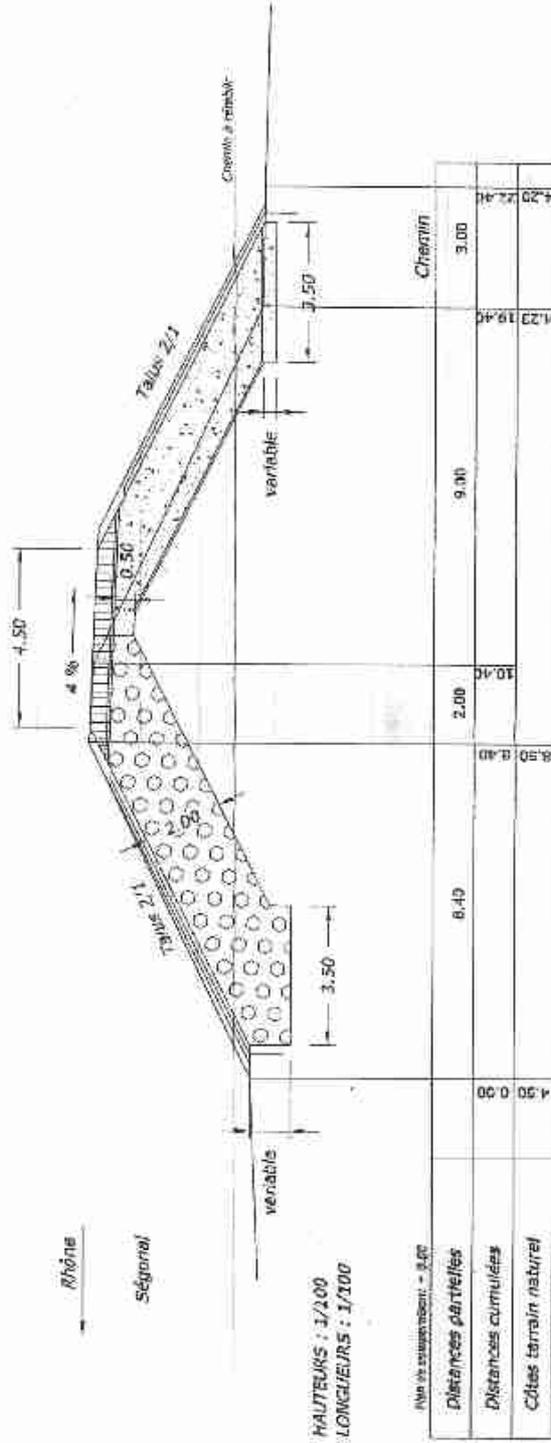
Gestionnaires	Ouvrages		Conditions de gestion
	Désignation	Longueur (km)	
Syndicat de Cholet Syndicat de Chastagon (ASA de l'Etoile-sur-Rhône-Cholet)	Digue de Cholet Digue de Chastagnon	1,000 <u>2,200</u> 3,200	Ont repris intérêt à leurs ouvrages après les crues de 1993-1994 Ne disposent que de peu ou pas du tout de moyens Situation confuse ou conflictuelle avec la commune d'Etoile
SIAGAR	Digue de la Surelle Digue de Frémigière-Faïne Digue du Radelier Digue de Longeviale Digue de Gravière	2,500 2,500 1,100 1,625 <u>1,675</u> 9,400	Manquait, jusqu'à 2003, de ressources financières pour entamer un programme de restauration des ouvrages. Ce programme va enfin démarrer concrètement avant fin 2004. Moyens logistiques fournis par la commune de Pierrelatte
Commune de Viviers	Digue Saint-Michel	1,000	Digue entretenue et réparations effectuées après les crues par la commune de Viviers qui a remplacé l'ancien syndicat de gestion
Syndicat intercommunal de St-Just et St-Marcel	Digues de St-Just et St-Marcel d'Ardèche	1,970	Intérêt certain Moyens logistiques assurés par la commune de St-Just
Syndicat intercommunal des digues de Lapalud,-Lamotte-Mondragon	Digue de Faïne Digue du Crochet Digue de Mesurade Digue d'Ileroi Digue de Lauzon Digue de Balincourt Digue de Gagne Pain Digue de Gagne Pain à Lamiat	0,600 0,900 1,500 1,000 5,335 2,029 2,325 <u>2,450</u> 16,139	Intérêt certain Moyens logistiques assurés par la commune de Lamotte
Commune de Caderousse	Mur-digue de Caderousse	1,700	Intérêt certain Moyens communaux
Syndicat des digues et fossés de la Barthelasse	Digues de la Barthelasse	8,500	Intérêt certain Peu de moyens

Gestionnaires	Ouvrages		Conditions de gestion
	Désignation	Longueur	
Ville d'Avignon	Digue des Jardins Neufs – CD 225 (partie aval)	3,800	Intérêt certain Moyens communaux
	Digue du Pontet – CD 225 (partie amont)	0,825	
	Digue de l'île de Piot	0,740	
	Remparts d'Avignon	2,000	
	Digue de la Petite Hôtesse	<u>0,500</u>	
		7,865	
Commune de Codolet	Digue de Codolet	3,250	La commune a toujours veillé à l'entretien et à la réparation de ses digues. Travaux de confortement effectués en 2003-2004
Commune de Comps	Digue de Comps	1,500	Intérêt évident, surtout depuis les inondations catastrophiques de 2002 et 2003 Travaux de confortement et rehaussement prévus avant la fin 2004
Commune de Beaucaire	Digue Banquette	1,000	Intérêt certain pour les digues protégeant la ville et la nouvelle digue des Marguillers (submergée très fortement en 12.2003)
	Digue des Marguillers	0,220	
	Digue de la Vierge	<u>0,248</u>	
		1,468	
Commune d'Aramon	Digue d'Aramon	2,150	Digue ayant cédé en 09.2002 Intérêt pour cette digue entièrement refaite évident en raison de l'ampleur de la catastrophe
	Digue d'Aramon Ouest	<u>1,550</u>	
		3,700	
Syndicat des Chaussées de Tarascon	Digue de la Montagnette	4,500	Intérêt certain Digue entretenue Dispose d'un salarié garde-digue
Longueur totale		64,192	

Annexe 6 : Coupe-type des digues SYMADREM restaurées

DIGUES DU GRAND RHONE ET DU PETIT RHONE PROFIL EN TRAVERS TYPE GENERAL

Annexe n° III.A. Coupe-type des digues SYMADREM restaurées



- | | |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> _____ Géotextile _____ Géotextile drainant _____ Grillage anti-fouisseur _____ Digue existante _____ Talus dérivatif | <ul style="list-style-type: none"> _____ Déblais _____ Matériau 0/0.5 larg: 3.50m minimum _____ Matériau argileux 0/0.5 ep: 2.00m minimum _____ G.N. 1/0/150 ep: 0.50 m |
|--|---|

Annexe 9 : Bibliographie du chapitre VII

- Décret n° 2003-513 du 16 juin 2003 approuvant le huitième avenant à la convention de concession générale passée le 20 décembre 1933 entre l'État et la Compagnie Nationale du Rhône et modifiant le décret n° 96-1058 du 2 décembre 1996 relatif à la délivrance des titres d'occupation du domaine public de l'État, et état des modifications apportées au cahier des charges de la Compagnie Nationale du Rhône approuvé par les décrets du 7 octobre 1968 et du 15 mai 1981.
- Cahiers des charges spéciaux (article 16) des aménagements de : Donzère-Mondragon, Caderousse, Avignon, Vallabrègues et aménagement complémentaire du Palier d'Arles.
- Étude du transport solide – Synthèse de 1^{ère} étape. HYDRATEC-SOGRÉAH-MINÉA – février 2001, contribution à l'étude globale pour une stratégie de réduction des risques dus aux crues du Rhône.
- Mission sur les inondations du Rhône
Programme de travail - Note de cadrage – Propositions de l'équipe technique
DIREN Rhône-Alpes – juin 2003.
- Note de synthèse sur l'encadrement technique et juridique des curages du Rhône (note à l'attention de Monsieur le Préfet coordonnateur de bassin- DRIRE Rhône-Alpes – 13 mars 2003).
- Récapitulatif des dragages d'entretien sur l'ensemble des chutes (Évolution 1987-2002)- Document CNR, non daté.
- Fiche métier « autorisations administratives » : Dragages d'entretien. Document CNR, 28 novembre 2002.
- Fiche CNR : « La scarification profonde, exemple des atterrissements en amont et en aval du pont routier de Bourg-Saint-Andéol ». Fiche technique réalisée par la CNR, non datée (éléments techniques et photographies des atterrissements et de leur évolution).
- Dossier « Décembre 2003, une crue historique » – CNR 18 mars 2004.
- Dossier « Bief de Beauchastel : Vieux Rhône de Bourg-les-Valence, retenue de Beauchastel – ÉTAT DE RÉFÉRENCE TECHNICO-ADMINISTRATIF POUR L'ENTRETIEN DU LIT DU RHÔNE » (projet en cours de discussion avec les services de l'État, version adressée à la DRIRE le 1^{er} décembre 2003, transmis par la CNR à la mission le 21 avril 2004).

MIDI LIBRE : 18 AVRIL 2004

INONDATIONS Depuis décembre, une pétition circule des deux côtés du fleuve

Les sinistrés du Rhône rassemblent leurs forces

Une action en justice va être lancée. En ligne de mire, la CNR et l'Etat

■ Passés la colère et l'abattement, ces sentiments mêlés de lassitude et d'abandon qui taraudent les esprits, les sinistrés des inondations du Rhône commencent à sérieusement relever la tête. Individuellement, ou par le biais d'une myriade d'associations des deux côtés du fleuve, dont certaines ne vont voir le jour que prochainement, le temps pour leurs initiateurs de déposer les statuts.

En clair, ça rue sérieusement dans les brancards, alors que le temps passe comme le Rhône s'écoule. Déjà, dès le mois de décembre, Dominique Quéval, une sinistrée de la plaine de Caderousse, a, « dans un moment de rage, dans ma chambre (inondée par 1,50 m d'eau », rédigé une pétition "des gens de la vallée du Rhône" adressée au président de la République. Une pétition qui, en l'espace de quatre mois, a recueilli pas moins de cinq mille signatures !

► Rédigée « dans un moment de rage »

► Confédération des riverains du Rhône : 6 500 familles

► « Maintenant, l'eau c'est la mort ! »

► Tribunaux saisis courant mai

Mais se battre seule est une épreuve, reconnaît-elle. Aussi ne peut-elle voir que d'un bon œil le renfort de la Confédération des riverains du Rhône, née il y a une dizaine d'années, et qui regroupe tout de même six mille cinq cents familles.

Tout ce "petit monde" s'est retrouvé jeudi soir, à Caderousse, pour faire le point

sur le dossier "inondations". Dans un rassemblement très ocuménique, alors que jusqu'ici, on n'a pu assister qu'à une juxtaposition d'intérêts très divers au hasard de chaque commune. Et à l'image du Rhône en décembre dernier, le flot grossissant du mécontentement ne va pas tarder à gronder. Mais cette fois, non plus sur les estrades des salles polyvalentes encore humides d'eau boueuse, mais dans les prétoires des tribunaux.

Chacun s'accorde à clamer, après une, deux, trois, voire quatre inondations pour les plus malchanceux, que ça suffit. René Piaulat, le président de la Confédération des riverains du Rhône ne décolère pas : « Avant, l'eau c'était la vie. Maintenant, c'est la mort ! » déplore-t-il, résumant l'avis général. « Il y aura toujours des inondations, mais il ne faut plus qu'elles



Le vénérable fleuve a subi, outre le travail du temps, un subtil modelage des hommes...

se produisent dans de telles conditions ».

Et tandis que les feuilles blanches continuent leur petit bonhomme de chemin, se noircissant patiemment des milliers de paraphe de signataires excédés, les avocats commencent à montrer le bout du nez. A Caderousse, les quelque trois cents personnes représentant des associations gardoises, drômoises, vauclusiennes et buccarhodaniennes ont fait bien des découvertes.

A commencer par un exposé du fonctionnement du Rhône et de ses affluents au cours des âges. Car le vénérable fleuve a subi, outre le travail du temps, un subtil modelage des hommes. Ce qui, tout naturellement, conduit les uns et les autres à s'interroger sur le comportement des intervenants sur le Rhône et de leurs autorités de tutelle. Comprenez la CNR (Compagnie nationale du Rhône), producteur d'électricité, et l'Etat.

Voilà donc saisi, par les soins de Dominique Quéval, un cabinet d'avocats parisiens (1), spécialisé en droit immobilier, droit de l'urbanisme et droit de l'environ-

Au moins cinq mille signatures recueillies

nement. « Nous sommes pressentis pour représenter les intérêts de 6 500 familles », indique Me Brane, l'un des avocats. « Pour l'heure, on étudie le dossier juridique et le coût financier. Il faudra collecter les preuves et les données de toutes les familles (titres de propriété, prix d'acquisition...) ».

Partant du principe que l'union fait la force et que plus nombreux seront les plaignants, plus la répartition des frais engagés sera grande, les sinistrés et associations de sinistrés sont invités à grossir les rangs des plaignants. « Seules les procédures juridiques feront bouger les choses et les politiques », insiste l'avocat, qui recommande une mobilisation forte pour faire avancer le dossier. On devrait en savoir plus assez rapidement. L'homme de loi indique, avec son associé, vouloir saisir les tribunaux de Lyon courant mai prochain. ■

Fred GAUTIER

► Cabinet d'avocats Olivier Brane et Jean-Claude Dervaux, 32 rue de la Boétie 75008 Paris. Site internet : www.brane-avocat.com. Email : brane.avo@wanadoo.fr

Annexe 11 : « la Région débloque 7,5 M ! pour les digues du Gard »

Le Midi Libre : 16 mai 2004

INONDATIONS

Une rallonge de 3,5 millions d'euros aux 4 millions déjà votés

La Région débloque 7,5 M€ pour les digues du Gard

Frêche dit en finir avec l'atomisation des subventions à la mode Blanc

■ « Pour ma première sortie officielle, j'ai tenu, symboliquement, à venir à Fourques pour annoncer que la Région attaque désormais aux grands problèmes. Fini l'atomisation des subventions de la précédente équipe ! »

Le ton est donné... Georges Frêche, à l'issue d'une réunion de travail en mairie de Fourques, avec Gilles Dumas, maire de la commune gardoise et président du syndicat intercommunal des digues du Rhône, ainsi que Damien Alary, vice-président du conseil régional et président du conseil général du Gard, a ainsi annoncé que la Région allait débloquer une rallonge de 3,5 M€ aux

travaux avaient déjà été faits après la crue de 1994. Sans quoi... » souligne Gilles Dumas.

La deuxième tranche, entre Grandcabanne et l'écluse de Saint-Gilles coûtera aussi 2 M€. Les travaux devraient débiter à l'automne.

Enfin, la dernière tranche, (4 M€) de l'écluse de Sylvéréal, ne démarra que début 2005.

C'est pour financer à 100 % ces deux dernières tranches que Georges Frêche a décidé cette rallonge de 3,5 M€. « Avec cette somme, les travaux de réparation des digues du Petit Rhône, - soit 6 M€ - sont totalement pris en charge par la Région. Et il reste 1,5 M€ pour sécuriser le secteur de Laudun-L'Ardoise. »

A noter que les digues sont réparées, confortées mais également rehaussées (de 60 à 80 cm) afin que les Gardois bénéficient d'une protection équivalente à celle des habitants des Bouches-du-Rhône.

En effet, la gestion du Rhône est actuellement assurée par deux syndicats différents de chaque côté du fleuve. Un principe qui est appelé à disparaître. « Michel Vauzelle, président de Paca est d'accord pour qu'on mette en place un syndicat unique. C'est Damien Alary qui sera chargé de négocier ça. C'est lui désor-



La digue de Fourques, très endommagée par la crue de décembre.

En Camargue, des digues rehaussées

mais qui va gérer le problème du Rhône ». Pour ce syndicat unique, Georges Frêche verrait bien une présidence tournante entre les deux régions.

A plus long terme, une gestion unique du Rhône, devra s'organiser, de la Suisse à la Méditerranée : « Une structure regroupant Paca, Languedoc-Roussillon et Rhône-Alpes, pilotée par l'Etat ».

Enfin, Georges Frêche voit aussi une action à mener au niveau de l'Europe, sous la forme d'une « association avec les riverains des différents fleuves (Pô, Rhin, Danube, etc.) pour mener une action de lobbying ».

« Pouvoir contenir une crue au-delà de 11 500 m³/s sera le grand défi à relever » a conclu Gilles Dumas. ■

Catherine MILLE

Damien Alary : « Le paquet est mis »

Le président du conseil général du Gard, meurtri après les inondations, tient à assumer pleinement la gestion de la prévention des risques.

● **Midi Libre** : Pour sa première sortie, Georges Frêche est dans le Gard.

► **Damien Alary** : J'en suis ravi personnellement, mais aussi pour le département et les ministres des inondations. Le paquet est mis : 2 M€ ont déjà été débloqués par la Région pour la première tranche, directement auprès du syndicat des digues qui a fait les appels d'offres pour cela. Le financement de la 2e tranche - 2M€ supplémentaires - passera, si la loi le permet, par le biais du conseil général du Gard. Mais, ce n'est pas sûr. Enfin, pour la 3e tranche - 2 M€ - en plus - nous allons créer une structure nouvelle.

● **Vous allez négocier avec Paca pour cela ?**

► J'ai été chargé de rencontrer Michel Vauzelle mais aussi le président des Bouches-du-Rhône. Il s'agit de créer un syndicat pour le petit delta. Ensuite, nous associerons la région Rhône-Alpes afin de faire émerger une structure inter-régionale, présidée par l'Etat.

● **Vous avez, avec Frêche, une vision européenne de cette gestion ?**

► Effectivement, nous allons travailler à la création d'une institution européenne en associant tous les pays traversés par un grand fleuve : de l'Ebre au Pô, en passant par le Danube ou le Rhin. Nous organiserons, avant la fin de l'année un rassemblement pour réfléchir en commun à la prévention des risques et au traitement de ces grands cours d'eau. ■

Recueilli par François MARTIN

► **Damien Alary** sera nommé le 1er juin prochain président du conseil de surveillance de la Compagnie des Bouches-Languedoc (BBL) en remplacement de Georges Dubre-Boisse dont la nomination avait été appuyée par Jacques Blanc.

► Un total de 7,5 M€ pour financer à 100 % les réparations des digues.

► Le secteur de L'Ardoise n'est pas oublié.

► Des mesures annoncées à court, moyen et long terme.

vous permettre de réparer les digues entre Fourques et Sylvéréal (Aigues-Mortes) mais aussi de protéger les secteurs de Laudun-L'Ardoise dans le nord du Gard.

En Camargue, le chantier va être divisé en trois temps : la partie entre Fourques et Grandcabannes est en cours de travaux. « Ils devraient être terminés d'ici quatre mois » précise le maire de Fourques. Les travaux estimés à 2 M€ sont financés pour moitié par le syndicat des digues du Rhône, à hauteur de 10 % par la Région, de 20 % par l'Etat et de 20 % par les communes. « Heureusement, au nord, entre Beaucaire et Fourques, ces

Annexe 12 : Historique de la réglementation de protection

Suite aux inondations désastreuses de 1856, la loi du 28 mai 1858 a prévu **"l'exécution (par l'État) des travaux destinés à mettre les villes à l'abri des inondations"** autorisés par décret pris après enquête publique, les dépenses correspondantes étant réparties entre les collectivités et les propriétaires intéressés.

Elle a également soumis à déclaration préalable l'établissement de digues sur les parties submersibles des vallées notamment du Rhône, en précisant que **« dans les vallées protégées par des digues sont considérées comme submersibles "les surfaces qui seraient atteintes par les eaux si les levées venaient à être rompues ou supprimées" »**.

Le décret du 15 août 1858 est venu préciser les modalités des enquêtes et les conditions dans lesquelles sont fixées les limites des parties submersibles des vallées (plans dressés par l'administration déposés en mairie pendant un délai d'un mois, à l'issue duquel les déclarations des habitants sont reçues pendant deux jours par un commissaire qui les adresse au préfet ; celui-ci les transmet au ministre de l'agriculture et des travaux publics en vue de la détermination par décret des limites définitives des parties submersibles des vallées, les plans généraux restant déposé en mairie de chaque commune intéressée pour que tout propriétaire puisse en prendre connaissance).

En ce qui concerne la vallée du Rhône, les limites de la partie submersible "depuis le viaduc du chemin de fer de Lyon à Genève jusqu'à l'embouchure du fleuve dans la mer" ont été déterminées en application des textes précités par décret du 3 septembre 1911.

Suite aux crues du printemps de l'année 1930, prenant acte du fait que, en dehors d'une partie de la Seine et dans la vallée du Rhône, les formalités de la loi de 1858 n'avaient pas été remplies et du fait que réglementer la construction des digues ne suffisait pas à conserver aux champs d'inondation d'une vallée le rôle que la nature leur a assigné dans l'écoulement des crues, le gouvernement a jugé nécessaire de réglementer dans l'intérêt général "l'établissement dans les parties submersibles des vallées, de constructions, plantations ou tous autres ouvrages ou obstacles susceptibles de nuire à l'écoulement des eaux", cela afin d'une part de mettre **"les bâtisseurs à l'abri des risques qu'ils encourraient en construisant dans une zone dangereuse"**¹⁰⁴ et d'autre part, **limiter les charges supportées par l'État pour venir en aide aux victimes des inondations.**

Le décret du 30 octobre 1935 a en conséquence étendu le régime de la déclaration préalable à l'établissement non seulement des digues et des remblais mais aussi aux dépôts de matières encombrantes, clôtures, plantations, constructions, ou tout autre ouvrage susceptible de faire obstacle à l'écoulement des eaux ou de restreindre de manière nuisible le champ des inondations sur les parties submersibles des vallées. Ce texte, qui renvoyait à des règlements d'administration publique à intervenir (l'un d'ordre général et d'autres précisant les dispositions techniques applicables dans chaque vallée), précisait que :

" pour les vallées protégées par des digues ou des levées de toute nature **les plans ne tiennent pas compte de l'existence de ces ouvrages,**

¹⁰⁴ Il faut rappeler que depuis le texte précédent étaient intervenues les lois de 1919 et 1924 relatives à l'extension et l'aménagement des villes et celle de 1932 concernant l'aménagement de la région parisienne. Contrairement à l'opinion répandue, les textes, aussi bien de 1858 que de 1935/37, n'avaient pas seulement un caractère "hydraulique" ; ils visaient également la protection des zones bâties.

" la loi du 28 mai 1858 cesserait d'avoir effet à partir de la promulgation du RAP.

Ce règlement, intervenu le 20 octobre 1937, précisait les modalités d'élaboration des plans des surfaces submersibles et du projet relatif aux dispositions techniques. Il abrogeait également le décret du 15 août 1858.

Ces dispositions ont été codifiées par décret n°56-1033 du 16 octobre 1956 aux articles 48 à 54 du code du domaine public fluvial et de la navigation intérieure.

La loi n°82-600 du 13 juillet 1982 relative à l'indemnisation des victimes des catastrophes naturelles a institué les plans d'exposition aux risques naturels prévisibles (PER) valant servitudes d'utilité publique et annexés aux POS dont les conditions d'élaboration ont été précisées par le décret 84-328 du 3 mai 1984 complétant la liste des servitudes mentionnées à l'article R.126-1 du code de l'urbanisme.

La loi de 1982 a été complétée et modifiée par la loi n° 87-565 du 22 juillet 1987 qui prévoyait expressément dans son article 43 que les PER se substituaient aux PSS prévus aux articles 48 à 54 du code du domaine public fluvial et de la navigation intérieure, dont il reprenait pour l'essentiel les dispositions. Les conditions d'élaboration des PER ont été précisées par le décret n° 93-351 du 15 mars 1993 abrogeant le décret n° 84-328 du 3 mai 1984.

Dans le même temps la loi n°92-3 du 3 janvier 1992 sur l'eau a également institué, dans son article 16, dans les parties submersibles des vallées non couvertes par un PER, des plans des surfaces submersibles à vocation purement hydraulique, "définissant les prescriptions techniques à respecter pour assurer le libre écoulement des eaux, la conservation des champs d'inondation et le fonctionnement des écosystèmes qu'ils constituent".

Les PER ont été remplacés par les plans de préventions des risques naturels prévisibles (PPR) par la loi n° 95-101 du 2 février 1995 relative au renforcement de la protection de l'environnement qui a modifié les lois précitées de 1987 et 1992.

L'article 16 de ce texte a introduit dans la loi de 1987 un article 40-6 indiquant que valaient PPR :

- ∞ les PER,
- ∞ les PSS établis en application des articles 48 à 54 du code du domaine public fluvial et de la navigation intérieure,
- ∞ les périmètres de risques établis en application de l'article R.111-3 du code de l'urbanisme,
- ∞ les plans de zones sensibles aux incendies de forêt établis en application de la loi n° 91-5 du 3 janvier 1991.

Son article 20 a remplacé l'article 16 précité de la loi de 1992 en indiquant que les PPR "définissent en tant que de besoin les interdictions et prescriptions techniques à respecter afin d'assurer le libre écoulement des eaux, et la conservation, la restauration ou l'extension des champs d'inondation". Il abrogeait également les articles 48 à 54 du code du domaine public fluvial et de la navigation intérieure.

Lors de la publication par ordonnance n°200-14 du 18 septembre 2000 du code de l'environnement, ces dispositions ont été codifiées aux articles L 562-6 et L 562-8.

Les conditions d'élaboration des PPR ont été précisées par le décret n° 95-1089 du 5 octobre 1995 qui, dans son article 13, a abrogé notamment l'article R.111-3 du code de l'urbanisme et le décret de 1937 relatif aux PSS ainsi que celui de 1993 relatif aux PER.

Ce texte prévoyait toutefois que ces décrets demeuraient en vigueur en tant qu'ils sont nécessaires à la mise en œuvre des PSS et PER valant PPR en application de l'article 40-6 de la loi de 1987 dans sa rédaction résultant de l'entrée en vigueur de la loi de 1995.

Cas particulier de la vallée du Rhône

Comme rappelé ci-dessus, un PSS a été déterminé par décret du 3 septembre 1911 pris en application des textes de 1858.

Même si la terminologie est identique, il semble difficile d'assimiler purement et simplement ce document à un PSS tel que prévu en 1935 (comme semblent le faire les services), d'autant qu'en 1935 le champ d'application du texte d'origine a été élargi. Ont été ainsi ajoutés pour la vallée du Rhône aux affluents cités en 1858 (Ain, Saône, Isère et Durance) d'autres cours d'eaux : Séran, Furans, Oignon, Doubs, Romanche, Drac, Drôme, Ardèche, Cèze, Ouvèze, Gardon.

Or, ce sont uniquement les PSS établis en application du décret de 1935 qui, aux termes de l'article L 562-6 du code de l'environnement "valent plans de prévention des risques naturels prévisibles" et, à ce titre, valent servitudes d'utilité publique et sont annexés aux POS (article L 126-1 du code de l'urbanisme).

Toutefois, on pourrait tirer argument du fait que dans l'exposé des motifs du décret de 1935 il est expressément pris acte de ce que "d'une manière générale dans la vallée du Rhône les champs d'inondations ont été délimités", consacrant ainsi d'une certaine manière ce document qui n'a d'ailleurs pas été abrogé.

Par ailleurs, il faut souligner que si le champ d'application du texte de 1935 est plus étendu que celui de 1858 (les digues ne sont plus seules concernées mais tous les ouvrages susceptibles de faire obstacle à l'écoulement des eaux), on ne note pas de différence notable de nature entre les plans eux-mêmes, établis de manière analogue en ne tenant pas compte de l'existence éventuelle de digues. Tout au plus relève-t-on que le plan établi en application du décret de 1935 (article 2 du décret de 1937) doit faire apparaître en sus des surfaces devant être considérées comme submersibles "les digues, remblais, dépôts de matières encombrantes, clôtures, plantations, constructions et tous autres ouvrages susceptibles de faire obstacle à l'écoulement des eaux ou de restreindre d'une manière nuisible le champ des inondations".

Dans ces conditions on ne peut dénier toute valeur au PSS de 1911.

Dans certains cas, les communes à la connaissance desquelles il a été porté ont du l'annexer au POS même si elles n'en avaient pas l'obligation puisqu'il ne constitue pas une servitude d'utilité publique.

Ce rappel de la réglementation existante semble indispensable pour exposer la complexité des situations rencontrées, comme le montre le plan très clair établi par le SNRS.

Annexe 13 : Projet de doctrine applicable aux secteurs susceptibles d'être inondés

Présentation

1 - CONTEXTE

1.1 Les PSS – la doctrine Rhône élaborée en 1995

Les zones inondables du Rhône sont délimitées, dans le département de l'Ardèche, par les plans des surfaces submersibles (PSS), approuvés :

par décret en date du 8 janvier 1979, en ce qui concerne le secteur aval de la confluence avec l'Isère,

par décret en date du 27 août 1981, en ce qui concerne le secteur amont de cette même confluence.

Ces PSS ont valeur juridique de PPR (plan de prévention des risques) et donc de servitude d'utilité publique. À ce titre, ils sont annexés aux documents d'urbanisme (POS et PLU).

Ils définissent trois zones :

- la zone « A » dite « de grand écoulement »
- la zone « B » dite « zone complémentaire »
- la zone « C » dite « de sécurité ».

Le PSS a pour objet de ménager les possibilités d'écoulement et d'expansion des eaux, en cas de crue.

La zone A correspond aux secteurs les plus exposés aux crues. Une part importante du débit du Rhône y transite en situation de crue.

La zone B correspond à des secteurs où les écoulements sont moindres, mais où les hauteurs et/ou vitesses peuvent cependant être significatives.

La zone C correspond dans son ensemble aux terrains qui ont été submergés par la crue de 1856, et qui ont été considérés comme non inondables pour une crue centennale évaluée lors de l'établissement des PSS, compte tenu notamment de la réalisation des aménagements de la CNR.

La délimitation des zones A, B et C ne correspond donc pas directement à des zones d'aléa homogène, au sens des PPR.

Deux types de secteurs C sont à distinguer de ce point de vue :

- les zones C qui sont situées en arrière de digues, essentiellement suite aux aménagements de la CNR,
- les zones C qui ne sont pas situées en arrière de digues, non inondables pour la crue centennale calculée.

Une même zone C peut être concernée par **les deux situations**, notamment en raison des possibilités de remontées par l'aval. Dans ce cas, l'analyse du risque devra être menée sur les

deux aspects, et il devra être tenu compte à la fois des deux conditions qui en découleront (en termes de cote altimétrique par exemple).

La superficie de ces zones C, en Ardèche, a été évaluée à 2 527 hectares, dont :

- ∞ 750 hectares classés en zone urbaine dans les documents d'urbanisme existants ; la capacité d'accueil disponible étant évaluée à 112 ha,
- ∞ 156 hectares classés en zone d'urbanisation future dans ces mêmes documents d'urbanisme,
- ∞ 27 hectares classés en zone d'urbanisation diffuse (zone NB)
- ∞ 1594 hectares classés en zone inconstructible (zones NC et ND).

La pression foncière dans ce secteur du département est forte, compte tenu de la proximité des différentes agglomérations bi-polaires (Valence, Guilherand, Tournon-Tain ; Montélimar – Le Teil ; Bourg Saint Andéol-Pierrelatte).

Les enjeux de maîtrise du développement urbain dans ces secteurs sont donc importants. Cette situation, non spécifique au département de l'Ardèche, a conduit l'État à élaborer, en 1995, une « doctrine Rhône », concertée entre les départements du Vaucluse, de l'Ardèche, des Bouches-du-Rhône, de la Drôme, du Gard et du Rhône.

Ce document avait pour objectif de constituer une grille de lecture des PSS pour l'appréciation du risque, et de définir en conséquence les limites à l'occupation des sols dans les zones à risques.

La doctrine a été approuvée en CAR. Elle a également donné lieu à une approbation de la part du préfet de l'Ardèche le 11 août 1995, et a ensuite été diffusée à l'ensemble des maires concernés. Depuis, les demandes d'autorisation d'occuper le sol ont été analysées dans ce cadre.

1.2 Les évolutions récentes

L'étude globale réalisée par « Territoire Rhône » a étudié plusieurs scénarios de crues du Rhône, et présenté un inventaire des enjeux, ainsi que des pistes d'action pour réduire la vulnérabilité des territoires.

L'étude globale ne comporte cependant pas de conclusions directement exploitables pour la définition de l'aléa « inondations » à l'échelle des communes concernées.

Suite à cette étude globale, la ministre de l'Écologie et du développement durable a confié au préfet de bassin la définition d'un plan visant à concrétiser et hiérarchiser les pistes d'actions présentées par l'étude globale.

Un des objectifs de ce plan est la définition au niveau régional, de l'aléa et au niveau départemental, de plans de préventions de risques, selon un ordre de priorité à définir.

À terme, les autorisations d'occuper le sol seront donc délivrées au vu de ces PPR. Cependant, l'aboutissement de ces PPR ne saurait être immédiat, pour deux raisons principales :

- ∞ la nécessité de disposer préalablement, pour les établir, d'une définition claire de l'aléa,

∞ le grand nombre de communes à couvrir.

Dans ces conditions, et compte tenu des enjeux rappelés plus haut, il convient de se doter d'un cadre clair pour gérer les demandes, dans l'attente de la mise en place de ces PPR.

C'est ce que prévoit précisément la circulaire interministérielle Équipement/Écologie du 21 janvier 2004, qui stipule en particulier que :

- des PPR doivent être élaborés sur les territoires couverts par des PSS (§ 1.2.3),
- dans l'attente d'un PPR, il convient de faire application de l'article R. 111-2 du code de l'urbanisme, dès lors qu'un projet met en cause la sécurité publique (§ 1.2.2).

Enfin, la circulaire du 21 janvier 2004 confirme la nécessité de prendre en compte les risques de rupture de digues, comme le prévoyait déjà la circulaire du 30 avril 2002 (cf. § 3).

En ce qui concerne le Rhône, deux types d'ouvrages sont à distinguer :

- ∞ ceux des ouvrages CNR qui répondent aux dispositions de la circulaire du 30 avril 2002 (dimensionnement pour une crue supérieure à la crue centennale, conception et réalisation respectant les règles de l'art, et entretien régulier),
- ∞ les autres ouvrages.

La doctrine élaborée en 1995 ne prenait pas en compte les risques spécifiques de rupture de digues : les deux circulaires pré-citées imposent donc sa révision.

2 – PRESENTATION GENERALE DU PROJET DE DOCTRINE

Pour l'ensemble des zones A, B et C, l'application de la doctrine repose sur la notion de crues de référence, qui correspond à la plus forte crue, pour un endroit donné, entre :

- la crue historique de 1856
- la crue centennale calculée.

Cette définition répond aux dispositions de la circulaire du 21 avril 2004 (§ 1-1). Les cotes de ces crues sont fournies pour chaque point kilométrique (PK) du Rhône, étant entendu qu'entre deux lignes d'iso-valeur, la cote de référence s'obtient par interpolation linéaire.

2-1 Terrains situés en zones A et B

Dans ces deux zones, les dispositions de la doctrine, approuvée en 1995, sont maintenues : en zone A, les demandes d'occupation du sol sont, sauf exception, refusées, à la fois en raison de la nécessité du maintien des possibilités d'écoulement des eaux, et des risques.

En zone B, les demandes d'occupation du sol font l'objet d'un examen au cas par cas :

1. sur la base de l'avis du SNRS au titre des conditions d'écoulement et de la conservation des champs d'expansion des crues, les objectifs de conservation des champs d'expansion pouvant se traduire par des avis défavorables en dehors des zones déjà urbanisées.

2. sur la base de l'aléa, à l'initiative du service instructeur, et à partir d'un plan topographique détaillé fourni dans le cadre de la demande :
 - si la hauteur d'eau sur le terrain, pour la crue de référence, est supérieure à 1 mètre, l'autorisation fait l'objet d'un refus,
 - si la hauteur d'eau est inférieure à 1 mètre, l'autorisation peut être délivrée, à condition que le premier niveau de plancher soit situé à une cote supérieure à celle de la crue de référence.

2-2 Terrains situés en zone C

Les éléments de contexte rappelés plus haut conduisent à distinguer trois cas de figure :

Zone C définie en l'absence de digue :

Les dispositions prévues par la doctrine élaborée en 1995 sont maintenues en l'état. La construction dans ces secteurs ne sera possible que sous réserve de positionner le premier niveau de plancher de la construction à une cote supérieure à la cote de la crue de référence.

En pratique, un plan topographique sera demandé dans le cadre de l'instruction de la demande de PC ou de CU.

NB : En dehors des risques inhérents aux crues du Rhône, et afin de prendre en compte des risques d'inondation par ruissellement et remontées de nappe phréatique ; dans l'ensemble des zones C, le 1^{er} niveau de plancher des constructions susceptibles d'être autorisées devra en outre être positionné au moins 50 cm au-dessus du niveau de leur voie de desserte (ou au-dessus du TN environnant, si cette voie de desserte emprunte l'emprise d'une ancienne digue, ou est en déblai par rapport au TN).

Zone C définie en arrière d'une digue répondant aux critères prévus par la circulaire du 30 avril 2002 :

Dans ces zones, et dans certaines conditions, certaines constructions pourront être autorisées, en dehors de la zone de risque immédiat. (la zone de risque immédiat correspond aux abords immédiats de la digue, où les risques encourus en cas de rupture sont élevés, du fait de la vitesse des eaux. La largeur de cette zone est fixée à 100 m, dans l'attente d'études techniques précises).

Zone C délimitée en arrière d'une autre digue :

Les autres digues ne présentant pas les mêmes garanties de protection que les précédentes, les constructions en arrière de ces ouvrages ne seront pas autorisées, sauf si le 1^{er} niveau de plancher est positionné au-dessus de la cote de référence.

Dans la zone de risque immédiat, aucune construction ne sera acceptée, compte tenu des risques d'érosion régressive.

Zone de risques de rupture de digues

Ces zones sont les parties des zones C ou certaines zones B des deux PSS approuvés du 8 janvier 1979 et du 27 août 1981, situées en arrière de digues de protection répondant aux critères de la circulaire du 30 avril 2002.

Ces zones peuvent être submergées en cas de rupture des digues de protection, sous une hauteur d'eau variable en fonction de la cote des crues du Rhône et de la topographie des terrains. Dans ces secteurs, il existe également un risque d'inondation par ruissellement, voire remontée de la nappe fluviale.

La circulaire interministérielle du 30 avril 2002, confirmée par la circulaire du 21 janvier 2004, impose la prise en compte des risques de rupture de digues. De ce point de vue, deux types de digues sont à distinguer :

- d'une part, celles des digues CNR dimensionnées pour des crues supérieures à la crue centennale (en général millennale), et faisant l'objet d'un suivi et d'un entretien régulier dans le cadre de la concession CNR. La probabilité de rupture de ces ouvrages demeure faible, ce qui permet d'envisager certaines implantations dans les zones situées en arrière de ces ouvrages, dans les conditions définies au présent chapitre.
- d'autre part, des autres digues, gérées par les collectivités qui protègent des zones habitées pour la crue centennale : la garantie par rapport au risque de rupture est moindre ; les dispositions de ce présent chapitre ne leur sont donc pas applicables. Sur ces digues, le risque est à évaluer en fonction du niveau de la crue centennale en lit mineur, par rapport à celui des terrains situés en arrière des ouvrages.

Deux zones sont à distinguer vis à vis du risque spécifique « digues » :

- une zone de risque de rupture immédiat, correspondant aux abords immédiats des ouvrages de protection
- une zone de risque de rupture éloignée, correspondant au reste du périmètre submergé en cas de rupture d'ouvrages de protection.

Zone de risque de rupture immédiate

La largeur de la zone de risque immédiat est fixée uniformément à 100 m, dans l'attente des études de danger spécifiques menées par le service chargé de la police de l'eau (étude sur les risques liés aux digues du Rhône et de la Saône sur le territoire du Grand Lyon).

Dans cette zone de risque de rupture immédiat, les règles applicables sont les suivantes :

1./ Constructions neuves

Dans la zone de risque immédiat, toute construction nouvelle est interdite dans la zone de risque immédiat, à l'exception exclusive :

- des constructions et ouvrages destinés à améliorer l'écoulement des eaux ou à réduire les risques d'inondation,
- des constructions et ouvrages liés à l'exploitation de la voie d'eau.

- dans les zones de centre urbain (au sens du guide méthodologique édité par le MEDD en 1999, c'est à dire répondant à quatre critères : histoire, occupation du sol importante, continuité bâtie et mixité des usages entre commerces, logements et services), les constructions nouvelles pourront être admises, à l'exception :
 - des constructions liées ou nécessaires à la sécurité civile, à la défense ou au maintien de l'ordre public,
 - des établissements de type R, U et J, au sens du code de la construction et de l'habitation et de l'arrêté du 25 juin 1980 modifié.

Ces constructions sont autorisées, sous condition de l'existence d'un niveau refuge de capacité adaptée à l'effectif de personnes présentes, accessible de l'intérieur, et présentant une issue de secours accessible de l'extérieur (fenêtre de préférence, ou ouverture en toiture).

2./ Aménagement des bâtiments dans le volume existant

Ces aménagements peuvent être autorisés, à condition de ne pas augmenter la capacité d'hébergement préexistante, et de ne pas aggraver l'exposition aux risques pour les personnes.

3./ Extension des constructions existantes

Les extensions des constructions existantes ne sont pas admises en zone de risque immédiat.

Zone de risque de rupture éloignée

Dans l'ensemble de cette zone, le niveau du premier plancher des constructions devra être positionné au minimum 50 cm au-dessus du niveau de la voie de desserte du terrain.

Dispositions applicables dans les parties actuellement urbanisées, au sens de l'article L. 111.1.2 du code de l'urbanisme :

Dans cette zone, les éventuelles constructions doivent être réalisées dans toute la mesure du possible au-dessus de la cote de référence. Si le niveau moyen du terrain naturel est situé à **moins de 1 m** en dessous la cote de la crue de référence, le terrain d'assiette de la construction sera obligatoirement remblayé afin de positionner le premier niveau de la construction à une cote supérieure à la cote de la crue de référence.

En cas d'impossibilité technique démontrée d'un tel remblaiement, le premier niveau habitable devra être positionné en tout état de cause à une cote supérieure à celle de la crue de référence.

Lorsque le niveau moyen du terrain naturel est situé à **plus de 1 mètre** en dessous de la cote de la crue de référence, le terrain sera également remblayé d'au moins 1 mètre, sous réserve de l'observation d'autres contraintes (notamment les contraintes d'accessibilité, les contraintes d'insertion paysagère et architecturale), et la cote du premier niveau de plancher utilisable devra être supérieure à celle de la crue de référence.

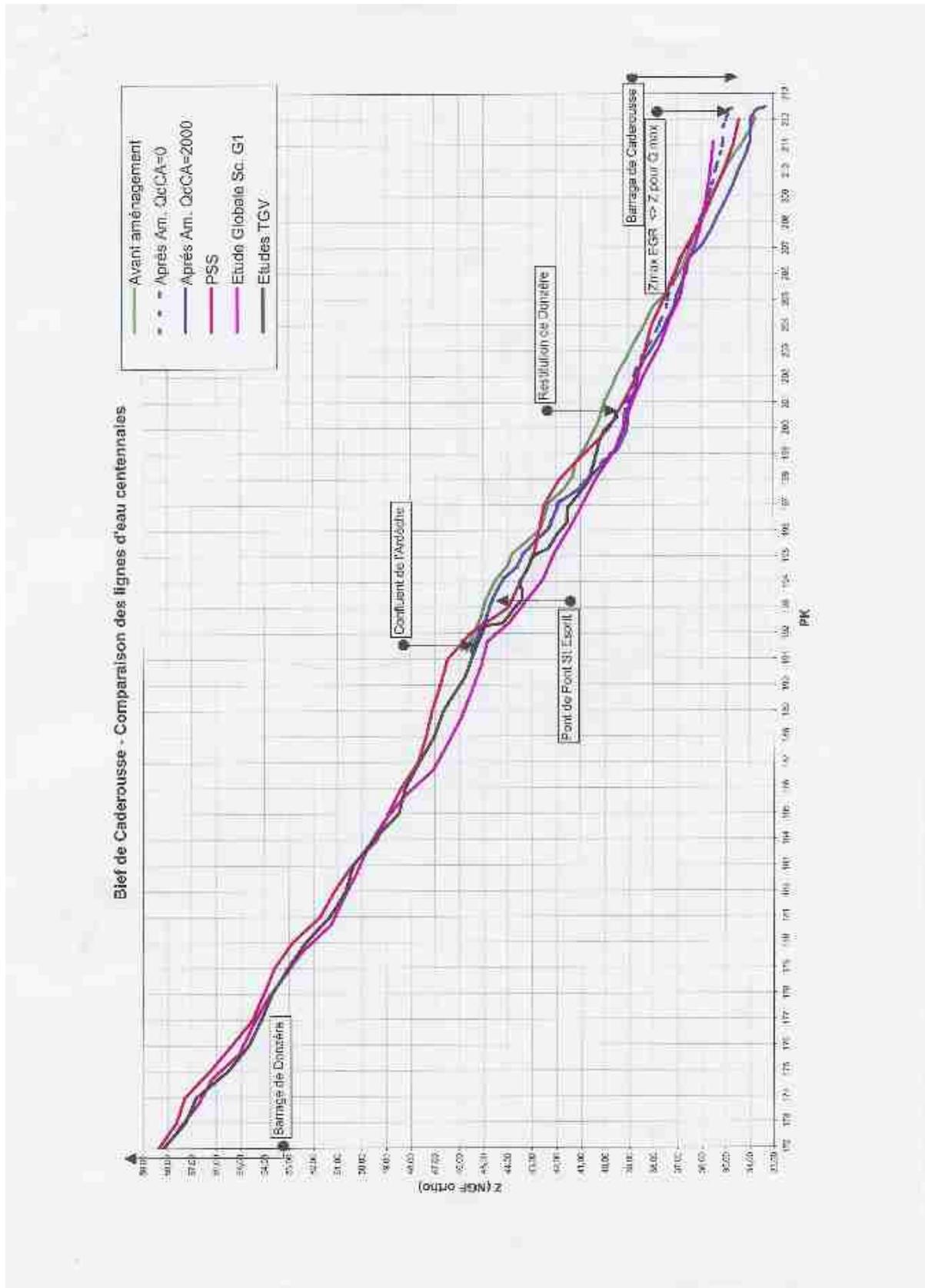
En cas d'impossibilité technique d'implanter le premier niveau utilisable de la construction au-dessus de la cote de référence, **seules pourront être autorisées :**

- les constructions à usage d'habitation, à condition qu'elles comportent un niveau habitable refuge situé au-dessus du niveau de la crue de référence, d'une superficie suffisante pour accueillir les occupants du logement, accessible de l'intérieur et disposant d'une issue de secours vers l'extérieur (fenêtre de préférence ou ouverture dans le toit),
- l'aménagement et l'extension des constructions existantes, sous réserve qu'elles ne conduisent pas à aggraver les risques existants pour les personnes,
- le changement de destination des constructions existantes en habitation, sous réserve de l'existence d'un niveau habitable refuge répondant aux caractéristiques précisées plus haut,
- les établissements recevant du public, à l'exclusion des établissements de type R, U et J, au sens du code de la construction et de l'habitation et de l'arrêté du 25 juin 1980 modifié, et dans la limite d'un effectif maximum autorisé de 300 personnes, sous réserve de l'existence d'un niveau refuge de capacité adapté à l'effectif de l'établissement,
- les autres constructions, à l'exception des constructions liées ou nécessaires à la sécurité civile, à la défense ou au maintien de l'ordre public, sous réserve de l'existence d'un niveau refuge de capacité adapté à l'effectif susceptible d'être accueilli.

Dispositions applicables en dehors des zones actuellement urbanisées, au sens de l'article L. 111.1.2 du code de l'urbanisme :

En dehors des zones urbanisées, les constructions ne pourront être autorisées que sous réserve que la cote du premier plancher soit située au-dessus de la cote de la crue de référence.

Annexe 14 : exemple de lignes d'eau définies sur le bief de Caderousse



**MINISTÈRE DE L'ÉCOLOGIE ET DU
DÉVELOPPEMENT DURABLE**

**CONSEIL GÉNÉRAL
DES PONTS ET
CHAUSSÉES**

Affaire n° 2003-0310-01

**CONSEIL GÉNÉRAL
DU GÉNIE RURAL,
DES EAUX ET DES
FORÊTS**

Affaire n° 2.122

**INSPECTION GÉNÉRALE
DE
L'ENVIRONNEMENT**

Affaire IGE/03/069

**LA SÉCURITÉ DES DIGUES DU DELTA DU RHÔNE
POLITIQUE DE CONSTRUCTIBILITÉ DERRIÈRE LES
DIGUES**

Tome 2

ANNEXES

OCTOBRE 2004

LISTE DES ANNEXES (*)

Annexe 1

La sécurité des digues du Delta du Rhône – Politique de constructibilité derrière les digues

Annexe 2

Rapport sur les crues du Rhône et ses affluents

Annexe 3

Groupe d'appui et d'expertise scientifique – Volet historique

Annexe 4

Gestion du risque inondation et changement social dans le Delta du Rhône : les « catastrophes » de 1856 et 1993/1994

Annexe 5

Synthèse des effets de la dernière grande crue du Pô (1957)

Annexe 6

Piena dei d'acqua (2 au 4 dicembre 2003) nel piemonte sud-occidentale

Annexe 7

Inundation of a dutch river polder sensitivity analysis of a physically based inundation model using historic data

Annexe 8

Vers une gestion durable des risques d'inondation dans les bassins versants du Rhin et de la Meuse – Principaux messages du programme IRMA-SPONGE

(*) Une annexe intitulée « Land v Maas en Waal flood 1805 » sous forme de clip-vidéo n'a pu être jointe. Elle pourra être fournie à la demande sur CD-ROM.

**RAPPORT DU GROUPE D'APPUI ET D'EXPERTISE
SCIENTIFIQUE**

**CONSEIL GÉNÉRAL
DES PONTS ET
CHAUSSÉES**

**CONSEIL GÉNÉRAL
DU GÉNIE RURAL,
DES EAUX ET DES
FORÊTS**

**INSPECTION GÉNÉRALE
DE
L'ENVIRONNEMENT**

Affaire n° 2003-0310-01

Affaire IGE/03/069

**MINISTÈRE DE L'ÉCOLOGIE ET DU
DÉVELOPPEMENT DURABLE**

**LA SÉCURITÉ DES DIGUES DU DELTA DU RHÔNE
POLITIQUE DE CONSTRUCTIBILITÉ DERRIÈRE LES
DIGUES**

DOCUMENT ANNEXE

L'INONDATION DE DECEMBRE 2003 SUR LE BAS-RHONE

RETOUR D'EXPÉRIENCE

Rapport du Groupe d'appui et d'expertise scientifique piloté par Gérard Brugnot

11 juillet 2004

Introduction

A la suite des inondations qui ont affecté la basse vallée du Rhône en décembre 2003, Madame la Ministre de l'Ecologie et du Développement Durable a demandé à Monsieur le Chef de l'Inspection Générale de l'Environnement d'organiser une mission de retour d'expérience. Cette mission, dès lors qu'elle a été constituée, a souhaité bénéficier de l'appui d'une expertise scientifique collective et, à cette fin, a été créé le groupe d'appui et d'expertise scientifique (GAES). Ce dispositif devait permettre de répondre à un certain nombre de questions posées par la mission.

Ce groupe s'est réuni à Lyon le 18 mars et le 9 juin 2004. La première de ces deux journées a permis de préciser la liste des questions et leur formulation. La seconde a travaillé à partir des réponses recueillies et a commencé à esquisser des synthèses. Elle a fonctionné sous forme d'atelier, après avoir bénéficié d'exposés de membres du GAES ayant mené des études sur certains aspects des événements de décembre 2003.

Le document suivant, qui rend compte des travaux du GAES est organisé de la façon suivante¹.

A. [Présentation](#) de la démarche : indique les conditions dans lesquelles cette opération de retour d'expérience "scientifique" a été conçue. Cette partie fournit un certain nombre d'informations sur le GAES, notamment sa méthode de travail et sa [composition](#).

B. Une deuxième partie contient l'ensemble des [réponses](#) aux questions, chaque contributeur étant cité, avec la date de sa contribution.

C. La troisième partie est le document des [synthèses](#), qui s'est efforcé de reproduire les éléments de consensus obtenus. Selon les questions, la synthèse est plus ou moins aboutie. Un effort important a été fait dans le domaine des sciences de l'ingénieur, en l'occurrence la météorologie, l'hydrologie et le génie civil ; dans le domaine des risques en général et de la contribution des sciences sociales en particulier, il reste inachevé.

D. La quatrième partie renvoie à un certain nombre de [documents](#) qui, outre les bibliographies contenue dans le document "réponses aux questions", présentent l'intérêt d'être en clair.

Gérard Brugnot

¹ Compte tenu de la taille du document, on a préféré une navigation de type "hypertexte" au recours à une table des matières.

Présentation de la démarche

Comme il a été exposé dans l'introduction, le Groupe d'Appui et d'Expertise Scientifique a été constitué pour faire fonctionner un dispositif d'expertise de retour d'expérience. Le processus mis en œuvre s'est inspiré du modèle, mis en place par les EPST à la suite de l'Inserm², de l'expertise collective/collégiale, mais un certain nombre de correctifs ont dû être apportés, du fait de la différence des contextes. Nous n'entrerons pas dans les détails des particularités de l'exercice que nous avons conduit, mais il est clair que l'expertise "scientifique" de retour d'expérience est un exercice en voie de construction.

Le GAES a été formé pour répondre à des questions, ce qui est à peu près conforme au modèle des EPST. On rappellera rapidement que ce modèle repose sur le postulat cartésien qu'un problème "complexe", qui ne peut pas donner prise à un traitement scientifique, peut être décomposé en un ensemble de sous-problèmes élémentaires qui, eux, se prêteront à une analyse scientifique. Dans un second temps, il est supposé que l'on pourra "recomposer" les réponses aux sous-questions pour construire une réponse au problème initial. Dans le modèle des EPST, les experts sont choisis à partir d'une démarche documentaire, qui permet de les sélectionner à travers leurs publications, elles-mêmes recherchées sur la base des mots-clés décrivant les sous-problèmes scientifiques.

Dans le cas d'espèce, ce modèle a subi un certain nombre d'adaptation, mais deux principes de base ont été respectés : réponse à des questions co-construites avec le maître d'ouvrage et indépendance des experts, qui assument totalement le texte qui suit.

[Introduction](#)

² Voir l'article de Jeanne Etiemble "L'expertise collective : la réponse de l'Inserm au besoin d'aide à la décision. Nature, Sciences et Société, 2001, vol. 9, n°4, pages 54-61".

Composition du Groupe d'Appui et d'Expertise Scientifique (GAES)

Prénom	Nom	Discipline	Organisme	Adresse	e-mail	Téléphone
Marcel	Basso	Génie Civil	CETE Méditerranée	107, rue Albert Einstein 13290 Aix-en-Provence	marcel.basso@equipement.gouv.fr	04.42.24.71.46
Philippe	Bois	Hydrologie	LTHE		philippe.bois@hmg.inpg.fr	04 76 82 50 54
Bernard	Chastan	Hydraulique	Cemagref Lyon	3 bis, quai Chauveau CP 220 69336 Lyon Cedex09	bernard.chastan@cemagref.fr	04 76 20 87 62
Denis	Cœur	Histoire	UPMFG	36, rue Bizanet 38000 Grenoble	Denis.Coeur@wanadoo.fr	04 76 63 04 28
Jacqueline	Domenach	Droit	Paris X		jdomenac@u-paris10.fr	01 40 97 74 85
Daniel	Duband	Hydrologie	SHF	6 chemin Croix Gorge 38120 Saint-Egrève	daniel.duband@wanadoo.fr	04 76 75 87 39 01 42 50 91 03
Jean-Michel	Grésillon	Hydrologie	Cemagref Lyon	3 bis, quai Chauveau CP 220 69336 Lyon Cedex09	jean-michel.gresillon@cemagref.fr	04 72 20 87 77
Anne	Honegger	Géographie	U. Montpellier 3 CNRS-MTE	Route de Mende 34090 Montpellier	honegger@club-internet.fr	04 67 14 24 43
Jean-Pierre	Jordan	Hydraulique	OFEG/BWG	Biel/Bienne Suisse	jean-pierre.jordan@bwg.admin.ch	41 (0)32 328 87 76
Franca	Maraga	Géologue	IRPI	CNR-IRPI	F.Maraga@irpi.to.cnr.it	+390113977250
Eric	Martin	Météorologie	Météo France		Eric.Martin@meteo.fr	04 76 63 79 01
Erik	Mosselman	Génie Civil	Université de Delft & WL Delft Hydraulics	B.P. 177 NL 2600 MH Delft	Erik.Mosselman@wldelft.nl	+31 15 285 8569
Luc	Neppel	Hydrologie	Maison des sciences de l'eau Laboratoire Hydrosiences	300 avenue Emile Jeanbrau 34095 Montpellier	neppel@msem.univ-montp2.fr	04 67 14 90 69 Fax 04 67 14 47 74
André	Paquier	Hydraulique	Cemagref Lyon	3 bis, quai Chauveau CP 220 69336 Lyon Cedex09	andre.paquier@cemagref.fr	04 72 20 87 75
Bernard	Picon	Géographie	CNRS Desmid	1 rue Parmentier 13200 Arles	bpicon@wanadoo.fr	04 90 93 86 66 04 90 96 07 99
Paul	Royet	Génie Civil	Cemagref	3275 route Cézanne BP 31 Le Tholonet 13612 Aix-en-Provence Cedex1	paul.royet@cemagref.fr	04 42 66 99 35
Domenico	Tropeano	Hydrologie	IRPI	CNR-IRPI	tropeano@irpi.to.cnr.it	+39011343428
Gérard	Brugnot	Animateur de l'expertise collective	Cemagref	BP 76 38402 Saint-Martin d'Hères	gerard.brugnot@cemagref.fr	04 76 76 27 11 06 07 29 36 42

[Introduction](#)

Réponses aux questions posées³

1er thème. L'événement

Q11. De quelles données dispose-t-on sur l'événement de décembre 2003 ?	Q11
Q12 Quelle est leur fiabilité ?	Q12
Q13 A partir de ces données, quel événement peut-on reconstituer ?	Q13
Q14 Quelles études complémentaires seraient nécessaires pour améliorer la qualité de cette reconstitution ?	Q14

2^{ème} thème : Le recalage par rapport à d'autres événements

Q21 Comment cet événement se situe-t-il sur le plan historique ?	Q21
Q22 Est-il possible de lui affecter une probabilité ?	Q22
Q23 Quelle analyse juridique peut-on en déduire ?	Q23
Q24 Quels rapprochement peut-on faire avec des événements extrêmes affectant des territoires "comparables" (delta du Pô, Rhin etc.) ?	Q24

3^{ème} thème : Le fonctionnement hydraulique du bassin concerné

Q31 : Dans ce domaine, quelle évaluation peut-on faire de l'incidence des aménagements hydrauliques depuis 1840, en liaison avec l'évolution économique et sociale, notamment de la Camargue ?	Q31
Q32 : Quelles sont les modélisations actuellement utilisées pour représenter le fonctionnement hydraulique du bassin concerné ?	Q32
Q33 : Comment fonctionnent les aménagements dans le cas de crues extrêmes ?	Q33
Q34 : Quel est le rôle de la dynamique fluviale et comment est-elle prise en compte dans l'étude du fonctionnement du bas Rhône et de ses affluents ?	Q34

4^{ème} thème : Les scénarios de réduction du risque du Rhône aval

Q41 : Quels sont les risques pour ces enjeux ?	Q41
Q42 : Quelles sont les possibilités de réduction de ces risques e.g. ralentissement et stockage d'eau de crue?	Q42
Q43 Quelles sont les procédures de négociation qui permettraient de mettre au point ces dispositions ?	Q43
Q44 : Sur quels outils juridiques est il possible de s'appuyer pour les mettre en œuvre ?	Q44

Retour au début du document..... [Introduction](#)

³ On peut accéder à une question en cliquant sur la référence correspondante.

Q11 De quelles données dispose-t-on sur l'événement de décembre 2003 ?

Nom, date	Texte
D.Tropeano 0504	<p>Concernant le Piémont, les pluies des 3 décembre 2003 n'ont guère atteint des niveaux comparables à ceux qui ont provoqué les grandes inondations auxquelles notre région a été soumise historiquement, ainsi que dans le récent passé (septembre 1993, novembre 1994, octobre 2000).</p> <p>Le réseau météo et pluviométrique officiel du Servizio Idrografico Italiano a terminé son existence mais les données pluviométriques sont régulièrement recueillies par le réseau régional de l'ARPA Piemonte (Agence Régionale pour l'Environnement).</p> <p>Des crues des cours d'eau se sont quand même produites, en particulier dans le sud du Piémont (Rivière du Bormida, notamment la branche de Spigno qui a son origine en Ligurie; Fleuve du Tanaro aux alentours d'Alexandrie) et dans la banlieue de la ville de Turin (notamment le Torrent de Chisola).</p> <p>De toutes façons les eaux, bien que sorties de leur lit de crue ordinaire n'ont guère provoqué de dommages, sauf l'inondation des terrains riverains destinés à l'usage agricole.</p>
M.Basso 06/06	<p>Les procédures d'aides financières constituent une bonne source d'information. Ainsi, pour les dégâts aux digues, les recensements faits, pour le compte de la DIREN de bassin, à partir des déclarations des services de police de l'eau, par le Cemagref et le CETE, constituent une source exhaustive.</p>

Bibliographie

Tropeano D., Turconi L. (2003): Piena dei corsi d'acqua (2-4 dicembre 2003) nel Piemonte sud-occidentale. *Rapporto di sintesi RI 2003, CNR-IRPI, Torino*. Ce rapport a été envoyé à tous les membres du GAES.

[réponses](#)

Q12 : Quelle est la fiabilité de ces données ?

Nom, date	Texte
D.Tropeano, 0504	Les données de pluie, ainsi que celles issues des limnigraphes sont réputées assez fiables, grâce à l'entretien régulier auxquels ils sont soumis (se reporter à la réponse à Q11)
P.Royet, 0406	<p>La question du débit de pointe à Beaucaire de la crue de décembre 2003 est bien sûr liée à la fiabilité de la courbe de tarage de la station hydrométrique. Sur ce point, on ne peut qu'attendre les données que fournira CNR qui, semble-t-il, aurait fait deux jaugeages, l'un à la montée de la crue et l'autre à la décrue. On pourra ainsi avoir une idée de la non univocité de la courbe de tarage aux forts débits.</p> <p>Cependant, ce point n'est probablement pas primordial pour l'estimation de la période de retour à affecter à ce débit de pointe. En effet, si les jaugeages de décembre 2003 amenaient à diminuer le débit (initialement annoncé à plus de 13 000 m³/s), il faudrait aussi très probablement diminuer aussi les débits de pointe des autres crues récentes (à moins que la courbe de tarage utilisée jusqu'en décembre 2003 ne s'avère fautive que pour les débits supérieurs à 11 000 m³/s...). La relation débit/fréquence serait décalée légèrement vers le bas, sans modifier significativement les périodes de retour affectées aux divers événements.</p> <p>Par ailleurs, la courbe débit/fréquence doit bien sûr aussi être revue à la lumière de la contribution de D. Cœur à Q21</p>

Bibliographie

D. Tropeano-L. Turconi (2003): Piena dei corsi d'acqua (2-4 dicembre 2003) nel Piemonte sud-occidentale. *Rapporto di sintesi RI 2003, CNR-IRPI, Torino*. Ce rapport a été envoyé à tous les membres du GAES.

[réponses](#)

Q14 : Quelles études complémentaires seraient nécessaires pour améliorer la qualité de cette reconstitution ?

Nom, date	Texte
Royet, 04/06	Aux réserves près sur la courbe de tarage du Rhône à Beaucaire (et peut-être d'autres qui seraient à vérifier), on dispose de données d'hydrogrammes en différents points sur le Rhône ainsi que sur pratiquement tous les principaux affluents. Après vérification, il reste à faire une exploitation de ces données avec toute la rigueur scientifique voulue, pour aboutir à une monographie la plus complète possible de cette crue, qui constituerait une référence pour des études ultérieures. L'équipe technique Rhône est probablement la mieux placée pour assurer la maîtrise d'œuvre d'une telle étude.
Basso 06/06	Il convient pour le moins en effet de lever les contradictions entre les faits constatés et l'étude globale Rhône qui prévoyait notamment pour cet ordre de grandeur de débit des déversements sur le remblais ferroviaire rive gauche entre Arles et Tarascon et en rive droite entre Beaucaire et Fourques.

[réponses](#)

Q 21 Comment cet événement se situe-t-il sur le plan historique ?

Nom, date	Texte
D.Tropeano, 05/04	Depuis 1990, l'IRPI-CNR de Turin surveille, parmi autres, la Bormida de Spigno (site de jaugeage de Ponti) et la Bormida "réunie" (site de Rivalta). La pointe de crue des 3 décembre se situe à la deuxième place dans la période d'observation, dont le niveau maximal a été dépassé une seule fois (+1.50 m environ) pendant la grande crue des 5-6 novembre 1994.
D. Cœur, 10/05	<p>Une rapide relecture de la bibliographie et documentation existantes sur l'histoire des crues du Rhône (M. Pardé, M. Champion), des contacts avec des historiens locaux, quelques sondages en archives, permettent un premier repositionnement de l'événement de 2003 parmi ceux survenus au cours des deux derniers siècles et même au delà sur le bas Rhône. A ce propos, nous souhaitons faire deux remarques par rapport à l'analyse historique menée dans l'Etude Globale Rhône (SAFEGE, XI-2000). Tout d'abord, la liste des 21 événements présentée dans le rapport général comme "les principales crues du Rhône depuis le XIXe siècle" (7.2, p. 84), est nettement lacunaire pour le secteur qui nous intéresse. Si l'on ne retient que les événements supérieurs à 8500 m³/s. à Beaucaire par exemple, il faut rajouter, entre 1840 et 1920, au moins 6 épisodes : octobre 1841, novembre 1843 avec un événement tout à fait extraordinaire sur la Durance (5500/6000 m³/s), mars 1872, octobre 1872, janvier 1889 et encore décembre 1910. Entre 1801 et 1840, ce sont encore 6 autres crues comprises entre 6500 et 8000 m³/s qui ont affecté durement le secteur : novembre 1801, mai 1810, mai 1811, novembre 1825, octobre 1827 et octobre 1846.</p> <p>Si l'on estime ensuite que l'événement de décembre 2003 a écoulé entre 11000 et 12000 m³/s à Beaucaire – ce qui reste à préciser -, cet épisode rejoindrait, à l'échelle historique des deux derniers siècles, le groupe très réduit des crues qui ont approché ou dépassé les 10 000 m³/s à Beaucaire à savoir : novembre 1886 (à préciser), novembre 1935, octobre 1993, novembre et septembre 2002 (à préciser), janvier 1994, mai 1856 et novembre 1840. A propos de ce dernier événement, une erreur sur l'estimation du débit maximum écoulé à Beaucaire s'est vraisemblablement glissée dans la présentation faite par SAFEGE. Elle annonce 9000 m³/s (annexe 6, p. 5) alors que toutes les analyses ou témoignages s'accordent pour la situer au-delà de 12000 m³/s, peut être 13 000 (M. Pardé retient 12500 / 13000 m³/s).</p> <p>Par ailleurs, pour apprécier la réalité historique du retour de tels phénomènes hydrométéorologiques, il nous semble nécessaire de chercher à élargir la fenêtre chronologique au delà des 150 ou 200 dernières années, même si les informations récupérées par l'enquête historique n'auront pas la précision technique des données instrumentées des XIXe et XXe siècles. Le contexte de la basse vallée du Rhône le permet. Une recherche rapide a permis de repérer au moins six autres événements majeurs sur le secteur au cours de la période 1500-1800, éléments que nous livrons de manière un peu brute et qui mériteraient une analyse critique plus poussée : novembre 1529, novembre 1548 (ou 1544), août 1580, novembre 1674, mars 1711, fin novembre-début décembre 1755. Soulignons que ce dernier épisode, pour lequel nous disposons d'une documentation fournie, a dépassé les 7.20 m à Avignon. Il est resté l'événement de référence dans le secteur avec celui de 1674 et un autre de la première moitié du XVe siècle</p>

	(novembre 1433) avant celui de 1840.
Bernard Picon, 11/05	<p>Sur le plan historique, et pour remonter au-delà du XIXe siècle, on peut évoquer l'article d'Emile Fassin dans la revue sextienne du 15 mai 1891 intitulé "années calamiteuses de l'histoire d'Arles". D'après les archives du grand prieuré de St Gilles (ordre de Malte), on peut relever en Camargue 36 ruptures de digues avec inondations entre 1603 et 1790 : 1636, 37, 47, 51, 53, 57, 58, 60, 74, 79, 88, 94, 97, 1702, 1705, 1706, 1708, 1709, 1710, 1711, 1712, 1713, 1714, 1719, 1720, 1721, 1726, 1729, 1742, 1745, 1748, 1749, 1754, 1755, 1760, 1763, 1765, 1774, 1790.</p> <p>Les plus désastreuses et étendues furent d'après Gérard Gangneux (l'ordre de Malte en Camargue – Lacour 1996) celles d'octobre 1636, octobre 1637, novembre 1651, novembre 1674, 1694, 1705.</p> <p>D'après les spécialistes, cette succession d'épisodes est à attribuer aux conséquences du petit âge glaciaire.</p>
Paul Royet, 04/06	<p>Attention, dans la comparaison des événements historiques sur la Camargue, à bien prendre en compte le fait que le système d'endiguement a été très sérieusement renforcé pendant les années 1860, avec un rehaussement général des digues (de l'ordre du mètre). Idem en amont d'Arles, avec la construction de la ligne PLM qui a été implantée plus ou moins sur le tracé de digues anciennes nettement moins hautes que le remblai de la voie ferrée qui les a remplacées ; dans ce secteur, la ligne PLM a été construite entre les crues de 1840 et de 1856.</p>
D. Cœur, 1-06-04	<p>Selon M. Pardé, les débits maxima de 1856 furent égaux ou légèrement supérieurs à ceux de 1840 à l'aval de la confluence de la Drôme (<i>Régime du Rhône</i>, II, 366). La supériorité des cotes de 1856 sur celles de 1840 serait due au resserrement du chenal suite aux travaux entrepris dans les années 1840-1850. A noter, qu'en 1856 les ruptures de digues ont permis d'abaisser de 0,5 à 1 m les lignes d'eau enregistrées dans la partie aval du fleuve et ainsi diminué la gravité de l'inondation dans la plupart des centres urbains.</p> <p>A ce propos, et cela renvoie plus particulièrement à la Q43, les données historiques disponibles sur l'événement de 1856, permettraient d'envisager aujourd'hui la mise en valeur d'un grand nombre de repères de crue identifiés avec précision à l'époque tout le long de la vallée du Rhône, notamment dans sa partie aval. Cette valorisation pourrait intégrer le volet communication d'une procédure de négociation. Elle répond en même temps aux obligations de l'art. 42 de la loi du 30 juillet 2003.</p>
D. Cœur, 4/06	<p>En ce qui concerne la comparaison et le positionnement de l'événement de décembre 2003 par rapport à la famille d'événements comparables survenus au cours des siècles passés, l'expertise souligne la très grande difficulté qu'il y a aujourd'hui à mobiliser les données historiques, qu'elles émanent de travaux de synthèse anciens ayant donné lieu ou non à des publications, ou de sources originales conservées dans les fonds d'archives publiques, dans les bibliothèques, etc., ou encore dans les services des administrations ou établissements publics ou assimilés. D'une manière générale, les données historiques sur les inondations sont nombreuses, voire très nombreuses pour les deux siècles et demi passés (parfois bien au-delà) pour l'ensemble des grands cours d'eau français. L'ouvrage de M. Champion en rend bien compte. Les raisons à l'origine de cette sous mobilisation sont multiples. Je crois que la principale tient à la suspicion qui pèse sur cette information. Pour aller vite, elle serait, pour les ingénieurs, entachée d'une série de biais a priori inconciliables avec la démarche scientifique & technique. Sur le plan technique, les</p>

	<p>recherches récentes menées en France par le Cemagref (programmes <i>Historique</i> et SPHERE) ont permis de faire un premier état des lieux et d'avancer dans la proposition de méthodologies de collecte critique des données. Nous nous permettons de renvoyer à ce sujet à un certain nombre de travaux et publications auxquels nous avons participé (voir Bibliographie).</p> <p>Il apparaît aussi clairement que, au-delà des compétences et des outils de recherche, manque aujourd'hui en France, sur cet objet spécifique de la mise à disposition et du partage de l'information historique des crues et inondations, une compétence à caractère administrative et technique, qui assure l'interface entre les utilisateurs de ces données, qui ne se limitent pas aux scientifiques, gestionnaires ou techniciens (cf. travail sur le développement de la conscience du risque avancé par la loi du 30 juillet 2003), et les "détenteurs-producteurs" de ces mêmes données qu'elles soient très anciennes (archives) ou plus récentes. L'expertise menée sur le Bas-Rhône a de ce point de vue clairement souligné les difficultés qu'il y avait aussi à rassembler les données relatives à des événements majeurs récents (cf. crues de 1993, 1994). Dans cette perspective, une démarche associant mobilisation de l'information historique ancienne et retour d'expérience sur les événements récents semble, à moyen terme, le gage d'une réponse efficace à la question de la maîtrise de l'information. De ce point de vue, la démarche de nos collègues italiens de l'IRPI-Turin, nous semble fort instructive.</p>
Eric Martin	<p>Vous trouverez ci-joint suite à notre réunion du 9 juin le site allemand fournissant les types de temps sur l'Europe de 1881 à 1998. Un article décrit les types de temps (avec un exemple de carte), et un fichier est téléchargeable et fournit les types de temps quotidiens. Je n'ai pas eu le temps de regarder en détail le site, ni d'estimer l'apport de cette étude pour la pluviométrie du bassin du Rhône. Il faudrait regarder en particulier regarder si les types de temps associés aux fortes pluviométries sur le Rhône ne sont pas "noyés dans la masse". Si ce n'est pas le cas cela pourrait apporter de l'information sur l'analyse des crues anciennes du Rhône. Il n'y a pas d'accès direct aux cartes de pression sol. Voici l'adresse du site :</p> <p>http://www.pik-potsdam.de/~u Werner/gwl/ <http://www.pik-potsdam.de/~u Werner/gwl/></p>

Bibliographie

Achard, P., *Note chronologique sur les différentes inondations dont la ville d'Avignon et les lieux environnants ont eu à souffrir*, Avignon, 1873.

Barriendos M., Cœur D. [2004] - Flood data reconstruction in Historical times from non-instrumental sources in Spain and France, *Systematic, Palaeoflood and Historical Data for the Improvement of Flood Risk Estimation – Methodological Guidelines*, Madrid, Centro de Ciencias Medioambientales, Edited by G. Benito & V. R. Thorndycraft, 29-42.

Champion M., *Les inondations en France du VI^e siècle à nos jours ...*, Paris, Dalmont & Dunod, 1858-1864, 6 vol.

Cœur D., Lang M. [2002] - L'enquête en archives et la connaissance des inondations, in *Avalanches et risques. Regards croisés d'ingénieurs et d'historiens*, actes du séminaire du programme « Histoval » (Grenoble, 16 septembre 1999), Cemagref-Université Pierre Mendès France (CRHIPA/HESOP), Grenoble, MSH-Alpes, 133-144.

Cœur D., Lang M., Paquier A. [2002] – L'historien, l'hydraulicien et l'hydrologue et la connaissance des inondations, *La Houille Blanche* –

Revue Internationale de l'Eau, n°4/5, 61-66.

Lang M., Cœur D., Brochot S., Naulet R. [2003] – *Information historique et ingénierie des risques naturels : l'Isère et le torrent du Manival*, Antony, Cemagref Editions, Collection « Etudes », Gestion des milieux aquatiques, n°18, 180 p.

Pardé M., *Le régime du Rhône et de ses affluents ; étude hydrologique : I-Etude générale, II-La genèse des crues*, Lyon, Librairie P. Masson, 1925.

Pichard G., *Espaces et nature en Provence : l'environnement rural 1540-1789*, Thèse d'histoire, Université d'Aix-Marseille, 1999, 1800 p.

Pichard, G., Les crues sur le bas Rhône de 1500 à nos jours. Pour une histoire hydroclimatique, *Méditerranée*, 3-4, 1995, pp. 105-116

[réponses](#)

Q22 Est-il possible de lui affecter une probabilité?

Nom, date	Texte
J.P.Jordan, 14/05	<p>L'affectation d'une probabilité ou d'une période de retour à la crue va dépendre de la longueur de la série historique prise en compte. Pratiquement systématiquement, il est constaté que lorsqu'on utilise les données historiques du dernier millénaire, la fréquence d'apparition d'une crue est beaucoup plus grande de celle fournie par l'analyse statistique des cent dernières années. Mais, il est souvent difficile d'introduire les crues historiques dans l'analyse statistique en raison des incertitudes sur les débits estimés, notamment à cause des modifications morphologiques du fleuve.</p> <p>Je ne sais pas si cela a été fait, mais l'analyse statistique des valeurs observées doit être effectuée en calculant un intervalle de confiance (seuil généralement admis de 80 ou 90%). Cela permet alors de vérifier qu'en intégrant les crues historiques anciennes, on se situe toujours dans l'intervalle de confiance. Les niveaux de protection devraient être définis compte tenu du seuil supérieur de l'intervalle de confiance. Ce qui permet à mon avis de faire face également aux effets éventuels d'un changement climatique.</p>

[réponses](#)

Q23 Quelle analyse juridique peut-on en déduire ?

Nom, date	Texte
Domenach Jacqueline (cf. Rex Gard, question 5)	<p>Question : Y a-t-il eu des cas de force majeure ?</p> <p>Principe : la force majeure est une cause d'exonération de la responsabilité. Sa qualification résulte de l'appréciation faite par le juge des événements (juge administratif ou juge judiciaire).</p> <p>Conditions : pour qu'un événement soit qualifié de cas de force majeure, le juge exige la réunion de trois conditions : extériorité, irrésistibilité et imprévisibilité.</p> <p>Les inondations à l'origine de conséquences catastrophiques sont souvent le fait de conditions météorologiques exceptionnelles, de pluies d'une extrême violence et de longue durée. Mais de telles caractéristiques, si elles peuvent jouer sur le caractère irrésistible de l'événement sont loin de suffire pour qualifier une situation d'imprévisible.</p> <p>La qualification de force majeure au niveau du juge :</p> <p>L'appréciation de la force majeure est une appréciation <i>in concreto</i> et il est donc difficile de mettre en évidence des solutions générales et de dégager des critères a priori. Les caractéristiques liées à l'inondation, telles que sa violence, son caractère exceptionnel peuvent servir surtout à démontrer le caractère irrésistible de l'événement et attester que les mesures de prévention quant aux conséquences de l'événement ont été adoptées.</p> <p>Par contre, ces caractéristiques sont rarement retenues pour l'appréciation du caractère imprévisible de l'événement. L'imprévisibilité se rattache moins aux caractéristiques de la situation qu'au fait que le contexte ne pouvait laisser prévoir la catastrophe. La condition d'imprévisibilité n'est jamais réunie lorsque des événements semblables se sont déjà produits, même dans un temps éloigné ou que les conditions concrètes pouvaient laisser augurer du risque.</p> <p>Aussi, en matière d'inondation les cas de force majeure sont qualifiés de moins en moins fréquemment.</p> <p>Analyse des deux hypothèses dans lesquelles l'imprévisibilité n'est pas retenue :</p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>L'existence de précédents</i> <p>Pour apprécier si l'événement était imprévisible, le juge utilise la technique du précédent, sans préciser la durée qui de fait peut être très longue : CAA de Lyon, Buisson et autres. L'imprévisibilité tend à se confondre avec l'événement sans précédent. Aussi du fait des antécédents, il est de plus en plus difficile d'établir que la condition d'imprévisibilité existe. Dès lors qu'un phénomène naturel est susceptible de se produire parce qu'il s'est déjà produit, il n'est pas imprévisible et son intensité ne l'est pas davantage. Dans l'affaire du Grand-Bornand, les précédents ont été analysés entre 1733 et 1936. La violence à elle seule ne peut justifier l'imprévisibilité, dès lors que des inondations se sont déjà produites dans le passé. D'où l'importance des données</p>

connues scientifiquement.

- *L'analyse de la situation dans une période et non pas seulement dans le cadre d'un événement circonscrit.*

L'événement en lui-même peut présenter un caractère exceptionnel, mais les circonstances dans lesquelles il est survenu pouvait montrer que des mesures de précaution s'imposaient : exemple, les terrains étaient déjà gorgés d'eau et ce fait pouvait laisser prévoir une catastrophe. Ainsi, ce n'est pas l'événement en lui-même qui est analysé, mais les conséquences prévisibles du fait de l'événement. Telle est la solution retenue dans l'affaire du Grand-Bornand. Alors que le TA de Grenoble avait rejeté les demandes des victimes en estimant que la crue revêtait les caractéristiques d'un événement de force majeure, la CAA de Lyon a rejeté ce raisonnement en soulignant que les sols étaient gorgés d'eau et que par conséquent le danger était prévisible. En l'espèce, un orage d'une rare violence d'était abattu sur la chaîne des Aravis le 14 juillet 1987, créant une catastrophe importante tant pour les personnes que pour les biens. Mais la CAA de Lyon pour analyser la question de l'imprévisibilité ne se limite pas à l'analyse de l'événement du 14 juillet, mais à la situation avant l'orage et en particulier au fait que des pluies abondantes étaient tombées en juin qui avaient totalement saturé les sols en eau. **Par conséquent, les autorités compétentes doivent tenir compte, pour agir, de l'ensemble du contexte et non pas seulement de l'événement qui s'est produit dans un temps très court.** Cette mise en relation entre un événement exceptionnel et la situation de pluviosité dans un temps plus long tend à réduire encore la qualification du cas de force majeure, comme cause exonératoire de responsabilité, au regard notamment de l'obligation de sécurité qui s'impose aux autorités locales (*conc. Lucienne Erstein, sur CAA Lyon, Le Grand-Bornand, Droit administratif, juillet 1997, p. 7*). Une telle exigence est devenue d'autant plus importante que s'applique le principe de précaution.

La force majeure existe-t-elle en matière d'inondation ?

Loin d'être inutile, cette question est devenue importante en matière d'inondation. Il est clair que **dès lors qu'un événement s'est déjà produit antérieurement dans un lieu donné, l'événement ne sera pas qualifié d'imprévisible et cela même s'il s'est produit longtemps auparavant. De plus, les autorités compétentes doivent prendre en compte la situation générale et en particulier la pluviosité sur plusieurs jours et assumer leur responsabilité, sans que l'événement lui-même puisse venir les exonérer de leur responsabilité.**

Le juge ne retiendra donc le cas de force majeur que dans deux hypothèses :

Un tel événement ne s'est jamais produit auparavant dans le lieu concerné

La réunion de circonstances particulières est constitutive d'un cas de force majeure : CE 27 mars 1987, Société des grands travaux de Marseille : « Considérant qu'il résulte de l'instruction et notamment du rapport d'expertise, que l'inondation dont les propriétaires des zones maraîchères ont été victimes est exclusivement imputable à la conjonction exceptionnelle d'une pluviosité d'une extrême gravité, d'une crue importante de la Garonne et d'une marée particulièrement forte, conjonction qui doit être assimilée à un cas de force majeure ». C'est donc davantage la conjonction d'événements qui est susceptible de révéler un cas de force majeure que la survenance d'un seul événement.

Q24 : Quels rapprochement peut-on faire avec des événements extrêmes affectant des territoires "comparables" (delta du Pô, Rhin etc.) ?

Nom, date	Texte
J.P.Jordan, 14.5.04	Il me paraît essentiel que la réflexion sur le Rhône intègre les enseignements tirés des événements d'Europe centrale de 2002. En particulier, la possibilité d'avoir des crues qui dépassent largement tout ce qui a pu être observé par le passé. Le dispositif d'intervention d'urgence, notamment, doit pouvoir intégrer de tels événements.
F.Maraga, 07.06.04	L'analyse de comparaison des effets produits par les événements extrêmes sur des situations différentes par l'évolution morphologique et sédimentaire du delta porte à la définition de scénarios représentatifs de la vulnérabilité des territoires. Sur le long temps d'aménagement avec les digues il est aussi possible d'évaluer la récurrence des causes de rupture, soit par submersion, soit par érosion de berge, soit par siphonnement. Voir aussi le site Internet de l'Autorité de Bassin du Pô www.adbpo.it .

[réponses](#)

Q31 : Dans ce domaine, quelle évaluation peut-on faire de l'incidence des aménagements hydrauliques depuis 1840, en liaison avec l'évolution économique et sociale, notamment de la Camargue ?

Nom, date	Texte
Bernard Picon, 11/05	<p><i>Incidence des aménagements hydrauliques en liaison avec l'évolution économique et sociale de la Camargue.</i></p> <p>Mise en place d'un système "socio-hydrologique" particulier</p> <p>Les sociétés humaines ont toujours cherché à exploiter les alluvions du delta du Rhône. Elles ont commencé par s'endiguer parce qu'en terre basse, chaque année, le fleuve inondait la plaine et empêchait d'y habiter en permanence. Le premier travail humain a donc été l'endiguement. Ensuite, les hommes se sont retrouvés confrontés à un deuxième problème, celui de la salinité des sols.</p> <p>Les nappes phréatiques sont salées puisque les alluvions ont gagné sur la mer et que des masses considérables d'eau de mer sont restées captives dans le sous-sol. Ces nappes sont réapprovisionnées par la mer. La région est caractérisée par un déficit hydrique de 500 mm. Il tombe du ciel moins d'eau qu'il ne s'en évapore. Donc, l'eau des nappes remonte à la surface des sols ainsi que le sel qu'elle contient et salinise les sols de surface. Il a fallu, après avoir endigué, recréer artificiellement le mécanisme naturel des inondations pour dessaler les sols de surface.</p> <p>Les inondations du Rhône avaient un effet bénéfique parce que l'eau douce amenée par le fleuve dessalait les sols. A partir du moment où l'endiguement a été complet, ce dessalement ne se produisait plus. Progressivement et surtout au 19^{ème} siècle, grâce à l'invention de la machine à vapeur, des pompes ont été installées au bord des deux bras du Rhône pour introduire l'eau douce qui faisait défaut à l'agriculture. Il y a aujourd'hui environ 80 stations de pompage électrique qui introduisent dans le delta 400 millions de m³ d'eau douce par an qui sont répandus sur les sols pour les dessaler. Pour rentabiliser ces entrées d'eau, on cultive essentiellement du riz.</p> <p>La superficie des exploitations agricoles oscille entre 200 et 2000 hectares. Cette structure foncière exceptionnelle s'explique par les contraintes de la mise en valeur du milieu. Une petite paysannerie locale n'aurait jamais pu consentir à des frais aussi considérables pour la mise en valeur de cette région. Des capitaux accumulés ailleurs que dans l'agriculture se sont investis dans ce territoire et, avec leur aide, on a endigué et construit des milliers de kilomètres de canaux d'irrigation et de drainage. A la fin du 19^{ème} siècle, l'industrie salinière, qui est aujourd'hui la Compagnie des Salins du Midi et des Salines de l'Est, s'installe dans le sud est du delta pour produire du sel à usage industriel. Dans ce delta, se trouve le plus grand salin d'Europe en production : 1 million de tonnes par an, sur une superficie de 15 000 hectares.</p> <p>Le paradoxe du delta – Un décalage symbolique</p> <p>A la fin du 19^{ème} siècle, un conflit d'usage de l'eau éclate entre les agriculteurs qui adoucissaient l'eau et renvoyaient de l'eau</p>

douce dans les étangs centraux par drainage et l'industrie salinière qui utilisait ces étangs pour la concentration du sel. Un procès, dont les clauses n'ont jamais été respectées par les parties, en a découlé. Agriculteurs et saliniers ont trouvé tout à fait raisonnable de se créer une zone "démilitarisée", une zone tampon entre milieu doux et milieu salé, en confiant ces étangs centraux à la Société Nationale d'Acclimatation de France, qui est aujourd'hui la Société Nationale de la Protection de la Nature.

Ainsi le territoire est maintenant divisé en zones agricoles irriguées qui dessalinisent les sols du Nord, de l'Ouest et de l'Est du delta ; au sud, une industrie salinière qui salinise au maximum les sols et au centre du delta, une réserve intégrale de nature de 15 000 hectares, la plus grande réserve de France, dont les milieux saumâtres, biologiquement très productifs donnent à la Camargue l'image surfaite de milieu naturel. En effet, ces milieux sont artificiellement approvisionnés en eau. Ainsi, la création de la réserve de Camargue a déteint sur la façon dont notre société aujourd'hui, y compris les représentants des politiques publiques et des services de l'Etat, se représente le delta du Rhône, c'est-à-dire comme un espace naturel. Pour l'exemple, je peux citer une phrase éditée par le Parc Naturel Régional de Camargue qui date de 1992, à l'occasion de la publication d'une carte d'occupation du sol. Cette carte présente des milieux saliniers, des milieux agricoles, des milieux urbains et une réserve nationale et paradoxalement, le prospectus nous dit : "*La Camargue, delta du Rhône, est un haut lieu de nature, c'est actuellement le dernier grand espace naturel intact de toute la côte méditerranéenne*". Ainsi, les représentations ne sont pas absentes des politiques publiques et le Ministère de l'Environnement, appuyé par la DIREN, n'a cessé de traiter le delta du Rhône comme un espace naturel.

Avec la mode contemporaine du goût pour la nature et pour l'environnement, beaucoup de gens sont venus habiter dans ce territoire pour vivre près de la nature ou dans la nature. Quand les digues ont cassé en 1993 et en 1994, la population s'est tout à coup rendu compte qu'elle n'était pas dans la nature. Elle a redécouvert qu'elle habitait dans un polder agricole et salinier.

Pour la mission Dambre, mission interministérielle chargée d'évaluer les raisons de cette inondation, "*Ces digues n'étaient plus entretenues depuis une centaine d'années*" Des arbres, des buissons y poussaient ; des blaireaux, des lapins, des ragondins y vivaient. C'était très joli dans un espace naturel. La catastrophe est effectivement due au non-entretien des digues mais le non entretien des digues est dû très largement à un décalage entre l'image symbolique de ce territoire et son fonctionnement réel.

La recherche fondamentale reconstruit, objectivise ce territoire comme un polder agricole et salinier. Il faudrait aussi que certaines institutions publiques prennent ce recul et fassent preuve de plus de réflexivité par rapport aux représentations dominantes actuelles sur la nature. En fait, le Parc Naturel Régional avait été créé en 1966 pour faire de cette région une coupure verte entre les aménagements de Fos-sur-mer et les aménagements touristiques du Languedoc Roussillon.

En conséquence, une **première proposition** en découle: faire très attention aux représentations dominantes et faire attention à ce que ces représentations ne finissent pas par imprégner les politiques publiques.

Un décalage normatif

On s'est aperçu avec stupéfaction quand les digues ont cassé, qu'elles étaient gérées par une association dont les statuts dataient de 1849, révisés en 1883 et qui n'avaient pas évolué depuis. Ces statuts avaient été inventés dans le cadre d'une société agraire, pour des agriculteurs et par des agriculteurs, grands propriétaires. "*L'assemblée générale des intéressés se compose des propriétaires possédant, dans le périmètre de l'association des immeubles portés pour un revenu de 50 francs au moins dans la*

*matrice du rôle de la contribution foncière. Chaque propriétaire a autant de voix que le minimum d'intérêt, contenu de fois dans le revenu cadastral de ses immeubles*⁴. En d'autres termes, les statuts rentraient dans le cadre d'un système censitaire, c'est-à-dire que seuls les plus dotés avaient le droit de voter (une voix par 100 hectares). Les grands propriétaires géraient les digues de Camargue uniquement en fonction de leurs intérêts et ceux-ci ont été progressivement de ne plus internaliser le coût des digues et donc, de ne pas les prendre en charge.

Ainsi, un deuxième décalage apparaît. Il n'est plus entre le symbolique et le réel mais entre un système normatif hérité du passé, qui perdure dans le cadre d'une société qui a complètement changé et évolué. Aujourd'hui, en Camargue, il n'y a pas que des intérêts agricoles, il y a des intérêts touristiques, de loisirs, résidentiels, etc.

La **seconde proposition** serait, dans le cas des catastrophes, de prendre en compte le temps long. Il s'est passé 150 ans entre les deux inondations. 1856, 1993. En 150 ans, personne n'est venu regarder si les normes de gestion des digues étaient toujours adaptées. Dans les zones où les catastrophes peuvent arriver tous les 100-150 ans, la proposition serait de revisiter régulièrement les réglementations concernant la gestion des risques.

La segmentation des politiques publiques au cœur de la problématique du risque

Le troisième point concerne ce qui a été révélé, non pas par les causes de la catastrophe, mais par ce qui s'est passé après.

Je plaiderai pour une dé-segmentation des politiques publiques. Dans la science ou dans la recherche, traiter les questions de l'environnement n'est envisagé qu'avec un minimum d'interdisciplinarité entre sciences de la nature, sciences de l'homme, etc. Une bonne gouvernance ne peut plus se satisfaire des segmentations qui existent entre les institutions publiques : DDE, DDA, DIREN, service maritime, voies navigables de France.

Par exemple, en 1996, un syndicat mixte de gestion des digues a été créé, c'est-à-dire que le statut d'association privée a été cassé. En 1997, le préfet a autorisé les travaux d'urgence pour 12 millions de francs, les travaux d'urgence ne doivent pas dépasser 12 millions de francs. Ces travaux d'urgence échappent à la loi sur l'eau de 1992.

En 1998, l'Etat a voté 300 millions de francs pour restaurer les digues de Camargue. C'est seulement en 2003, que les travaux de confortement des digues ont commencé, c'est-à-dire qu'il a fallu 10 ans de dossiers pour pouvoir attaquer les travaux parce qu'en 1998, le préfet a décidé d'arrêter les procédures d'urgence et de passer par la loi sur l'eau, mais il accepte un compromis en déterminant des secteurs prioritaires sur lesquels des travaux seront réalisés.

Le SYMADREM⁵, le syndicat mixte, définit les sites où les digues sont fragiles et propose de commencer les travaux dans ces zones. La DIREN refuse et demande des études pour définir les secteurs prioritaires, en prenant en compte par exemple le nombre de mètres cube seconde qui arriveraient si la digue cassait un endroit particulier, le niveau d'eau supposé dans la plaine et la densité d'urbanisation. Le SYMADREM se lance alors dans ces études : appels d'offres, bureau d'études...

En 1999, le SYMADREM sort 7 rapports pour un poids de 15 kilos. En avril 2000, les services instructeurs de l'Etat n'ont

⁴ Statuts de l'association

⁵ SYMADREM : SYndicat Mixte d'Aménagement Des Rives du Rhône et de la Mer

	<p>toujours pas donné leur avis sur ce rapport. Le préfet les incite à donner une réponse. Le service maritime conclut que le rapport est insuffisant car il fallait dissocier le secteur maritime et le secteur fluvial. Le SYMADREM élabore un nouveau rapport qu'il remet fin 2001. La DIREN le conteste parce que dans le secteur fluvial les nouveaux linéaires des digues ne sont pas précisés. Le rapport est à nouveau modifié. Fin 2002, les travaux sur le secteur maritime peuvent commencer et en 2003, sur le secteur fluvial. Ce va et vient a duré 10 ans.</p>
J.P.Jordan, 14/05	<p>Je me permets de mettre mon grain de sel dans la problématique de dé-segmentation des politiques publiques en faisant part de l'organisation en Suisse. Les responsabilités sont clairement établies pour la protection contre les crues qui incombe aux cantons. Ceux-ci disposent en général d'un seul service administratif qui coordonne les actions et définit les bases nécessaires, même si le maître d'ouvrage peut être la commune ou un syndicat. Cela n'empêche évidemment pas la coordination indispensable avec les différents intéressés tout au long de la planification.</p>
D. Cœur, 04/06	<p>Pour donner un éclairage complémentaire au développement de B. Picon dans les perspectives duquel je m'inscris tout à fait, j'apporterai un certain nombre d'éléments sur le dispositif d'endiguement du Rhône de Viviers à la mer, en particulier sur les continuités/ruptures observables suite à la grande inondation de 1856. Certains éléments intéressent aussi les Q33 & 42.</p> <p>Au milieu du XIXe siècle, le morcellement est le trait le plus caractéristique de la situation des ouvrages d'endiguement en amont de Beaucaire alors qu'à l'aval on dispose d'ouvrages pratiquement continus jusqu'à la mer (cf. digue de Beaucaire à la mer). Ces derniers sont d'ailleurs fort anciens et remontent pour la plupart au Moyen Age. Entre Viviers et Beaucaire, ces aménagements médiévaux ne représentent que 20% des ouvrages et sont établis en général à proximité des bourgs (cf. digue de ceinture de Caderousse, digue de la Basse Vallergue, digue de Boulbon). La grande majorité des alignements défensifs existant en 1850 a été construit après 1750, et un grand nombre au cours de la première moitié du XIXe siècle, pour des raisons agricoles surtout.</p> <p>Les ouvrages consistent principalement en des "chaussées" longitudinales au fleuve (mais pas forcément implantées directement le long des berges, c'est-à-dire en des levées ou remblais en terre ou gravier, submersibles ou non). L'usage de la pierre en couverture (perrés maçonnées ou non) ou pour la structure même de l'ouvrage, était réservé en général à la proximité des ponts ou villes (cf. digues de Châteauneuf, Roquemaure, Avignon, etc.). Ailleurs, le gazonnement constituait le revêtement habituel. Selon les dispositions locales du fleuve (méandrement, îlons, espaces de confluences), les ouvrages pouvaient prendre des directions multiples, constituant au fil du temps des assemblages complexes, inscrits dans une bande plus ou moins large de part et d'autre du chenal principal, et dont le fonctionnement global en cas de grande crue échappait totalement à ceux qui, localement, avaient établi ou entretenu ces ouvrages en vue d'assurer la défense de leurs biens. On notera qu'en 1856, les 2/3 des brèches aux ouvrages l'ont été suite à leur submersion, contre 1/4 à peu près par infiltration.</p> <p>En matière de financement des travaux, il faut souligner que le dispositif des Associations Syndicales (AS) forcées établi par la loi de septembre 1807, s'il marque un interventionnisme accru de l'Etat, ne marque ni la naissance officielle des groupements de riverains (on en trouve dès l'époque médiévale à Avignon, Arles, etc.), et surtout, ne va pas forcément apporter plus de cohérence dans l'établissement des ouvrages d'endiguement à l'échelle du Bas Rhône. Sans véritable démarche (technique, juridique et administrative) de mise en cohérence globale avancée par l'administration des Ponts et Chaussées, le développement des AS</p>

après 1830 et surtout après l'inondation de 1840, va au contraire fortement rajouter aux morcellements des initiatives.

L'événement de 1856 est l'occasion d'une série de prises de conscience et d'orientations de la part de l'administration technique d'Etat (Ponts et Chaussées) sur les choix techniques faits jusqu'alors (les hauteurs maximales atteintes par l'inondation de 1856 ont dépassé sur le Bas Rhône celles de 1840). La première est l'abandon officiel d'un système d'endiguement général insubmersible entre Lyon et Tarascon qui ne ferait qu'aggraver l'exposition des villes. Kleitz, ingénieur en chef du Service Spécial du Rhône précise en 1860 "qu'il aurait pour effet d'élever le niveau d'une crue pareille à celle de 1856 d'au moins 2 mètres à Beaucaire et Tarascon, et rendrait la défense de ces villes à peu près impossible". Seule la partie située à l'aval de Beaucaire-Tarascon (Camargue) doit accueillir et conserver ses ouvrages insubmersibles du fait notamment, selon lui, de sa position défavorable qui l'expose aux conséquences de tous les aménagements amont. En outre, l'endiguement développé ici n'a aucune conséquence sur l'aval (rejet également d'un nouveau canal de dérivation des grandes crues en Camargue). La seconde conclusion technique importante faite par Kleitz est l'abandon de la solution des barrages réservoirs (inefficaces et d'un coût exorbitant), et de conclure notamment pour le Bas Rhône : "Il faut donc renoncer à l'illusion de voir diminuer les crues du Rhône par des barrages de retenue et se borner à en atténuer les dommages par des défenses locales".

L'option générale adoptée pour le Rhône moyen et le Bas Rhône jusqu'à Beaucaire va donc avoir pour objectif d'assurer la réalisation d'un endiguement submersible aux crues "extraordinaires" mais insubmersibles aux crues "ordinaires". Pour cela, le niveau des ouvrages à réaliser au-dessus des berges naturelles ne doit pas dépasser 1,5m/2m. Critères abondant dans ce sens : coût raisonnable, capacité de résistance aux crues extraordinaires, faible influence sur la hauteur des eaux avec des conséquences "raisonnables" sur les secteurs aval. Il est donc prévu de conserver et renforcer les ouvrages existant en tête des plaines qui vont former des "têtes de défense insubmersibles" tout en laissant les plaines submersibles du côté aval. Un certain nombre de dispositions complémentaires sont prévues : la possibilité d'assurer des colmatages fertilisants dans certains secteurs, le renforcement de la lutte contre les courants par le développement des plantations de lisière et quelques ouvrages transversaux. Le tout est calé sur un calcul économique précis des dépenses à engager et des gains à attendre notamment en matière agricole. La balance est positive selon Kleitz. "En ce qui concerne les crues ordinaires, nous pensons donc que l'inconvénient de leur exhaussement trouvera un correctif dans un léger surhaussement des digues dans les régions d'aval, et sera en tous cas plus que compensé par les avantages résultant de l'endiguement"

Les projets et réalisations effectives de la seconde moitié du XIXe siècle vont consister pour la plupart en un renforcement, quelques surélévations, et surtout un prolongement des alignements existants. Sauf exception, on veilla à ce que les nouvelles digues insubmersibles devant assurer la protection des villes (loi du 28 mai 1858) ne diminuent pas les sections d'écoulement. En 1856, les villes plus particulièrement concernées par les dégâts et travaux de protection furent : Lapalud (83 maisons écroulées), Mornas (200 maisons inondées), Caderousse (4 m d'eau ; toutes les maisons inondées), Sorgues (2,5 m d'eau), Avignon (4000 maisons inondées), Aramon (520 maisons inondées), Vallabrègues (420 maisons), Tarascon (2,5m d'eau), Villeneuve-lès-Avignon (2 m d'eau).

Les options techniques pour assurer la protection du Bas Rhône contre les inondations vont faire l'objet de débats récurrents après chaque événement. Ainsi, après les crues de décembre et janvier 1955, l'habituelle opposition ville/campagne voit cette fois

	<p>les représentants de l'Agriculture insister pour promouvoir des ouvrages insubmersibles pour préserver les terres, alors que les villes demandaient elles toujours le maintien de zones d'expansion et champs d'épandage. Les projets d'aménagement de la CNR intégreront en partie ces contraintes en cherchant des compromis techniques : abaissement du niveau des chutes par rapport aux projets initiaux, digues à l'amont des barrages pour la protection des terres exposées par la remontée des lignes d'eau, canaux de Montélimar et Donzère offrant possibilité de dérivation lors des crues. Si l'on évoque une nouvelle fois l'idée des barrages réservoirs et de l'insubmersibilité totale (M. Pardé la proposait à partir de Pont-Saint-Esprit), l'option digues submersibles/champ d'inondation sera encore la solution la plus partagée. Les conclusions et propositions restent d'une manière générale très techniques, renvoyant sans le dire aux AS de riverains tout ce qui aurait pu relever d'une négociation locale entre les acteurs de l'espace fluvial.</p>
A.Paquier, 04/06	<p>On pourrait avancer que les aménagements hydrauliques depuis 1840 ont conduit principalement à une modification des activités dans le lit majeur mais cela peut aussi être considéré comme une cause de la réduction des zones d'expansion des crues, ceci se traduisant par une augmentation de la vulnérabilité engendrée par une meilleure maîtrise de l'eau. En conclusion de ce mutuel renforcement, il apparaît une réduction des alternatives de fonctionnement hydraulique du système.</p>

Bibliographie

Allard P., *Eléments pour une problématique de l'histoire du risque. Du risque accepté au risque maîtrisé. Représentations et gestion du risque d'inondation en Camargue, XVIIIe-XIX siècles*. HDR, Université d'Aix-Marseille II, 2000, 200 p.

Béthemont J., *Le thème de l'eau dans la vallée du Rhône. Essai sur la genèse d'un espace hydraulique*, St-Etienne, Impr. Le feuillet blanc, 1972, 641 p.

Pailhès S., La digue à la mer ou les mésaventures de l'État en Camargue, *Provence Historique*, fascicule 200, avril-mai-juin 2000, pp. 189-206.

Méjean A., Utilisation politique d'une catastrophe : le voyage de Napoléon III en Provence durant la grande crue de 1856, *Revue Historique*, n°597, Janv-Mars 1996.

[réponses](#)

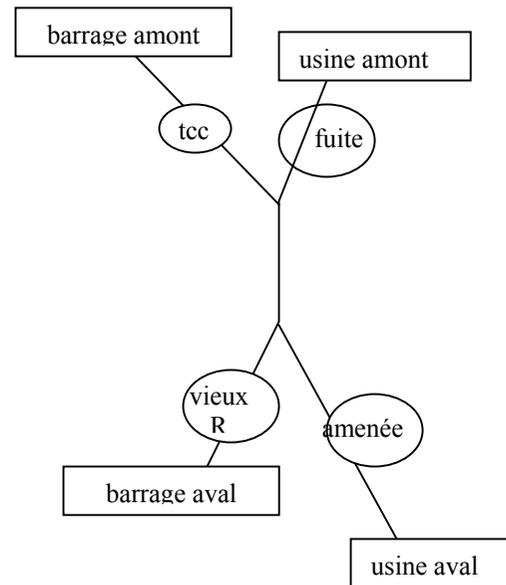
Q32 : Quelles sont les modélisations actuellement utilisées pour représenter le fonctionnement hydraulique du bassin concerné ?

Nom, date	Texte
Erik Mosselman, 26/04	Aux Pays-Bas, la loi prescrit que les niveaux d'eau de la Meuse et des bras du Rhin lors d'une crue de référence soient calculés avec un modèle bidimensionnel. Les calculs sont refaits chaque cinq ans pour vérifier la situation actuelle. L'effet des mesures proposées est calculé avec le même modèle.
Jean Pierre Jordan, 14/05	<p>Il ne faut pas oublier également la simulation du transport solide (sédiments et charriage). Le concept de gestion des crues doit en effet se baser sur une modélisation à long terme des bilans sédimentaires et définir à la fois le profil en long d'équilibre et des mesures de gestion des sédiments (prélèvements). Des modèles 1D sont généralement suffisants, l'important étant de pouvoir disposer de différents levés de profils au cours du temps pour le calage du modèle.</p> <p>Pour l'hydraulique pure, les simulations sur le Rhône à l'amont du lac Léman se font à l'aide d'un modèle 1D de type HECRAS. Les incertitudes sur les coefficients de rugosité (influence de la végétation notamment) sont telles qu'un modèle plus sophistiqué n'est pas requis. Les zones inondables sont en revanche modélisées avec un modèle 2D.</p>
E.Mosselman, 31/05	Malgré les incertitudes considérables sur les coefficients de rugosités, un modèle 2D à l'écoulement non permanent a des avantages pertinents : (1) la bidimensionnalité rend les schématisations moins ambiguës (si le lit mineur consiste en méandres dans un lit majeur moins sinueux, les distances le long du fleuve changent avec le débit de la crue), (2) la bidimensionnalité permet une représentation, et donc une évaluation, plus précise (moins subjective) des mesures proposées pour réduire les niveaux d'eau, (3) la non-permanence de l'écoulement permet la simulation de l'atténuation et de l'écrêtement de l'onde de crue.
Paul Royet 04/06	<p>Pour le Rhône, se référer aux études réalisées par CNR pour l'EPTB "Territoire Rhône". Ces études couvrent toute la gamme des débits jusqu'à 14 000 m³/s. Elles sont basées sur un modèle 1D, en régime non permanent, avec zones de stockage et casiers. Il serait intéressant de confronter les résultats de ces études avec les hauteurs d'eau constatées en décembre 2003.</p> <p>Dans le cadre de la modélisation de l'onde de rupture du barrage de Serre-Ponçon, EDF a effectué une modélisation 2D en régime transitoire de la zone en aval de Mallemort sur la Durance. EDF arrête le calcul 8 km en aval de Beaucaire et justifie cet arrêt du calcul par la difficulté de la modélisation et par le fait qu'on a un débit maximal (15 900 m³/s) peu supérieur à celui de la plus forte crue connue (crue de 1840) dont le débit, estimé entre 13 000 et 14 000 m³/s serait de l'ordre de celui de la crue millénaire. Du coup, EDF considère que toutes les digues sont submergées et se rompent, et reprend la cartographie de la zone inondée lors de la crue de 1840 (cartes établies par Pardé).</p>
André Paquier, 04/06	L'Etude Globale sur le Rhône a inclus la construction de modèles 1D à casiers sur l'ensemble du linéaire du Rhône depuis la frontière. En amont d'Arles, un modèle est bâti pour chaque aménagement. Pour le delta, un seul modèle existe, qui s'étend sur

	<p>toutes les zones inondables à partir du Rhône y compris suite à une rupture de digue. Le principe de ces modèles est le même : une description des lits principaux par des sections en travers (espacées de 500 m souvent) où on applique les équations de Saint venant et une description des du lit majeur par des casiers à l'intérieur desquels la topographie n'est pas détaillée. Ces modèles une fois calés sur des événements passés (précision > 15cm en lit mineur et >50 cm en lit majeur) permettent d'examiner les conséquences de différents scénarios pourvu que ces derniers ne soient pas trop éloignés des événements de calage. En revanche, en particulier, dans les zones de grands casiers (jusqu'à 10 km²), la dynamique de l'écoulement suite à une rupture ne pourra être rendue (sauf reproduction d'une brèche antérieure sur laquelle le modèle aurait été calé). Finalement, ces modèles permettent de tester des stratégies d'aménagement correspondant à des modifications limitées par rapport à la situation de calage. En outre, les effets de la dynamique fluviale (évolution à long terme de la topographie et modification en cours de crue des caractéristiques de l'écoulement) ne sont pas pris en compte dans ces modèles.</p>
<p>Marcel Basso, 06/06</p>	<p>L'étude réalisée par le CETE Méditerranée (P Fourmiguè) sur l'hydraulique et l'hydrologie du Gardon inférieur à travers les diverses études historiquement disponible et l'analyse de la crue catastrophique de septembre 2002 illustre assez bien les problèmes de modélisation d'un tronçon de Rhône alimenté par un affluent important. J'en livre donc le résumé :</p> <p><i>"Depuis la crue de référence de 1958, de nombreux aménagements ont été réalisés dans la basse plaine du Gardon à la confluence du Rhône, en se basant sur des études hydrologiques et hydrauliques (surtout pour CNR et TGV). Suite à la crue de septembre 2002, la DIREN Languedoc-Roussillon, dans le cadre classique d'un retour d'expérience, a demandé au CETE une analyse hydraulique de l'événement ainsi que celle de l'ensemble des études menées sur le secteur, de 1965 à 2002.</i></p> <p><i>Une fiche a été établie à l'issue de l'examen de chacune, puis on a mené une synthèse croisée de ces études au regard de la crue de septembre 2002, sous les aspects hydrologie et modélisations (mathématique et physique).</i></p> <p><i>Au cours de ces 40 années, l'hydrologie des crues extrêmes du Rhône a peu évoluée, contrairement à celle du Gardon. Les études anciennes ont mis en évidence trois points essentiels : la mauvaise qualité de la courbe de tarage du Gardon à Remoulins, la surestimation des débits admis pour la crue d'octobre 1958 et l'effet important du laminage entre cette station de mesure et la confluence avec le Rhône. Les études des dix dernières années, surtout préoccupées pour la quantification d'impact (TGV notamment), l'ont pourtant utilisée sans trop de rigueur comme crue de projet, avec des valeurs très fortes. En outre, elles ont sous-estimé la concomitance des crues du Gardon et du Rhône, facteur important de la crue de septembre 2002. On a estimé son débit de pointe à 5000-5500 m³/s à la confluence et 6500-7000 m³/s à Remoulins. En terme de période de retour, la crue de 1958 serait légèrement inférieure à la centennale et celle de 2002, à la millénaire, par comparaison aux récents résultats de l'étude Globale Rhône".</i></p> <p>De 1965 à 2002, la basse plaine du Gardon entre Remoulins et la confluence du Rhône a fait l'objet, en tout ou partie, d'au moins trois modélisations physiques et cinq modélisations mathématiques, dont les calages ont souvent été délicats. La courbe de tarage à l'aval du barrage de Vallabrègues, les incertitudes sur les débits entrants du Gardon et l'évolution de la vallée depuis 1958 peuvent expliquer une partie des écarts constatés entre les résultats de ces différents modèles. Aucune étude n'avait prévu ni testé de scénario hydrologique tel que celui observé en septembre 2002, mais certaines l'avaient encadré par d'autres scénarios extrêmes, mais jugés très improbables. La problématique du fonctionnement des digues de Comps et Aramon n'y est que</p>

	<p>rarement traitée, comme si le fait d'avoir vécu sans problème majeur la crue de 1958 suffisait à les protéger éternellement.</p> <p><i>L'impact de l'aménagement du Rhône et de la confluence du Gardon, réalisé au début des années 1970, bénéfique pour les fortes crues du Rhône ou du Gardon seul, apparaît nettement moins évident pour une très forte crue du Gardon concomitante avec une crue moyenne du Rhône, tel que l'événement de septembre 2002. Quant au TGV, l'aggravation qu'il a pu produire a dû être très limitée, sauf peut-être sur la dynamique des écoulements en phase de remplissage et vidange de la plaine. »</i></p> <p>Il faut sans doute en retenir les incertitudes non affichées, voire les contradictions de modélisation successives, la reprise de données « historiques » insuffisamment critiquées, une mauvaise prise en compte des concomitances possibles entre les crues de l'émissaire principal et de son affluent, des incertitudes sur les conditions de fonctionnement de déversoirs alimentant des casiers de stockage (CF plaine de Vallabrègues). Par ailleurs dans la configuration de l'aménagement de Vallabrègues, le débit dérivé par l'usine, qui peut varier de 0 à 2500 m3/s influence évidemment la ligne d'eau du Gardon aval.</p>
<p>Bernard Chastan 06/06</p>	<p>Les modèles mathématiques actuels sont développés :</p> <ul style="list-style-type: none"> par la CNR entre la frontière suisse et Beaucaire par le BCEOM dans le delta. <p>Géométrie :</p> <ul style="list-style-type: none"> • lit mineur : issue des levés topo effectués après 1995 • lit majeur : déduite de plans CNR, fonds IGN, et levés complémentaires de l'étude globale <p>Découpage en 20 biefs :</p> <ul style="list-style-type: none"> • 18 fonctionnant selon le même schéma : <p>lit mineur éventuellement endigué – partition retenue barrage -TCC/ canal usinier usine canal de fuite) – confluence TTC/canal de fuite – lit mineur éventuellement endigué etc.</p> <p><i>vérifier : arrive-t-il que l'influence (remous) d'une retenue se fasse sentir jusqu'à la confluence TCC-canal de fuite du tronçon à son amont.</i></p> <p>terminologie : canal de fuite = restitution</p>

1 bief =



- 2 biefs non aménagés pour la production hydroélectrique fonctionnent différemment :
 - R à courant libre entre restitution Sault Brénaz et barrage de Jons (aménagement de Cusset)
 - Delta du Rhône en aval de Beaucaire.

Découpage :

2500 km² de vallée alluviale

2485 casiers ; S_{casier} de quelques ha à quelques km²

2 types de casiers :

- dans le lit mineur ou majeur actif ; écoulements suivant la direction générale du lit. calcul : ligne d'eau et vitesses moyennes d'écoulement
- dans les champs potentiels d'expansion des crues ; calcul de volumes stockés, cotes d'eau, tirants d'eau, dans les casiers, débits d'échange entre casiers.

liaisons hydrauliques entre casiers : par ouvrages linéaires faisant seuil (remblai routier ou ferroviaire, digues), ouvrages de franchissement (pont), ouvrages de rétablissement des écoulements dans la plaine alluviale (ouvrage vanné, typhon, ponceau), sinon par la géométrie même de la plaine.

Modélisation hors delta

- modèle de la CNR filaire maillé à casiers

On distingue

- le lit majeur actif (intégration aux sections de calcul du lit mineur ; conception filaire)
- la zone de stockage = champ d'expansion des crues. vitesses quasi nulle ; remplissage par échanges le long du lit majeur actif ; la cote de l'eau y est la même que dans le lit mineur.
- le casier = caractérisé par des vitesses faibles. Contour déterminé par la topographie et les obstacles artificiels à l'écoulement des eaux, alimenté par des ouvrages identifiés (déversement sur digues ou ouvertures de vannes). En l'absence d'ouvrages spécifiques de communication entre casier, on prend en compte une loi de perte de charge linéaire (Strickler) pour régler leurs échanges.

Modélisation du Delta (= aval de Beaucaire)

- modèle STREAM du BCEOM
- modèle 1,5D avec casiers
- échanges entre casiers réglés par pertes de charge linéaire et singulière.
- un niveau d'eau associé à chaque casier et une loi (géométrique) hauteur volume du casier.
- une vitesse et un débit d'échange affectés à chaque interface entre casiers.
- écoulement filaire dans la zone endiguée (=lit mineur et ségonaux)
- terminologie : ségonal = portion de lit majeur entre digues
- casiers délimités en fonction des axes et réseaux structurant les écoulements.

Nota : la notion de casier utilisée par la CNR est très voisine de celle utilisée par le BCEOM.

Calage :

sur les cotes d'eau mesurées lors des crues de : février 90, octobre 93, janvier 94, novembre 94, janvier 95, février 99.

précision moyenne sur les lignes d'eau : 10 cm en mineur, 20 cm en majeur.

reconstitution « fidèle » des vitesses de propagation de la crue et de son évolution à la traversée des champs d'expansion de crue ou à l'aval d'affluents importants : *à préciser : valeur numérique des incertitudes sur les débits ; voir notamment dans la biblio détaillée par tronçons.*

calage dans le delta :

sur la crue de janvier 1995 (crue non débordante du lit mineur)

sur la crue de novembre 1994 (crue débordante dans le ségonal).

validation du calage sur

la simulation de la crue d'octobre 1993 (crue avec brèches, validation en étendue de la zone inondée)

la simulation de la crue de janvier 1994 (validation en cotes et débits)

Données hydrométriques :

	Lyon	Valence	Viviers	Beaucaire	T Beaucaire.	niv. marin	type
novembre 1840	5500 E	8000 E	9500 E	9000 E			
mai 1856	4200 E	8700 E	9500 E	12000 E			
février 1990	3230 M à F	5165 M	5190 M	5297 F			
octobre 1993	2806 M	6692 F	7698 E	9773 TF	30	0,62	deb. dans ségonaux avec brèches
janvier 1994	2147 f	5342 M	7564 TF	10981 TF	80	0,60	deb. dans ségonaux avec brèches
novembre 1994	762 f	2455 f	3795 f	9744 F à TF	30	0,40	
janvier 1995				4700	< 2	0,06	Non-débordement
février 1999		4770	5100	4890			

calage hors delta (de l'aval de Sault Brenaz à Beaucaire)

- dégrossissage bief par bief en régime permanent
- calage bief par bief en transitoire :
 - CL amont = débit de crue observé
 - apports affluents = débits de crue observés
 - CL aval = niveau observé à la station la plus proche du barrage
 - comparaison des cotes calculées aux laisses de crue observées
- calage modèle complet :
 - connaissance des consignes de chaque exploitant pour piloter ses ouvrages (usine hydroélectrique et barrage) : suivi d'une loi hauteur – débit en un point caractéristique du bief.
 - programmation d'un algorithme pour suivi automatique de la loi de consigne et de la répartition de débit entre usine et barrage.
 - enchaînement des biefs de l'amont vers l'aval.

comparaison des résultats aux données (limni et temps de propagation) des stations de référence.

- calage sur octobre 1993
- validation sur février 1999

apparemment pas d'essai de comportement du modèle sur les événements récents les plus forts (novembre 1996 et décembre 2003)

à vérifier : comment se fait la liaison entre le modèle amont (CNR) et le modèle aval.

les **simulations effectuées** concernent

des crues océaniques : formées par les apports des affluents du R en amont de l'Isère (Arve, Fier, Ain, Saône, Isère)

des crues générales : combinant des crues océaniques en amont de l'Isère et des crues méditerranéennes en aval.

à vérifier : la pertinence de cette typologie des crues à partir de la critique hydrologique.

Les **simulations** distinguent par tronçon homogène **3 classes de crue** :

crues moyennes : T voisin de 10 ans

crues fortes : T voisin de 100 ans

crues très fortes : T voisin de 1000 ans

voir : découpage et notion de bief homogène

Au total :

les méthodologies sont classiques et utilisables compte tenu des objectifs de l'étude ; dans la zone aval notamment on pourrait envisager de développer un vrai bidimensionnel dans l'idée de disposer de résultats plus fins ; pour cela il faudrait au moins que les données suivent, ce qui n'est pas du tout évident.

Très généralement, les réponses à la question de l'utilité d'un vrai 2D ne sont pas simples. Elles demandent d'examiner notamment les points suivants : adéquation des données à une approche 2D, détermination des zones (singularités, ouvrages, aménagements particuliers, portions de lit majeur) candidates à un traitement 2D, estimation des distances d'influence de ces zones, estimation des incertitudes dues à la réduction à un traitement 1D.

Par ailleurs, le passage au 2D ne résout pas nécessairement, le problème technique difficile de l'estimation des lois de perte de charge des ouvrages ; plus généralement l'estimation des coefficients de rugosité en 2D est délicate.

[réponses](#)

Q33 : Quel sera le fonctionnement des aménagements dans le cas de crues extrêmes?

Nom, date	Texte
J.P.Jordan, 14/05	<p>Le développement de la question mentionne le comportement des digues en cas de crue extrême et le risque de rupture. Notre expérience montre que les digues actuelles, la plupart du temps érigées à la fin du XIXème ou au début du XXème siècle, ne résistent pas à une submersion. Un concept de protection adapté pour les événements extrêmes consiste donc à définir des tronçons de déversement dans les zones d'expansion de crue. Dans ces secteurs les digues doivent résister à la submersion (dimensionnement adéquat) ou alors leur rupture peut être tolérée ou même provoqués à condition que l'inondation puisse être contrôlée. Ce dispositif a été appliqué dans la plaine d'Uri sur la Reuss et il est prévu pour le Rhône en Valais. Les digues situées entre les points de contrôle n'ont théoriquement pas besoin d'être dimensionnées contre la rupture en cas de submersion puisqu'elles ne doivent plus être submergées, même pour un événement extrême.</p> <p>A propos de l'état actuel, le document de synthèse "Territoire Rhône" fait état qu'il n'existe pas de diagnostic sur l'état des digues à l'amont du delta. Des investigations géotechniques me semblent indispensables, car le danger de rupture sans que la capacité hydraulique soit dépassée est souvent plus important que le danger d'inondation par submersion lui-même.</p> <p>Le dimensionnement des ouvrages liés à la production hydroélectrique sur le Rhône est basé sur la crue millénale. Ce niveau de protection est relativement faible. Il me paraît indispensable de vérifier le comportement du système pour une crue supérieure (qui tient compte des incertitudes). Des ruptures entraînant des catastrophes incontrôlées devraient être évitées.</p>
E. Mosselman, 31/05	<p>Il me paraît opportun d'inclure ici une correspondance précédente sur les brèches qui a été effectuée dans le cadre du travail du groupe d'appui et d'expertise scientifique pour les inondations du Bas-Rhône :</p> <p><u>Maraga, 12.04.2004</u> : [...] Dans le propos de contribuer au recalage par rapport aux autres territoires "comparables" du delta du Rhône, j'aimerais bien connaître s'il y aura sur le Rhin aussi des études sur les inondations causées par des brèches.</p> <p><u>Mosselman, 13.04.2004</u> : [...] Comme exemple, je voudrais faire référence à cet article: Hesselink, A.W., G.S. Stelling, J.C.J. Kwadijk & H. Middelkoop (2003).</p> <p><u>Mosselman, 15.04.2004</u> : Suite au mél précédent sur les brèches, je vous envoie de l'information sur la croissance des brèches. Verheij et Van der Knaap y ont dérivé une formule en se basant sur les données suivantes:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Observations de terrain : Brèche de Nieuwkuijk (1880), Brèche de Zalk (1926), Brèche du Wieringermeer (1945), Brèche de Papendrecht (1953), Brèche de Herkingen (1953), Brèche d'Oudenhorn (1953), Brèches du Zwin (1989, 1996), Brèche de Tollesbury (1995); Brèche du Tussenkl. Polder (1998), Brèche de Yahekou en Chine; • Expériences en laboratoire;

	<ul style="list-style-type: none"> • Simulations numériques (en utilisant un modèle plus sophistiqué). <p>La formule est utilisée dans un modèle bidimensionnel pour simuler les inondations. Elle est comme suit:</p> $B(t) = 1,3 (g^{0,5} * H^{1,5} / uc) * \log (1 + 0,04 * g * t / uc)$ <p>où :</p> <ul style="list-style-type: none"> • B = largeur de la brèche • g = accélération due à la pesanteur • H = différence entre les niveaux d'eau aux deux côtés de la digue • t = temps • uc = vitesse critique de l'écoulement (pour mouvement des sédiments) <p>Le valeur 1,3 pour le coefficient est un valeur d'ensemble pour digues de sable et digues d'argile. Plus précisément, on peut discerner: la valeur 1,2 pour sable, valeur 1,4 à 1,8 pour argile.</p> <p>Référence: Verheij, H.J. (2003).</p>
P. Royet, 04/06	<p>Tout à fait d'accord avec les remarques de JP Jordan.</p> <p>L'expérience des crues récentes sur les digues de Camargue mérite d'être rappelée :</p> <p>Octobre 1993 et janvier 1994 : 16 ruptures, toutes par renard, 13 liées à des terriers d'animaux (blaireaux essentiellement) et 3 liées à des traversées de conduites) ; aucune surverse (et de loin), donc aucune rupture due à ce mécanisme</p> <p>Novembre 2002 : une rupture par renard</p> <p>Décembre 2003 : deux ruptures par surverse (avec renard en même temps ?) ; plusieurs zones de très légère surverse sans rupture ; une zone de quasi-rupture suite à un renard le long d'une conduite méconnue (avec une intervention d'une efficacité remarquable de l'entreprise) et, fait nouveau en Camargue (au moins à l'échelle des crues récentes), plusieurs zones d'affouillement des pieds de digues ayant conduit à des instabilités de talus coté fleuve, en crue ou plutôt à la décrue.</p> <p>Les enseignements à tirer de tout cela sont de plusieurs ordres :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Depuis que l'on a remis à l'ordre du jour des programmes d'entretien régulier de la végétation sur les digues, le risque lié aux animaux fouisseurs a diminué, d'une part parce les animaux sont partis chercher refuge dans des zones plus tranquilles, et d'autre part parce que l'on a désormais de meilleures conditions pour inspecter les digues ; • Reste le problème des conduites et traversées diverses, dont certaines sont oubliées. Et pour celles qui sont connues, leur résistance vis à vis du mécanisme de renard est très difficile à évaluer (l'observation en crue est d'autant plus précieuse) ; • La résistance à la surverse de ces digues en limon construites au 19ème siècle est quasiment nulle. L'implantation de déversoirs visant à éviter cette surverse est probablement la seule solution pour éviter des brèches dans des zones à forts enjeux ;

	<ul style="list-style-type: none"> • L'aléa d'érosion du ségonal, et ensuite du pied de digue coté fleuve, doit être considéré. Les zones vulnérables doivent être identifiées. Les moyens de prévention par des techniques de génie civil (palplanches et/ou enrochements) sont difficiles à dimensionner (on ne connaît pas les profondeurs potentielles d'affouillement), très coûteuses et présentent des impacts environnementaux non négligeables. La solution alternative consistant à reconstruire la digue plus à l'intérieur des terres (de façon à redonner au fleuve un plus large espace de liberté) doit donc être systématiquement étudiée.
J.-P Jordan 0406	<p>Je peux confirmer que la reconstruction de nouvelles digues en retrait est souvent une solution qui n'est pas beaucoup plus onéreuse que le renforcement des digues actuelles. Cette solution a en outre l'avantage de permettre de redonner un espace supplémentaire au fleuve pour reconstituer ses fonctions environnementales (par ex. : augmentation de la dynamique, fonction paysagère). Du point de vue sécurité, l'élargissement a également de nombreux avantages : notamment diminution de la ligne d'eau par rapport à la plaine, diminution des forces érosives. Dans le cas où l'espace disponible est insuffisant, une solution, appliquée sur le Rhône dans le canton du Valais, consiste au renforcement des pieds de digues au moyen d'un remblayage extérieur. Les coûts en Valais étaient d'environ 1'200 € par m' tout compris (honoraires + expropriations inclus.).</p>
A. Paquier, 0406	<p>Un scénario de rupture de digues comprend à la fois une hydrologie (débit, niveau en amont,...) et une (ou plusieurs) brèche (localisation, amplitude du phénomène,...). Ceci implique une multitude de scénarios possibles surtout si on souhaite examiner les effets à l'aval immédiat de la brèche et les mesures à prendre pour juguler la rupture. L'Etude Globale sur le Rhône n'a envisagé que des brèches en aval de Beaucaire et à seulement 16 localisations : ceci est clairement insuffisant pour bien appréhender les risques liés aux ruptures de digues et a fortiori encore plus pour définir des plans de secours optimaux, composante essentielle de réduction des risques le long du Rhône, et, en particulier, pour la Camargue. Des modèles de brèche (calés sur des expériences en laboratoire et sur le terrain) et des modèles de propagation à l'aval de brèche plus détaillés existent (au Cemagref et ailleurs ; voir, par exemple, les résultats des projets européens CADAM et IMPACT (http://www.samui.co.uk/impact-project/)) qui permettent de préciser les conséquences de certains scénarios. L'important reste toutefois d'éviter ces ruptures en aménageant des déversements contrôlés qui sont seuls à même de réduire les déversements incontrôlés, sinon inévitables, lors de crues extrêmes comme l'ont démontré toutes les grandes crues de ces dix dernières années en Europe.</p> <p>Par ailleurs, les ouvrages en travers du fleuve ne jouent qu'un rôle local lors des crues extrêmes alors qu'ils influencent fortement les forts débits usuels.</p>
F.Maraga, 07/06	<p>Dans les territoires de la plaine du Pô, il y a documentation d'environ 200 ruptures des digues insubmersibles s'étalant sur les siècles XIXe et XXe. Les causes de rupture n'ont pas changé pendant le temps: surverse, érosion du pied de digue, siphonnement au-dessous du pied de digue. La hauteur de crue joue un rôle dominant dans le cas de la surverse, tandis que la morphologie dynamique du lit fluvial et la sédimentologie des alluvions de la plaine jouent le rôle dominant dans les ruptures par érosion de berge et siphonnement. La proximité de la digue au courant de crue a été soulignée parmi les causes prédisposant à la rupture, soit dans le cas d'un alignement défini par projet au bord de la berge, comme dans le delta, soit dans le cas d'une proximité acquise par migration du lit fluvial. Les ruptures par siphonnement ont une occurrence préférentielle sur le tracé des lits fluviaux</p>

abandonnés, notamment lieu de vulnérabilité des digues par filtration souterraine des eaux de crue.

Des investigations morpho-sédimentaires du lit fluvial et des dépôts alluvionnaires sont proposées afin de mettre en évidence l'évolution des berges et le réseau des lits abandonnés par rapport au chenal de crue

Bibliographie

Hesselink, A.W., G.S. Stelling, J.C.J. Kwadijk & H. Middelkoop (2003), Inundation of a Dutch river polder, sensitivity analysis of a physically based inundation model using historic data. Water Resources Research, American Geophysical Union, Vol.29, No.9, p.1234 (17 pp.).

Verheij, H.J. (2003), Aanpassen van het bresgroeimodel in HIS-OM. Bureaustudie Q3299, WL | Delft Hydraulics, Novembre 2003 (en néerlandais, distribution limitée ; contact: henk.verheij@wldelft.nl).

[réponses](#)

Q34 : Quel est le rôle de la dynamique fluviale et comment est-elle prise en compte dans l'étude du fonctionnement du bas Rhône et de ses affluents?

Nom, date	Texte
Erik Mosselman, 26/04	Je suppose que "dynamique fluviale" fait référence aux changements morphologiques. Chaque mesure qui influence l'écoulement déjà lors de crues fréquentes, produit une réaction de dynamique fluviale. Cette réaction pourrait modifier le partage des eaux à la défluence (donc les niveaux de crue de chaque bras). Pour cette raison, les études morphologiques néerlandaises actuelles sont dédiées surtout aux défluences, telles que le "Pannerdensche Kop".
E.Mosselman, 26/04	La migration des méandres peut éroder les pieds des digues (Petit Rhône ?).
A.Paquier, 04/05	L'Etude Globale sur le Rhône a bien mis en relief l'évolution du transport de sédiments sur le bassin du Rhône, évolution se traduisant par un charriage très fortement réduit et un transport en suspension diminué de 50% environ. Malgré ce constat, on peut noter le rehaussement de certains tronçons en parallèle à l'incision du chenal principal (pouvant mettre en danger les digues lors de fortes crues). A cause du changement de régime hydrologique (barrages surtout), le comportement lors des différentes crues est très différencié. Dans le delta, une forte crue pourra amener de forts dépôts (jusqu'à 2 m en 1993) qui seront érodés ultérieurement par des crues plus faibles. De manière générale, l'ajustement du lit du Rhône suite à la construction des barrages sur l'ensemble du bassin versant n'est sans doute pas achevé et peut être remis en cause par de grandes crues telles qu'en 1993, 1994 et 2003.

[réponses](#)

Q41 : Quels sont les enjeux actuels et futurs?

Nom, date	Texte
Bernard Picon, 11/05	<p>De mon point de vue, la segmentation des politiques gestionnaires est en partie responsable de la catastrophe. Dignes CNR en amont gérées sans considérations pour l'aval, digue SNCF sur 15 km entre Tarascon et Arles non surveillées pendant la crue (c'est un agriculteur qui a lancé l'alerte !) ;dignes SYMADREM sur la rive Bouches du Rhône, syndicat mixte du coté gardois!.Il est certain que le système de surveillance et d'intervention rapide mis en place par SYMADREM a évité une autre catastrophe majeure dans le delta;(brèche de l'Armellière colmatée immédiatement). Il a suffi que 15 malheureux km de voies-dignes SNCF échappent aux 140 km de surveillance SYMADREM pour provoquer ce désastre en zone urbaine.</p> <p>Par ailleurs, le rapport "Territoire Rhône" propose des solutions techniques (gestion globale, améliorer le libre écoulement des eaux, prévoir des zones d'épandages et conforter les points fragiles des digues), mais il y manque le volet extrêmement complexe de la mise en place de telles solutions sur le plan des politiques publiques. L'appel à l'Etat est récurrent mais une véritable décentralisation financière permettrait aux collectivités territoriales de mieux prendre et faire prendre les responsabilités publiques et privées locales par tous ceux qui doivent prévenir les risques qui les menacent et les risques que leurs aménagements font courir à d'autres.</p> <p>Si l'Etat a un rôle à jouer, c'est bien de réglementer fermement de façon à ce que tout acteur de l'aménagement du territoire prenne en compte les conséquences de ses actes en termes de prévention des risques qu'il pourrait engendrer. Sans véritables moyens de maîtriser la prévention, les collectivités du bassin versant du Rhône n'ont d'autres solutions que de faire appel à l'Etat pour gérer les externalités négatives générées localement. Pour sortir de ce dilemme, l'Etat devrait intervenir en favorisant une autonomie financière des collectivités mais aussi une intégration sérieuse de la problématique des risques par les institutions, les élus et les citoyens, de façon à ce qu'ils internalisent la gestion des risques "naturels"dans toutes leurs entreprises.</p> <p>Ce n'est donc pas seulement d'argent qu'il s'agit, mais aussi de sensibilisation préventive à la question environnementale qui ne peut plus rester à part, à côté, ou l'envers écologique des questions économiques dans l'esprit de nos concitoyens. Voila pourquoi il me semble que le coté sociétal du problème apparaît beaucoup plus complexe que les choix techniques. Je trouve par exemple trop simpliste l'idée de faire des alentours du Vaccarès une zone d'expansion des crues en Camargue, C'est méconnaître qu'entre Rhône et Vaccarès, une civilisation s'est constituée depuis 10 siècles autour de la maîtrise de l'eau. C'est un des éléments d'une panoplie d'actions à penser globalement dans le cadre de l'hydraulique agricole et salinière camarguaise et de la lutte contre la remontée relative du niveau marin par re-limonage du delta en profitant du débit solide des crues, mais ça ne doit, en aucun cas, constituer un pis-aller de plus. Il serait peut-être plus raisonnable d'enfin prolonger les digues de la CNR jusqu'à la mer. Ces digues du XXe siècle sont en effet prolongées ,en aval, par des digues datant, elles, du XIXe siècle que SYMADREM conforte de ci de là, en fonction des urgences, avec des moyens limités. Il faudrait peut-être, enfin, faire les digues du XXIe siècle qui</p>

	s'imposent, accompagnées de mesures appropriées dans et à l'extérieur du lit du fleuve. Il faut prendre acte que le Rhône est artificialisé depuis longtemps et j'ai parfois la sensation, vu l'intense occupation humaine qui le borde dorénavant, qu'il faut, malheureusement pour la poésie, aller jusqu'au bout du travail. Les demi-mesures ont fait la preuve de leur dangerosité.
JP.Jordan, 14/05	J'ai comparé les évaluations des dommages avec ceux estimés sur le Rhône en Valais. Entre Brigue et Martigny (80km), nous avons en effet 7'000 ha de zones inondables par crue très forte, soit moins d'un dixième des surfaces touchées par le Rhône français. Les dommages potentiels ont été évalués entre 3,5 et 4,5 milliards d'euros, ce qui représentent des montants quasiment comparables aux évaluations faites en France. Ces derniers montants me semblent donc, pour le moins, pas sousestimés (la Suisse n'est plus si riche que ça).

[réponses](#)

Q42 : Quelles sont possibilités de réduction de ces risques e.g. ralentissement et stockage d'eau de crue ?

Nom, date	Texte
<p>Erik Mosselman, 25/04</p>	<p>Ce texte cherche à contribuer à l'évaluation des possibilités de réduction des risques d'inondation d'une perspective néerlandaise. Tout d'abord, on peut discerner deux types de solutions fondamentaux : l'<u>adaptation</u> et la <u>protection</u> (Figure 1). Dans les sociétés développées, l'évolution autonome (Figure 1) est normalement une série de rétroactions renforçantes dans laquelle l'augmentation des enjeux mène à l'augmentation de la protection (diminution de la probabilité d'inondation) et vice versa. L'adaptation est plus durable que la protection, mais au même temps elle est acceptée moins facilement par la société.</p> <div data-bbox="884 582 1624 1300" style="text-align: center;"> <p style="text-align: center;">Figure 1</p> </div> <p>L'adaptation peut inclure des mesures tels que: utilisation du sol, maisons sur piliers ou flottantes, plan de vigilance, système d'avertissement, routes de fuite, gestion de crise, délocalisation des enjeux très exposés, installations électriques au premier étage (placards à compteurs, congélateurs, etc.), évitement des petits polders (qui sont dangereux parce qu'ils se remplissent</p>

rapidement après une brèche). Aux Pays-Bas, depuis peu, l'idée des serres flottantes est prise en considération sérieusement par les agriculteurs, suivant des dommages provoqués par des inondations à cause de pluies abondantes.

Pour la protection, on peut discerner l'augmentation de la solidité des digues et la diminution des charges, c'est-à-dire la réduction des niveaux d'eau dus à la crue de référence (Figure 2). l'Événement de décembre 2003 a montré l'urgence de la solidité des digues.

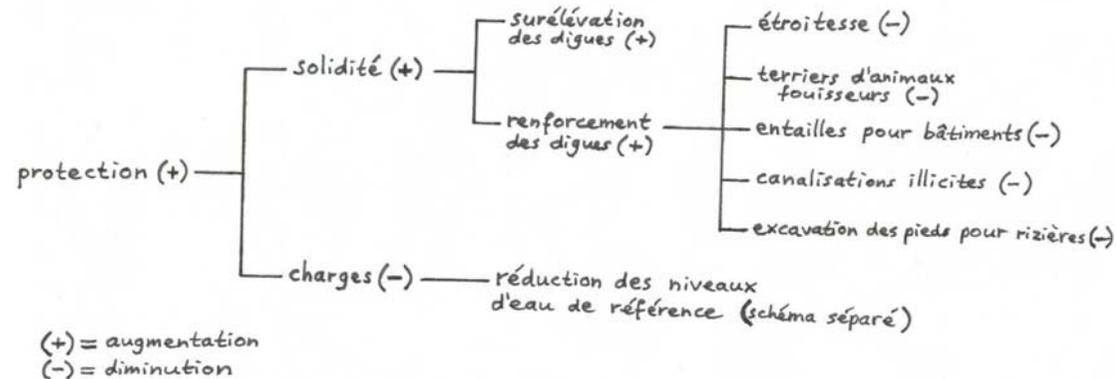


Figure 2

Théoriquement, il y a beaucoup de possibilités pour réduire les niveaux d'eau (Figure 3). Pourtant, les mesures amont, tels que le ralentissement ou le stockage de la crue, n'auront qu'un effet marginal dans le grand bassin versant du Rhône Camarguais (selon les études IRMA-SPONGE). Une première analyse brève (Figure 3) indique que les solutions suivantes pourraient être prometteuses: déplacement des digues, réaménagement du lit majeur, amélioration du Petit Rhône (débitance, rescindement des méandres du Petit Rhône), solutions locales pour les goulets d'étranglement (ponts, zones urbaines, par exemple Beaucaire-Tarascon ?), plaines d'inondation et abaissement des niveaux des étangs par pompage (ou gravité, si possible) en anticipation de crues. Sans doute, CNR et Cemagref ont déjà étudié plus profondément l'effet et la faisabilité de toutes ces solutions possibles.

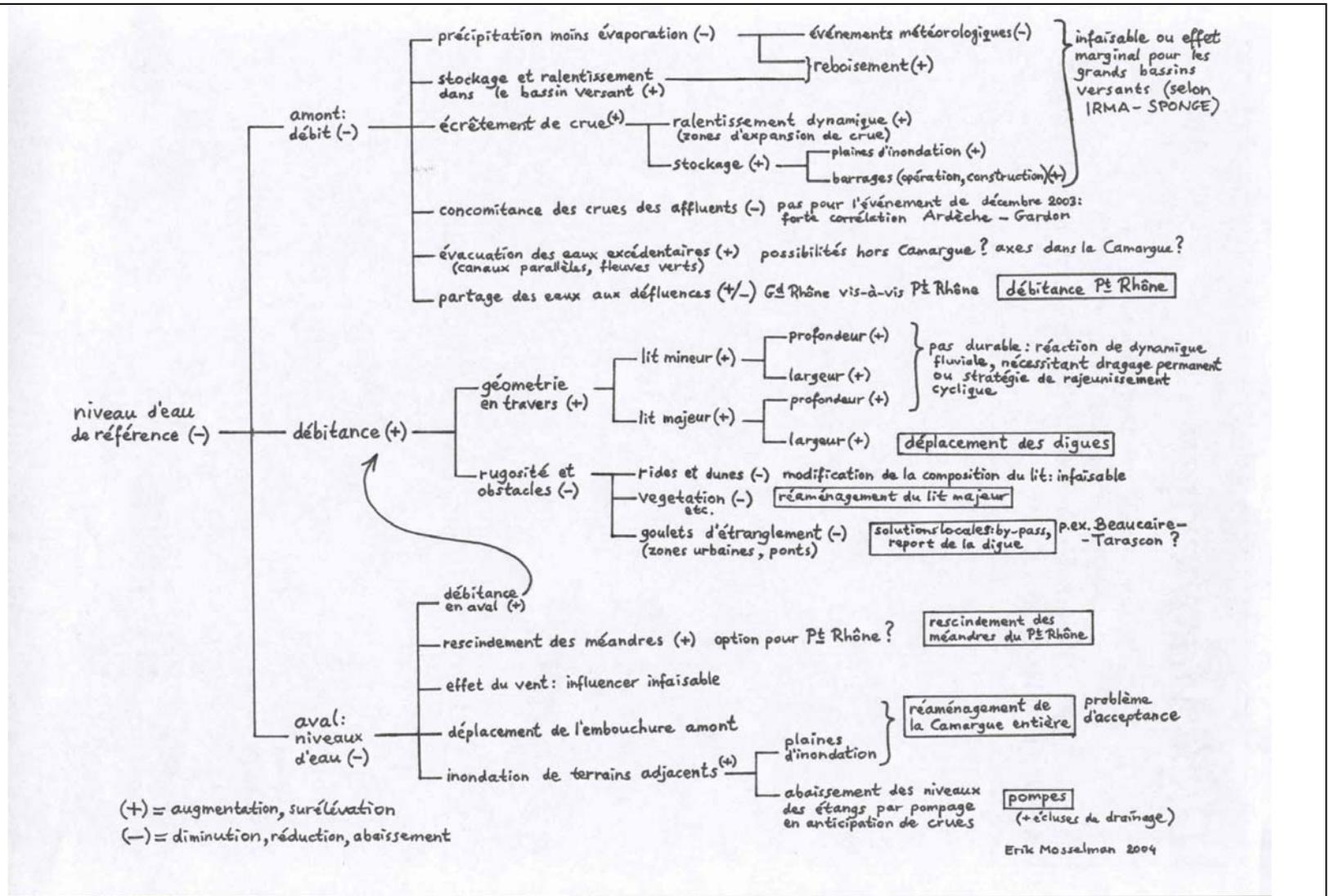


Figure 3

Aux Pays-Bas, les digues sont vraiment déplacées : Bakenhof près d'Arnhem (terminé déjà), Nijmegen (Nimègue) (en préparation ; accord malgré la nécessité de démolir des maisons). De plus, il y a plusieurs projets de réaménagement du lit majeur.

E. Mosselman, 25/04	Une information dans le cadre de la sous-question "Quel est l'événement de référence à prendre en compte pour la protection des enjeux importants?": Aux Pays-Bas, la crue de référence a une fréquence de 1/1250 par an (débit 16 000 m ³ /s sur le Rhin à la frontière allemande). Les dangers et les enjeux y sont plus élevés que dans la Camargue. Cette fréquence de 1/1250 par an pourrait même être devenue insuffisante, parce que les dommages potentiels provoqués par les inondations (le niveau des investissements dans les zones à risques) doublent tous les trente ans (selon les études IRMA-SPONGE).
D.Cœur, 10/05	<p>L'historien ne fera ici que des remarques d'ordre général par rapport aux événements hydrométéorologiques en jeu. Je note ici qu'avant les événements de 1993, 1994 et/ou 2002, les dernières grandes crues largement supérieures à 10 000 m³/s à Beaucaire furent celles de 1840 et 1856. C'est de cette époque que date la dernière grande réflexion et mobilisation nationale de lutte contre les inondations en France. Nos actuelles stratégies de prévention et de défense contre les crues lui doivent encore beaucoup.</p> <p>J'ai du mal sur le plan historique à vraiment bien pouvoir distinguer les phases "adaptation" des phases "protection" proposée par E. Mosselman. La "protection" ne serait-elle pas une "adaptation" marquée par un engagement plus fort du pouvoir central ou de l'autorité supérieure ? Il me semble que de ce point de vue on ne peut pas interpréter, en France, l'engagement technique de l'Etat dans la lutte contre les inondations (à partir de la fin du XVIIIe siècle, et plus encore aux XVIIIe et surtout au XIXe siècle dans le secteur qui nous intéresse), en dehors d'un cadre de conquête politique sur des espaces fluviaux qui posaient en général des questions administratives et juridiques quant à leur gestion, leur statut, et ce dans un contexte où les enjeux économiques et sociaux ne vont cesser de s'accroître.</p> <p>Pour dire les choses de manière un peu simplifiée, la réponse technique qu'apportent aux XVIIIe et XIXe siècles le long du Rhône les ingénieurs des Ponts et Chaussées face aux inondations (protection des cités en priorité et souvent à leur demande), solution qui passe en général par l'établissement d'endiguements insubmersibles (cf. Loi 1858), évacue toute solution vraiment négociée avec les différentes autres catégories de populations. De ce point de vue on voit (ré)apparaître après les événements de 1755, 1801, 1840 ou 1856 les traditionnelles oppositions villes/campagnes, amont/aval. En reconnaissant et s'appuyant sur les associations syndicales de propriétaires riverains (règlements antérieurs à la Révolution, lois 1807 et 1865), l'administration centrale laissait aux seuls riverains le soin de régler sur le plan technique la question (en apportant toutefois de son côté une part non négligeable des financements d'ouvrage de défense), tout en bloquant l'émergence de tout autre dispositif administratif de gestion concertée de l'inondation. La remise en cause de l'insubmersibilité avancée par certains ingénieurs après les leçons de 1840 et 1856 qui proposaient une meilleure péréquation de la vulnérabilité amont/aval, rive droite/rive gauche, ville/campagne ne fut jamais vraiment menée à son terme. Cet logique technique et politique héritée d'un passé marqué par un esprit de conquête pèse aujourd'hui de tout son poids dans un moment de nécessaire partage négociée des rôles à l'intérieur des scénarios de réduction du risque.</p>
E. Mosselman 10/05	Je suis d'accord avec Denis Cœur que la distinction entre "adaptation" et "protection" n'est pas si facile pour la description des phases historiques ou la description de l'ensemble de mesures. Les stratégies ou les politiques d'une certaine époque peuvent constituer une combinaison de mesures "adaptation" et "protection". Cependant, je crois que la distinction est claire et utile au niveau des mesures individuelles. Les mesures de protection cherchent à éviter les inondations. Les mesures d'adaptation acceptent les inondations mais cherchent à réduire les effets. Les mesures de protection sont dominantes dans l'évolution

	autonome des sociétés développées. Personnellement, je trouve la distinction "adaptation – protection" plus claire que les distinctions "technique – administratif" ou "structurel – non-structurel".
A. Paquier, 04/06	Selon l'Etude Globale sur le Rhône, les possibilités de réduction des risques sont très limitées en crue extrême (quelques centaines de m ³ /s au maximum sur le débit de pointe) sauf à remettre en cause une forte occupation du lit majeur. En crue plus faible, des solutions raisonnables existent (meilleure gestion des ouvrages pour assurer stockage de l'eau et transit des sédiments optimaux) mais seront difficiles à ajuster. Il apparaît donc essentiel d'avoir une démarche interactive s'appuyant sur une méthodologie de type "Inondabilité" regardant à la fois l'aléa pour différents types d'événements et la vulnérabilité. On peut ainsi espérer améliorer la gestion des champs d'expansion de crue (modalités et points de remplissage) mais la réduction des risques viendra surtout d'une réduction de la vulnérabilité (plans de secours, déménagement de certaines activités, etc.).
F. Maraga, 07/06	Pour bien répondre aux questions posées sur l'inondation 1957 une recherche particulière serait nécessaire sur des documents originaux, en l'absence de publication sur ce sujet. En général, suivant la tradition du système des digues du Pô : (1) après rupture les digues sont remises en état avec révision locale en hauteur, si la rupture est causée par surverse, ou avec déplacement vers la campagne (digue en retrait), si la rupture est causée par érosion de la berge. En plus, dans les dernières années, une révision locale a commencé contre le danger de siphon sur les digues érigées à travers les lits abandonnés dans la plaine, à fin de renforcer en profondeur la ligne de la digue, soumise à l'action des courants hypodermiques qui peuvent engendrer rupture par siphonnement au-dessous du pied de digue; (2) les maisons restent sur place. Il y a "adaptation" des gens en cas d'inondation.

Bibliographie

Hooijer, A., F. Klijn, J. Kwadijk & B. Pedroli (Eds., 2002), Vers une gestion durable des risques d'inondation dans les bassins versants du Rhin et de la Meuse; Principaux messages du programme IRMA-SPONGE. Pour télécharger le rapport final en français : www.ncr-web.org, puis "NCRdownloads", puis "IRMA-SPONGE Final Report in French".

Klijn, F., J. Dijkman & W. Silva (2001), Room for the Rhine in the Netherlands; Summary of research results. Directorate-General of Public Works and Water Management & WL | Delft Hydraulics, RIZA-nota 2001.033, WL-rapport Q2975.22, ISBN 9036953871.

Wijbenga, J.H.A., J.J.P. Lambeek, E. Mosselman, R.L.J. Nieuwkamer & R.H. Passchier (1994), River flood protection in the Netherlands. Proceedings International Conference River Flood Hydraulics, 1994, York, Eds. W.R. White & J. Watts, Wiley, Paper 24, pp.275-285.

[réponses](#)

Q43 : Quelles sont les procédures de négociation qui permettraient de mettre au point ces dispositions ?

Nom, date	Texte
Erik Mosselman, 29/04	Pour le déplacement de la digue à Nijmegen (Nimègue), on n'a pas suivi des procédures routinières. Un accord s'est créé comme suit. Le déplacement de la digue (pour éliminer un goulet) implique la démolition de quelques dizaines de maisons. Son effet est la réduction des niveaux d'eau amont aussi bien que la réduction des niveaux d'eau dans un autre bras du Rhin. Donc il y avait l'impression de sacrifier Nijmegen pour sauvegarder une autre partie des Pays-Bas. Au début, la ville de Nijmegen a voulu résister fortement. Ensuite, on a conclu que, très probablement, le déplacement serait inévitable. Une politique de résistance risquait d'être vaine. La ville a changé sa stratégie : choix d'une coopération pour mettre toute son énergie dans la négociation des indemnités. Ainsi la ville a obtenu que l'état paie un second pont à travers le fleuve. De plus, on a offert aux "sinistrés" de la démolition le premier choix d'appartements nouveaux, avec vue sur le fleuve. Environ 50% des sinistrés en est content, parce qu'ils obtiennent une amélioration de leur situation. L'autre 50% en reste mécontent pour des motifs affectifs. Ces derniers forment encore un groupe de résistance faible.
E. Mosselman, 29/04	Aux Pays-Bas, 693 mesures locales pour réduire les niveaux d'eau le long les bras du Rhin lors d'une crue de référence ont été proposées par ceux qui y ont un intérêt (état, provinces, communes, syndicats des polders, citoyens individuels). L'effet de chaque mesure a été calculé avec un modèle bidimensionnel (c'est-à-dire: les réductions des niveaux d'eau provoquées par chaque mesure, le long les bras du Rhin). Egalement, les coûts de chaque mesure ont été calculés, aussi bien que les effets secondaires. Ayant vérifié qu'en cas de combinaisons de mesures, on peut superposer les réductions des niveaux d'eau dus aux mesures individuelles, on a construit un outil facile et interactif pour composer des stratégies intégrales: le "Blokkendoos" ou "Planning Kit". Le cœur de l'outil est une base de données qui contient tous les résultats des calculs. L'utilisateur peut choisir des combinaisons de mesures sur une carte des bras du Rhin (sur l'écran de l'ordinateur) et faire visualiser les effets, les coûts et les effets secondaires. En utilisant cet outil, on découvre ce qui est efficient et ce qui coûte trop, en vivant l'expérience d'être un ingénieur qui cherche à résoudre le problème. Ainsi, les solutions prometteuses ne sont pas imposées pas des autorités, mais découvertes par les gens eux-mêmes. L'outil s'est montré populaire: il est utilisé vraiment par la population (y inclus maires, etc.), pas seulement par ceux qui ont une affinité avec les ordinateurs ou la technologie. De plus, l'outil rend l'information accessible à toutes les parties, de la même façon pour tous.
E. Mosselman, 29/04	Pour bien communiquer sur les risques d'inondation, il vaut la peine d'expliquer au public que la probabilité d'une crue centennale (1/100 par an) veut dire que la probabilité d'être inondé pendant une vie de 85 ans égale 57% ($= 1 - (1 - 1/100)^{85}$). La probabilité de rencontrer une crue cinquantennale pendant une vie de 85 ans égale 82%. Cette formulation alternative est plus facile à comprendre (on en obtient une perception plus réelle du risque, c'est-à-dire une perception que le risque d'inondation soit plus sérieuse).

Q44 : Sur quels outils juridiques est il possible de s'appuyer pour les mettre en œuvre ?

Nom, date	Texte
E.Mosselman, 31/04	<p>Bien que, strictement, il ne s'agisse pas d'un "outil juridique", je voudrais satisfaire ici à la demande suivante de Gérard Brugnot : « <i>Vous pouvez nous aider [...] en nous donnant des exemples de mode de gestion du risque d'inondation sur d'autres régions d'Europe [...] aussi des choix politiques. Sur ce dernier point, l'action des Pays Bas est très intéressante (rôle des waterboards)</i> ».</p> <p>Aux Pays-Bas, la construction et l'entretien des digues sont des tâches des syndicats de polder appelés "waterschappen" ou "hoogheemraadschappen" (anglais : "waterboards") : des communautés autonomes d'intérêt hydraulique. Les premiers syndicats de polder s'ayant été formés à partir du 11^e siècle, ils se vantent d'être les premières administrations démocratiques des Pays-Bas. Leurs tâches comprennent, outre le soin des digues, la gestion de l'eau dans les polders : niveaux d'eau (pompage), qualité de l'eau (épuration des eaux usées). Tous les propriétaires de bâtiments et de terrains dans le domaine d'un syndicat de polder payent des impôts, peuvent élire des députés au Conseil Général et sont éligibles pour le Conseil Général. Il y a des élections chaque quatre ans. Exemple : Hoogheemraadschap van Delfland (www.hhdelfland.nl) pour le domaine de la Haye, de Delft, d'Hoek van Holland et d'une partie de Rotterdam (donc un domaine beaucoup plus urbanisé que la Camargue). Les impôts y sont comme suit : (1) Euro 78,72 par an par hectare de terrain non bâti, (2) Euro 0,83 par an par chaque Euro 2268 de valeur économique des bâtiments.</p>

[réponses](#)

Synthèses des réponses aux questions posées

Caractérisation de l'événement[S1](#)

Le fonctionnement hydraulique du bassin concerné[S2](#)

Les scénarios de réduction du risque du Rhône aval[S3](#)

Les principaux rédacteurs de ces synthèses sont :

Denis Cœur, aidé de Daniel Duband et d'Eric Martin (1)

Paul Royet et Bernard Chastan (2)

Erik Mosselman et Bernard Picon (3)

On peut accéder à une question en cliquant sur la référence correspondante. On peut, de la même façon, revenir à la table des synthèses, en cliquant sur [synthèse](#)

1. Caractérisation de l'événement

Rappel des questions

Q11 : De quelles données dispose-t-on sur l'événement de décembre 2003 ?

Q12 : Quelle est leur fiabilité ?

Q13 : A partir de ces données, quel événement peut-on reconstituer ?

Q14 : Quelles études complémentaires seraient nécessaires pour améliorer la qualité de cette reconstitution ?

Q21 : Comment cet événement se situe-t-il sur le plan historique ?

Q22 : Est-il possible de lui affecter une probabilité ?

Q24 : Quels rapprochements peut-on faire avec des événements extrêmes affectant des territoires "comparables" (delta du Pô, Rhin etc.) ?

Remarque préliminaire

Les questions sur l'événement demandaient aux experts d'apporter un double avis. L'un sur la disponibilité et la qualité des différents types de données nécessaires pour décrire et qualifier l'événement de décembre 2003, l'autre sur la réalité hydrométéorologique de l'événement proprement dit. Cette approche biface de l'expertise est sans doute ce qui a le plus posé problème, la distinction entre les deux registres n'étant pas forcément évidente pour tous. Beaucoup d'interrogations sur la difficulté à obtenir les données de base en nombre et qualité suffisants de la part des différents opérateurs concernés ont été exprimées de manière orale.

Les données disponibles sur l'épisode de décembre 2003, leur fiabilité

- Les données pluviométriques

Le groupe a eu accès à des données fournies par la direction Inter-régionale Centre-Est de Météo-France, à laquelle la CNR avait commandé un rapport sur l'épisode. Les données utilisées pour cette étude étaient les postes disponibles à Météo-France en avril 2004, c'est-à-dire principalement les stations du réseau climatologique d'Etat (une centaine de postes par département), des stations synoptiques humaines, ainsi que des stations automatiques. Les cartes de précipitations quotidiennes sur le bassin du Rhône pendant l'épisode ont permis d'appréhender la dynamique générale des précipitations. Des pluviogrammes horaires ont été enregistrés sur 9 stations réparties sur l'ensemble du bassin versant du Rhône. Enfin, des données de précipitations par sous-bassins du Rhône ont été diffusées plus tardivement au groupe. Compte tenu du temps réduit pour l'analyse des données, certaines n'ont pas été exploitées de manière très détaillée.

- Les données hydrologiques

Les données disponibles ont été fournies par la DIREN de bassin et complétées par les sources EDF et CNR. On retiendra en particulier *les débits de pointe de crue et les hydrogrammes du 1 au 6 décembre 2003* analysés sur le Rhône (Ternay, Valence, Pont-de-Viviers, Pont-Saint-Esprit, Avignon, Beaucaire-Tarascon) et sur un certain nombre d'affluents (affluents du BVI Ternay-Beaucaire, Gier à Givors, Cance à Sarras, Galaure à St-Uze, Doux à Tournon, Isère à St-Gervais et Beaumont Montoux, Bourne à Pt de Manne, Eyrieux à Pt de Chervil et Ollières, Veore à Beaumont, Drôme à Saillans, Roubion à Montélimar, Ardèche à St Martin, Cèze à Bagnols, Aygues à Orange, Ouvèze à Bédarrides, Gard à Remoulins avec un hydrogramme biaisé, Durance à Bompas et à Cadarache.

L'analyse du débit de pointe du Rhône à Beaucaire et la critique de la *courbe de tarage* s'est appuyée sur 37 *jaugeages* effectués de 1992 à 2003. D'autres jaugeages sont disponibles à Pt de Viviers, ainsi que les *cotes et débits horaires* à Ternay –Valence-Pt de Viviers –Beaucaire pour les crues d'octobre 1958 (CNR), octobre 1993, janvier 1994, novembre 1994, septembre 2002, décembre 2003.

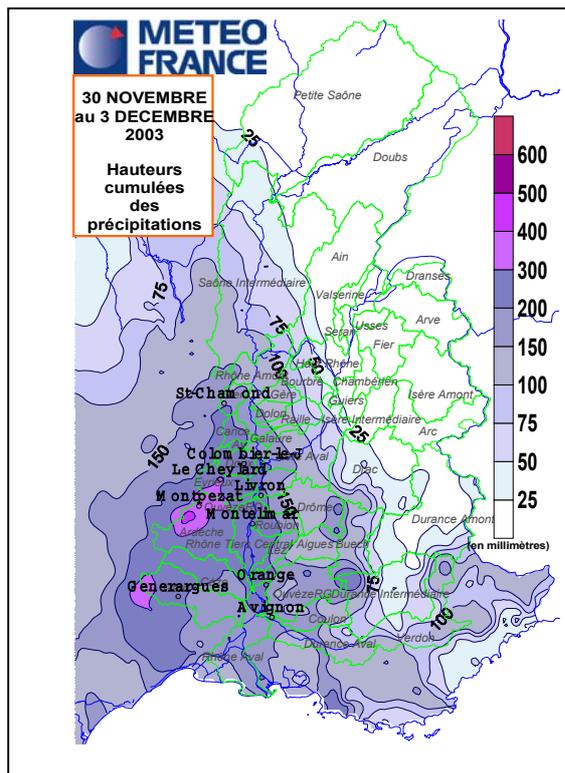
En ce qui concerne les dégâts occasionnés aux ouvrages, les recensements effectués pour le compte de la DIREN constituent une base de données exhaustive.

L'événement de décembre 2003

Si sur le plan pluviométrique la description générale de l'événement de décembre 2003 apparaît satisfaisante, en revanche la définition hydrologique fournie par les premiers rapports et les données disponibles reste encore à préciser sur nombre d'aspects. Pour le GAES, la mise en cohérence et la critique des données n'ont pas à ce jour été menées à un terme suffisant par rapport à l'ampleur du phénomène.

- La pluie

Chronologiquement, on constate que l'événement pluvieux du 30 novembre au 3 décembre 2003 survient après deux épisodes de précipitations de type cévenol (15-16 et 21-24 novembre).



Sur un plan méthodologique, la question de l'explication du rendement de ces pluies divise le groupe. La prise en compte des précipitations survenues au cours des semaines antérieures apparaît pour les uns prépondérante (cf. rôle de la saturation hydrique des sols), pour d'autres c'est avant tout l'intensité des précipitations durant les premières heures et premiers jours de l'événement qui prime.

Les plus fortes hauteurs de précipitations sont relevées sur les têtes des bassins cévenols (Gard et Ardèche) avec plus de 300 mm, mais la zone concernée ne se limite pas à ces bassins comme dans un épisode cévenol « classique ».

En effet, l'orientation au sud du flux de basses couches fait que la zone des précipitations importantes s'étend plus au nord jusqu'au bassin de la Saône Intermédiaire avec une limite nord de l'isohyète 200 mm située vers le bassin du Gier. Cette extension vers le nord est très caractéristique des crues à caractère méditerranéen extensif.

Par opposition, l'extension de la zone des fortes précipitations vers les Alpes est extrêmement limitée : le bassin de la Durance est surtout concerné dans sa partie aval et une majorité des bassins des Alpes restent à l'écart des pluies. On relève toutefois quelques zones avec 200 mm en tête des bassins de la Drôme, du Verdon, ainsi qu'à l'intersection des bassins de l'Ouvèze Rive Gauche, du Coulon et de la Durance Intermédiaire.

Une étude menée par la direction de la production de Météo-France à partir du système SAFRAN-ISBA-MODCOU donne quelques chiffres de volume d'eau pour la partie française du bassin du Rhône ::

Période (de 6H UTC à 6H UTC)	Volume de précipitation (millions de m ³)
30/11/03 – 01/12/03	549
01/12/03 – 02/12/03	3078
02/12/03 – 03/12/03	2567
03/12/03 – 04/12/03	380

En terme de durée de retour des précipitations, l'étude faite les 9 stations à enregistrement horaire fournit des éléments intéressants, même si ces données ne couvrent pas la diversité des situations à l'échelle du Rhône. Ainsi, les quantités de précipitations en moins de 3 heures ne présentent pas de caractères remarquables (durée de retour inférieur ou égale à 4 ans). A contrario, des valeurs exceptionnelles apparaissent sur certains postes (durées de retour des précipitations cumulées en 1,2 ou 3 jours supérieures ou égales à 100 ans). Il s'agit des postes de Saint-Chamond, de Livron et d'Orange.

- L'hydrologie

Débits et courbes de tarage ont fait l'objet d'un important travail d'analyse et de critique par le GAES (volumes y compris) dans le BV intermédiaire Ternay (50 500 km²) et à Beaucaire (95 500 km²). La comparaison des gradients débit amont-aval des grandes crues historiques observées depuis deux siècles dans le corridor Rhône (plus de 20 crues pour 4 types de temps : océanique, cévenol, méditerranéen extensif, généralisé), permet de détecter des anomalies en 2003 et 2002. On remarque à ce propos une analogie significative entre la crue de décembre 2003 et celle de novembre 1935 d'origine méditerranéenne extensive. Les isohyètes des épisodes pluvieux générateurs sont comparables. La pointe de crue en 1935 a atteint 9600 m³/s contre vraisemblablement 10800 m³/s en 2003.

Après analyse approfondie des données hydrométriques récentes et de celles de la dernière décennie, le GAES estime qu'il existe en effet de très fortes présomptions pour que le débit de pointe de la crue du Rhône à Beaucaire le 4 décembre 2003 soit proche de 11 000 m³/s. Cela correspond à un volume d'apports de 1700 hm³ (en 5 jours) qui pour une pluie moyenne de 150mm sur 35000 km² (hauts bassins de l'Isère et de la Durance exclus) correspond à un coefficient de ruissellement global légèrement supérieur à 30%. Quelques bassins ont présenté un coefficient de ruissellement un peu supérieur à 50% (Eyrieux, Ardèche) et d'autres inférieurs à 25%.

Avec 11000 m³/s en pointe à Beaucaire, l'évènement de décembre 2003 est donc inférieur à la crue centennale estimée à 11300 m³/s après ajustement d'une loi de Gumbel aux 153 débits maxima annuels relevés à cette station pendant un siècle et demi. Sa durée de retour est estimée à 75 ans, avec un intervalle d'incertitude à 70% compris entre 50 et 150 ans.

- Le recul historique

La mise en perspective des éléments descriptifs rassemblés sur l'évènement de décembre 2003, montre qu'en terme de débit il se situe pour le bas Rhône (Beaucaire) parmi les trois évènements les plus importants des deux derniers siècles. Avec 11 000 m³/s, cela le positionne en deçà des épisodes historiques de novembre 1840 (13 000 m³/s) et mai 1856 (12 500 m³/s), tandis que les hypothèses de tarage retenues font dans le même temps repasser les maxima enregistrés lors des crues de janvier 1994, septembre et novembre 2002, au-dessous des 10 000 m³/s. Ces dernières rejoignent alors les évènements d'octobre 1993, novembre 1935, novembre 1886, voire novembre 1951.

A l'échelle des cinq derniers siècles, et autant que puissent le dire les synthèses historiques disponibles fondées sur des descriptions qualitatives et des hauteurs d'eau maxima atteintes en un point, l'évènement de 2003 se situerait parmi les dix évènements hydrométéorologiques les plus remarquables.

Outre les crues rappelées ci-dessus on peut rajouter les épisodes de novembre 1548, octobre 1636, novembre 1651, novembre 1674, novembre-décembre 1755. Ces éléments mériteraient d'être précisés par des enquêtes approfondies en archives. Les données disponibles sur les évènements de novembre 1840 et mai 1856 soulignent en particulier le rôle joué par les ouvrages et aménagements. En aval de Viviers, les hauteurs d'eau atteintes lors de la crue de 1840 sont ainsi restées sensiblement inférieures à celles enregistrées en 1856, en dépit d'un

débit maximum supérieur.

- Rapprochement avec des territoires comparables

Au vu de ce qu'ont connu certains bassins d'Europe centrale, la survenue d'événements extraordinaires pouvant atteindre ou dépasser par leur ampleur tout ce qu'on a connu par le passé est une éventualité qu'on ne peut aujourd'hui rejeter.

Les études complémentaires

Compte tenu de l'importance de l'événement et des données disponibles, une monographie hydrométéorologique détaillée de l'épisode de novembre décembre 2003 à l'échelle du Bassin versant constituerait une référence méthodologique mais surtout un outil de diagnostic opérationnel fort utile. Elle permettrait d'apporter une plus grande cohérence aux nombreuses données déjà disponibles et à celles qui restent encore à collecter. Parmi les pistes à explorer, le GAES pense entre autre que l'analyse comparative des hydrogrammes des plus grandes crues à l'échelle historique permettrait de mieux qualifier l'événement dans sa genèse. Outre les débits de pointe, la prise en compte des volumes totaux mobilisés permettrait ensuite de mieux appréhender le rôle des aménagements. Une approche spatiale plus fine de l'événement, à l'échelle des sous bassins, permettrait de mieux caractériser les phénomènes de concomitance, et de préciser les estimations de débits (développement des chronogrammes de crues). Les monographies événementielles et régionales proposées par M. Pardé dans sa thèse constituent de ce point de vue des modèles dont pourrait s'inspirer cette démarche de connaissance.

A propos des analyses comparées multiséculaires visant à qualifier les événements entre eux et partant à avancer dans la définition de l'événement de référence, le GAES souligne l'intérêt qu'il y aurait aussi, tant sur un plan méthodologique que d'un point de vue factuel, à disposer, au moins pour les plus grands événements, de données historiques à l'échelle du bassin versant (données hydrométéorologiques mais aussi informations relatives aux aménagements successifs du cours d'eau). Comme l'ont montré les recherches menées par le Cemagref, la prise en compte de l'information historique est une des pistes à retenir pour améliorer l'analyse probabiliste des crues extrêmes (recul de 200 ans minimum). Elle requiert toutefois une méthodologie capable d'intégrer différents niveaux d'incertitude.

[synthèses](#)

[Introduction](#)

2. Le fonctionnement hydraulique du bassin concerné

Rappel des questions posées sur le fonctionnement hydraulique

Q31 : Dans ce domaine, quelle évaluation peut-on faire de l'incidence des aménagements hydrauliques depuis 1840 ?

Q32 : Quelles sont les modélisations actuellement utilisées pour représenter le fonctionnement hydraulique du bassin concerné ?

Q33 : Quels est le fonctionnement des aménagements dans le cas de crues extrêmes ?

Q34 : Quel est le rôle de la dynamique fluviale et comment est-elle prise en compte dans l'étude du fonctionnement du bas Rhône et de ses affluents ?

Tout d'abord, le Groupe souligne que ces questions sont toutes traitées, à des niveaux divers de détail, dans l'étude menée sous l'égide de Territoire Rhône, et dont la synthèse a été rédigée par Hydratec⁶. Le Groupe, dans ses conclusions, se réfère donc à cette étude et aux nombreux documents qui ont été produits pendant les trois années qu'ont duré ces travaux. Il y a là une base remarquable pour engager des actions qui, au cas par cas, pourront nécessiter des approfondissements dont certains sont évoqués ci-après.

Concernant la question 31, le Groupe ne s'est pas estimé en mesure de remonter jusqu'en 1840 et de proposer des conclusions concernant par exemple les impacts des aménagements pour la navigation réalisés à la fin du 19^{ème} ou au début du 20^{ème} siècle sous l'égide de l'Ingénieur Girardon⁷. Nous avons donc considéré un point zéro qui se situerait au milieu du 20^{ème} siècle, avant que ne démarrent les aménagements réalisés par la CNR. Les réponses à la question sont alors largement dans l'Etude Globale Rhône et on peut les résumer ainsi :

- Le régime des crues moyennes (période de retour de l'ordre de 10 ans) n'est pas significativement modifié par les aménagements ;
- En cas de fortes crues (période de retour de l'ordre de 100 ans), les aménagements de la CNR ont, par contre, soustrait 120 km² de plaine inondable entre Lyon et Beaucaire, et fortement réduit la superficie inondée sur ce tronçon. On peut penser qu'en conséquence la vitesse de propagation de la crue et le débit en aval de Beaucaire ont été augmentés.
- Les aménagements de la CNR sont dimensionnés pour contenir jusqu'aux très fortes crues (période de retour de l'ordre de 1000 ans), mais pour de tels événements, les digues syndicales le long du couloir rhodanien et dans le delta sont largement submergées (elles le sont pour la plupart dès que l'on dépasse les fortes crues).
- L'étude met donc clairement en évidence une hétérogénéité dans les niveaux de protection des plaines, selon qu'elles sont situées derrière les digues de la CNR ou derrière des digues syndicales. Le croisement avec les enjeux situés dans ces plaines met en évidence un certain nombre de secteurs présentant un risque élevé, parfois encore aggravé par la fragilité intrinsèque de certaines digues.

Concernant la question classiquement controversée de l'influence des modalités de gestion des barrages sur les niveaux en crue, l'Etude Globale Rhône apporte là aussi des éléments de réponse. Sur le Rhône en aval de Lyon, les volumes mobilisables dans les retenues sont de l'ordre de quelques millions de m³, à comparer à des volumes de crues de plusieurs milliards de m³, et les simulations faites ont montré que la mobilisation de ces volumes, pour autant qu'on la fasse juste au moment de la pointe, permettrait d'abaisser la ligne d'eau de seulement 10 cm (et jusqu'à 20 cm entre Vallabrègues et Arles).

Par rapport à cette faible efficacité, le Groupe s'accorde pour souligner la difficulté, voire les

⁶ Hydratec, novembre 2002. **Etude globale pour une stratégie de réduction des risques dus aux crues du Rhône** - Propositions préalables à la définition d'une stratégie globale de réduction des risques dus aux crues du Rhône, 104 p.

⁷ Des éléments de réponse sont cependant apportés sur ce point dans l'Etude Globale Rhône

risques qu'il y aurait à gérer des creux préventifs dans les retenues : en effet, si la dynamique du Rhône lui-même est bien connue, nous sommes aujourd'hui dans l'impossibilité de prévoir correctement les hydrogrammes des affluents, en particulier de la rive droite. Le risque supplémentaire lié à une mauvaise anticipation possible de la crue résultante conduit à recommander une attitude de prudence sur ce point.

Ceci n'empêche pas de reposer à nouveau la question à moyen terme, lorsque les nouveaux outils de la prévision des crues auront fait leurs preuves.

Par ailleurs, sur certains aménagements, la répartition des débits de crue entre l'usine et le barrage a une influence sur les lignes d'eau respectives entre les deux bras du fleuve. C'est en particulier le cas pour l'aménagement de Vallabrègues⁸, avec une influence qui se fait sentir aussi sur le remous dans le Gard. Le Groupe n'ayant pas eu à sa disposition le cahier des charges de la gestion en crue des barrages, n'a malheureusement pas pu approfondir ce point.

Les modélisations hydrauliques utilisées

La modélisation développée pour représenter le fonctionnement hydraulique du Rhône couvre l'ensemble du cours français du fleuve, du Lac Léman à la mer Méditerranée. Le découpage de ce vaste ensemble en 20 biefs principaux s'appuie tout à fait logiquement sur les aménagements hydroélectriques existants :

- Dans la grande majorité des cas (18 sur 20), un bief comprend un tronçon du Rhône entre deux barrages et des aménagements usiniers en dérivation, entre les deux usines de production hydroélectrique respectivement associées aux deux barrages. Entre ce "quadripôle" d'ouvrages (à l'amont un barrage - une usine en dérivation, à l'aval un barrage - une usine en dérivation) s'enchaînent généralement une confluence entre le Rhône court-circuité et le canal de fuite de l'usine amont, puis un tronçon unique suivant le cours du vieux Rhône, éventuellement réaménagé, puis une nouvelle partition du débit, une partie entrant dans le canal d'amenée de l'usine aval, une autre suivant le Rhône vers la retenue du barrage aval.
- Les 2 autres biefs ne sont pas aménagés pour la production hydroélectrique. Il s'agit d'une part du long bief du Rhône, dit bief à courant libre, compris entre la restitution de Sault Brenaz et le barrage de Jons. Il s'agit surtout du bief représentant le delta du Rhône, à l'aval de Beaucaire, où intervient notamment la partition entre le Petit Rhône et le Grand Rhône.

Au total, on a affaire à un réseau maillé de tronçons, de grande dimension, alimenté latéralement par de nombreux apports, en particulier par de grands affluents possédant leur régime hydrologique propre, et en présence de nombreux ouvrages susceptibles d'influer sur la répartition interne des écoulements. Dans ce grand système, et de par sa taille même, les aspects dynamiques sont importants, et il est indispensable, au plan hydraulique, de prendre en compte explicitement la dimension temporelle des phénomènes, même si plus localement de bonnes approximations peuvent être obtenues par des calculs en régime permanent ou des bilans de volume.

La modélisation effectuée répond très largement à cet ensemble de contraintes. Elle met en œuvre des outils et une méthodologie avérés, ayant montré leur efficacité dans d'autres cas similaires. Les modèles utilisés sont de type modèle filaire à casiers, transitoire, en réseau maillé, avec échanges entre casiers réglés par pertes de charge linéaires (frottement) ou singulières (lois d'ouvrages). Les calages sont dégrossis en régime permanent bief par bief, affinés bief par bief en régime transitoire, établis sur un ensemble de données observées (laisses de crues, mesures hydrométriques), enfin validés sur un autre jeu de crues. Au final, deux modèles subsistent : le modèle décrivant le fonctionnement hydraulique du delta (bief 20) et un modèle complet enchaînant l'ensemble des biefs en amont de Beaucaire (biefs 1 à

⁸ Cf. Etude Sogréah.

19), lui-même globalement validé sur les données limnimétriques et les temps de propagation observés de différentes crues.

Le Groupe souligne l'importance du travail de modélisation accompli et l'utilité de disposer ainsi d'un ensemble d'outils qui permet d'une part, une première évaluation quantitative de scénarios d'aménagement, et d'autre part de formuler plus clairement les besoins d'études complémentaires, le cas échéant.

La précision moyenne annoncée sur les lignes d'eau calculées par ces modèles est de 10 cm en lit mineur et de 20 cm en lit majeur. Ils permettent d'autre part une reconstitution fidèle des vitesses de propagation des crues et de leur évolution à la traversée des champs d'expansion ou à la traversée des confluences avec les affluents importants. Sans mettre en cause sur le fond ces éléments, le Groupe souligne cependant les incertitudes fortes qui restent attachées aux modélisations effectuées, dues à la nature et aux limites des modèles utilisés et des méthodologies mises en œuvre, particulièrement pour les très fortes crues :

- La validation des modèles devrait être approfondie sur le cas d'une crue très forte généralisée, comme celle de décembre 2003, afin de mesurer leur pertinence dans des cas dépassant très largement les plus fortes crues de calage utilisées ;
- L'approche filaire utilisée n'est pas très adaptée pour répondre à des cas où des effets bidimensionnels peuvent être importants ; notamment dans une zone de grand casier (certains avoisinent 10 km²), la dynamique des écoulements consécutifs à une rupture de digue ne pourra être correctement approchée a priori avec les outils développés, sauf à disposer de mesures locales obtenues lors d'un événement antérieur similaire sur lesquelles la modélisation aura déjà été calée.
- Les effets de dynamique fluviale ne sont pas pris en compte. Ces effets, il est vrai très difficiles à estimer, sont susceptibles de modifier la géométrie et les caractéristiques des écoulements en cours de crue.

Fonctionnement des aménagements en cas de crues fortes à très fortes

Pour les crues fortes, on dispose désormais d'une expérience récente et riche au travers des crues successives d'octobre 1993, de janvier 1994, de septembre et novembre 2002 et de décembre 2003. Lorsque les études en cours auront permis d'évaluer les débits respectifs de ces crues, il sera intéressant de refaire tourner le modèle hydraulique pour en affiner le calage. Sans attendre, on peut cependant tirer un certain nombre d'enseignements de ces crues récentes :

En 1993 et 1994, alors que la ligne d'eau est restée partout largement en deçà des crêtes de digues les nombreuses ruptures ont eu pour origine des érosions par renard liés soit à des terriers d'animaux, soit à des traversées de conduites ;

L'entretien général qui est désormais pratiqué sur les digues (contrôle de la végétation, repérage des ouvrages de traversée et bouchage des terriers) a permis d'éviter tout désordre du même type en 2003, même si une conduite méconnue a bien failli provoquer une rupture majeure en rive droite du Grand Rhône.

Les travaux de confortement entrepris ces dernières années sur certains secteurs reconnus comme fragiles ont montré leur efficacité lors de la dernière crue qui a sollicité les digues à un niveau qu'elles n'avaient jamais connu depuis leur élévation au 19^{ème} siècle.

Les niveaux atteints par le fleuve ont affleuré, voire localement dépassé, la crête des digues, en provoquant plusieurs brèches par surverse (trémies de la voie SNCF, digue RD du Petit Rhône) et confirmant, s'il en était besoin, la grande fragilité de ces remblais à la surverse.

Enfin, en plusieurs points, on a constaté en décembre 2003, des affouillements importants qui ont érodé le ségonnal et attaqué le pied de digue. Ce mode potentiel de rupture n'avait pas été observé lors des précédentes crues et pose un problème technique très difficile à résoudre, sauf à déplacer la digue.

Sur le fonctionnement du Rhône aménagé, en cas de crues extrêmes, là aussi l'Etude Globale Rhône apporte de nombreux éléments de réponse, même si l'on pourrait parfois souhaiter des compléments. Indiquons tout d'abord que jusqu'aux crues très fortes (T = 1000 ans), les digues CNR ne débordent pas et les barrages sont transparents, donc sans influence significative. Par contre, les débordements sont généralisés sur les digues syndicales. Les scénarios de ruptures étudiés dans l'Etude Globale ne concernent que la zone du Grand Delta. Pour les zones protégées par des digues syndicales entre Lyon et Beaucaire, on peut raisonnablement supposer qu'en cas de rupture, ce serait toute la zone qui serait inondée jusqu'à la cote maximale du fleuve.

Dans la zone du Grand Delta (en aval de Beaucaire / Tarascon), l'Etude Globale a simulé 16 scénarios de ruptures de digues, concernant l'ensemble des grands tronçons. Ces scénarios ne représentent pas l'enveloppe maximale des submersions possibles, mais en donnent une idée assez représentative, ainsi qu'on peut en juger sur ce qui s'est passé en décembre 2003.

Les grandes options d'implantations de déversoirs ont été étudiées. Elles concernent plus particulièrement la rive droite vers le département du Gard. Même si l'implantation de déversoirs en rive gauche est probablement beaucoup plus difficile, sinon à éliminer, une telle option aurait dû être étudiée, ne serait-ce que dans un but pédagogique pour les phases ultérieures de négociation de ces aménagements.

Concernant la dynamique fluviale, l'Etude Globale sur le Rhône a bien mis en relief l'évolution du transport de sédiments sur le bassin du Rhône, évolution se traduisant par un charriage très fortement réduit et un transport en suspension diminué de 50% environ. Malgré ce constat, on peut noter le rehaussement de certains tronçons en parallèle à l'incision du chenal principal (pouvant mettre en danger les digues lors de fortes crues). A cause du changement de régime hydrologique (barrages surtout), le comportement lors des différentes crues est très différencié. Dans le delta, une forte crue pourra amener de forts dépôts (jusqu'à 2 m en 1993) qui seront érodés ultérieurement par des crues plus faibles ; en parallèle, des érosions locales, en particulier des pieds de berges, peuvent se produire et amener des désordres importants. De manière générale, l'ajustement du lit du Rhône suite à la construction des barrages sur l'ensemble du bassin versant n'est sans doute pas achevé et peut être remis en cause par de grandes crues telles qu'en 1993, 1994 et 2003.

La modélisation hydraulique de l'étude Globale sur le Rhône, que ce soit sur le delta ou à l'amont ne tient pas compte de la dynamique fluviale, les calculs étant effectués avec la dernière topographie disponible dans un lit fixe pendant la crue. Lors d'une crue extrême, ces hypothèses doivent être réexaminées (en particulier à la défluence Petit Rhône – Grand Rhône) ; il sera donc nécessaire d'effectuer une analyse détaillée des observations lors de la crue de décembre 2003 afin de pouvoir se prononcer sur la validation ou la remise en cause de ce type de calcul. De toute manière, l'influence locale lors d'une crue telle que décembre 2003 implique de considérer avec prudence toute observation locale du niveau d'eau.

=====

[synthèses](#)

[Introduction](#)

3. Les scénarios de réduction du risque du Rhône aval

Rappel des questions correspondantes :

Q41 : Quels sont les risques pour ces enjeux ?

Q42 : Quelles sont possibilités de réduction de ces risques e.g. ralentissement et stockage d'eau de crue?

Q43 Quelles sont les procédures de négociation qui permettraient de mettre au point ces dispositions ?

Q44 : Sur quels outils juridiques est il possible de s'appuyer pour les mettre en œuvre ?

Dans la synthèse qui suit, on distingue le volet technique, qui propose des actions de réduction de vulnérabilité – qui ne sont pas toutes structurelles – du volet non-technique, qui pose les conditions de base pour que le volet technique puisse être mis en œuvre :

3.1. Volet technique

Les trois recommandations du groupe sont les suivantes :

A. Renoncer à chercher une réduction des crues du Rhône par des mesures amont ;

B. Améliorer l'entretien des digues de sorte qu'elles présentent toutes un niveau de fiabilité satisfaisant et homogène (décembre 2003 en a montré l'importance!). Ceci implique de moderniser et de compléter de façon "réaliste" les ouvrages de protection anciens, notamment dans la partie aval ;

C. Parmi les solutions de réduction de vulnérabilité, privilégier :

- C1. Les mesures d'adaptation, telles que : maisons sur piliers, tertres, bâtiments flottants, plan de vigilance, système d'avertissement, gestion de crise, délocalisation des enjeux très exposés, etc.;
- C2. Les solutions qui donnent plus d'espace au fleuve, afin d'abaisser les lignes d'eau.

Sur ce dernier point, notamment: (C21) déplacement des digues (les coûts marginaux sont faibles si on en profite pour les conforter) et (C22) élimination des goulets d'étranglement (mesure efficace à court terme, qui n'exclut pas d'autres possibilités pour abaisser les lignes d'eau en donnant plus d'espace au fleuve).

Le groupe recommande une étude coût-avantage afin de déterminer les stratégies optimales en fonction des coûts des mesures possibles et des gains qui en résultent. Cette étude pourra prendre comme scénario de référence la crue de décembre 2003, d'une part, une crue construite à partir des événements de 1840 et 1856, d'autre part.

3.2. Volet non technique

Partant du constat d'une trop grande multiplicité de gestionnaires, le groupe propose de :

D. Décentraliser les responsabilités et les moyens financiers au bénéfice d'un acteur unique, chargé de coordonner la gestion du fleuve.

E. Obtenir l'intégration de la problématique des risques par toutes les institutions publiques et privées et par les particuliers, acteurs de l'aménagement du territoire. Cela impliquera de rendre les riverains plus conscients du système fluvial, de ses dangers, mais aussi du décalage entre l'image symbolique du territoire et son fonctionnement réel.

F. Faire participer tous les bénéficiaires à la sélection des solutions et à leur financement.

L'exemple néerlandais montre que ces recommandations ne sont pas incompatibles, à condition de prévoir des structures appropriées, à la fois démocratiques et techniquement efficaces. Dans ce contexte, la coopération entre ingénieurs et population, l'appel aux initiatives des habitants permettront de prendre des mesures d'intérêt général au détriment d'intérêt particuliers, bien indemnisés.

3.3. Recommandation spécifique

Le groupe préconise qu'Arles bénéficie d'une étude plus détaillée, et ceci pour les raisons suivantes :

- Certains quartiers d'Arles sont particulièrement vulnérables ;
- Arles semble être un goulet d'étranglement dans les lignes d'eau du Bief du Palier d'Arles ;
- Arles se trouve à la défluence qui détermine le partage des eaux Grand Rhône - Petit Rhône.

Cette recommandation ne préjuge pas des résultats d'une étude coût avantage qui serait menée à l'échelle du bas Rhône, afin de classer les mesures correctives en fonction de leur efficacité.

=====

[synthèses](#)

[Introduction](#)

Documents accessibles

Caractérisation de l'événement, événements de référence

Le Rhône à Beaucaire (Daniel Duband et Philippe Bois)

[Documents à annexer\Rhône à Beaucaire.pdf](#)

Groupe d'Appui et d'Expertise Scientifique. Volet historique. Note de synthèse (Denis Cœur)

[Documents à annexer\RappHisto GAES BasRhône04 Coeur.doc](#)

Piena dei corsi d'acqua (2-4 dicembre 2003) nel Piemonte sud-occidentale (Domenico Tropeano et Laura Turconi).

[Documents à annexer\Evento 2-4 dicembre nel Piemonte sud-occidentale testo + immagini.pdf](#)

Histoire des aménagements

Gestion du risque inondation et changement social dans le delta du Rhône : Les « catastrophes » de 1856 et 1993-1994 (Paul Allard, Bernard Picon & al.) :

[Documents à annexer\rapport final PICON.doc](#)

Mesures de réduction de la vulnérabilité

Vers une gestion durable des risques d'inondation dans les bassins versants du Rhin et de la Meuse (Aljosja Hooier, Frans Klijn, Jaap Kwadik, Jaas Pedroli & al.) :

[Documents à annexer\IRMA-SPONGE-fr.pdf](#)

Rupture de digues

L'inondation dans la plaine du delta Pô en juin 1957 (Franca Mariaga) :

[Documents à annexer\Crue du Pô de 1957.doc](#)

L'inondation de Rhin et de la Meuse (février 1805) :

[Documents à annexer\Land v Maas en Waal flood 1805.avi](#)

Inundation of a Dutch river polder, sensitivity analysis of a inundation model using historical data (Annika Hesselink & al.) :

[Documents à annexer\Hesselink.pdf](#)

=====

[Introduction](#)

**RAPPORT SUR LES CRUES DU RHÔNE
ET SES AFFLUENTS**

**Daniel DUBAND (SHF)
Philippe BOIS (ENSHMG)**

Rapport sur les crues du RHONE et ses affluents du 1 au 5 décembre 2003
Daniel DUBAND (SHF) Philippe BOIS (ENSHMG)
(4 projets entre le 24-05 et le 15-09-2004, destinés à l'IGE-MEDD)

Analyse préliminaire s'appuyant sur les jaugeages effectués à Beaucaire par la CNR de 1992 à 2003 :

- 1-Ajustements de courbes de tarage,
- 2-Estimation des débits de la crue du 1 au 5 décembre 2003 et de débits de crues antérieures depuis 1993,
- Annexe 1 :le Rhône à Pt de Viviers,remarques sur les débits de pointe de crues et sur les volumes ,
- Annexe 2 :analyse hydraulique rapide des jaugeages du Rhone à Beaucaire

1-Ajustement de courbes de tarage aux jaugeages.

37 jaugeages ont été réalisés par la CNR de 1992 à 2003 (données communiquées à l'IGE/MEDD le 6-05-04) ,pour un niveau supérieur à $N=3m$:

- 23 jaugeages au moulinet, au PK .272.250,
- 8 jaugeages à l'ADCP (Acoustical Doppler Current Profiler),
- 3 jaugeages au moulinet effectués au PK 269.600 en octobre 1993 ,et 3 en janvier 1994 qui n'ont pas été pris en compte dans l'ajustement numérique des courbes de tarage.(4 débits jaugés les 9 et 10/10/1993 ont été corrigés de déversements estimés de 600 à 750 m³/s) .

Deux ajustements de courbe de tarage ont été calculés par la méthode des moindres carrés (MMC) aux $26+8=34$ jaugeages, d'après le niveau $N(N_{gf})$ et le débit Q_0 observé(mesuré).

1.1) ajustement par une relation parabolique :

$Q_1=390N+51,9N^2+214$ avec un coefficient de corrélation $r_1=0,99408165$

l'écart type s_1 des écarts Q_1-Q_0 est égal à **314m³/s**,

soit un intervalle d'incertitude à 90% de $1,645*s_1=\pm 517m^3/s$, constant quelque soit N .

1.2) ajustement par une relation logarithmique :

$LnQ_2=1,3819LnN+5,944945$ avec un coefficient de corrélation $r_2 =0,99612467$,

l'écart type s_2 des écarts LnQ_2-LnQ_0 est égal à **0,0455**,

soit un intervalle d'incertitude à 90% de $1,645*s_2=\pm 0,07485$; en valeurs naturelles :

$Q_2=382N^{1.3819}$, $Q_{5\%}=354N^{1.3819}$, $Q_{95\%}=411N^{1.3819}$

Dans ce cas l'intervalle d'incertitude à 90% croit avec N , donc avec les débits et il est dissymétrique, ce qui paraît plus logique relativement aux mesures.

Pour ce second ajustement, lorsque l'on compare les valeurs naturelles Q_2 et Q_0 , leur coefficient de corrélation $=0,99327$.

Nota :il serait plus judicieux de considérer le rayon hydraulique pour être plus conforme au schéma de Manning Strickler,mais ici la cote à l'échelle et la profondeur paraissent voisines.

1.3) Commentaires.

1.3.1) L'ajustement de la relation Q_1 par MMC donne un poids plus important aux forts débits qui interviennent dans le coefficient du terme N^2 ; alors que l'ajustement de la relation Q_2 par MMC a tendance à pondérer les débits importants lorsque l'on applique la transformation logarithmique aux données, c'est cette courbe de tarage Q_2 que nous privilégions.

1.3.2) Les jaugeages réalisés par ADCP n'ont pas fait l'objet de calcul d'incertitudes sur les mesures de débits particulièrement en crues jusqu'à présent, autant par la société commercialisant les capteurs et logiciels que par les organismes acquéreurs et utilisateurs.

Pendant l'épisode de crue du 3 et 4 décembre 2003, la CNR a effectué 7 jaugeages par Adcp dont 3 avec GPS, ainsi que 2 jaugeages au moulinet, à Beaucaire restitution PK 272.250, qui sont riches d'informations.

On notera dans le tableau suivant, pour les 3 et 4 / 12 /03, les écarts entre les débits observés ou jaugés Q_0 et les débits déduits des courbes de tarage Q_2 (ajustées aux 34 jaugeages) et Q_{Cnr} (établie en 1994, tableaux 2 et 3).

On remarque pour les 5 jaugeages ($N > 10,8$) dont la moyenne des niveaux est 10,91 (écart-type 0,09) que :

($Q_2 - Q_0$) a pour valeur moyenne -193 m³/s et écart-type 353 m³/s (min -605, max +350 m³/s)

($Q_{Cnr} - Q_0$) a pour valeur moyenne +1446 m³/s et écart-type 430 m³/s (min 937, max 2116)

pour un débit moyen $Q_{Cnr} = 12020$ m³/s, et moyen $Q_0 = 10574$ m³/s, et moyen $Q_2 = 10381$ m³/s.

Jaugeage	date	heure	niveau	Q_0	$Q_2 - Q_0$	$Q_{Cnr} - Q_0$
Adcp	3-12-03	9h24	10,77	10881	-689	819
Adcp	3-12-03	10h14	10,82 *	10863	-605	937
Moulinet	3-12-03	11h35	11,03 *	10184	+350	2116
Adcp	4-12-03	11h22	10,99 *	10810	-329	1390
Adcp	4-12-03	12h23	10,88 *	10614	-278	1286
Adcp+GPS	4-12-03	12h32	10,85 *	10401	-104	1499
Adcp+GPS	4-12-03	13h50	10,65	9874	162	1528
Adcp+GPS	4-12-03	16h44	10,12	8929	+423	1271
Moulinet	4-12-03	16h55	9,85	8394	+615	1286

(le niveau maxi. de crue a atteint $N = 11,30$ le 4-12-03 à 3h)

On observe que les écarts ($Q_{Cnr} - Q_0$) les moins importants concernent les 2 premiers jaugeages Adcp en montée de crue peut être imputables aux déplacements en fond de lit du fleuve.

On observe également, en descente de crue, que les écarts ($Q_{Cnr} - Q_0$) sont un peu plus élevés lorsque les mesures Adcp sont effectuées avec GPS. Mais pour $N = 11,03$ le jaugeage au moulinet de 11h35 le 3-12-03 présente le plus grand écart $Q_{Cnr} - Q_0 = 2116$ m³/s.

L'ajustement de la forme analytique Q_1 présente des écarts $Q_1 - Q_0$ proches de $Q_2 - Q_0$, et aussi importants pour les 3 jaugeages du 8/01/1994 ainsi que pour les 4 jaugeages corrigés des 9 et 10 octobre 1993. (cf. tableaux 1 et 4)

1.3.3) Les jaugeages au moulinet de janvier 1994 effectués au PK 269.600 n'ont pas été pris en compte dans les ajustements de Q_1 et Q_2 . On note que pour les 3 jaugeages de la crue d'octobre 1993 (10 et 14) l'écart moyen de $Q_2 - Q_0$ est de -150 m³/s et celui de $Q_1 - Q_0$ est de -215 m³/s. Il est intéressant de comparer les jaugeages moulinet du 10-10-93 au PK 269.600 $Q_0 = 9233$ m³/s pour $N = 9,84$ au PK 272.250 $Q_0 = 9578$ m³/s pour $N = 9,9$ (avec $Q_2 = 9000$ m³/s dans les 2 cas).

RHONE à Beaucaire Restitution

Comparaison 37 jaugeages/C.tarQ2(26M+8A)

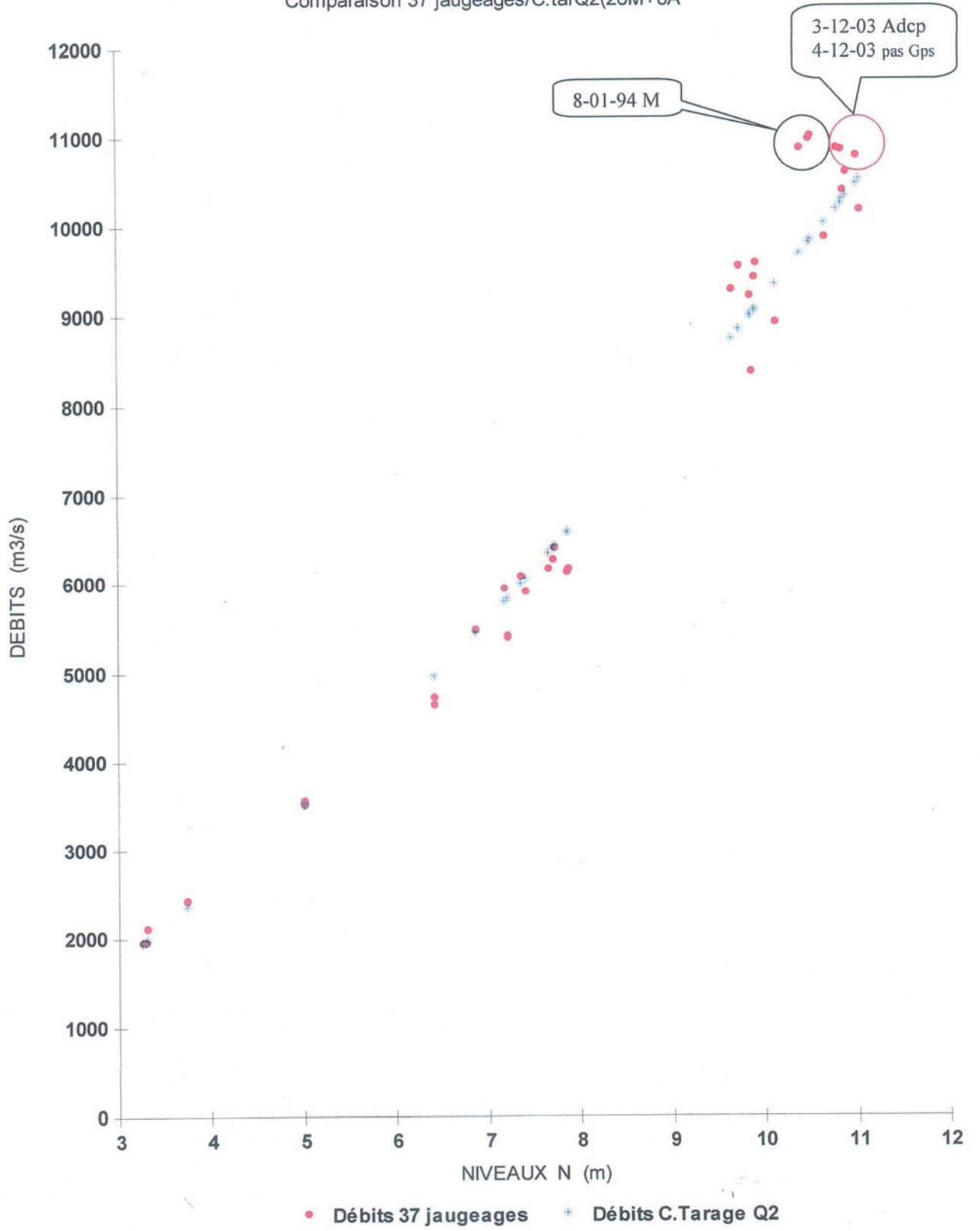


tableau1	N m	Qobs m3/s	Q2	Q1	Q2-Qo	Q1-Qo
05-11-92 M	3,73	2437	2354	2390	-83	-47
18-11-92	6,4	4657	4965	4833	308	176
18-11-92	6,4	4748	4965	4833	217	85
24-11-92	7,2	5407	5842	5710	435	303
24-11-92	7,2	5435	5842	5710	407	275
24-09-93	6,85	5502	5454	5318	-48	-184
24-09-93	7,4	5930	6068	5939	138	9
24-09-93	7,7	6278	6410	6291	132	13
24-09-93	7,72	6423	6433	6315	10	-108
6-10-93	7,85	6148	6584	6470	436	322
6-10-93	7,86	6187	6595	6482	408	295
9-10-93	9,64	9302	8745	8792	-557	-510
9-10-93	9,72	9555	8845	8903	-710	-652
10-10-93	9,9	9578	9072	9157	-506	-421
10-10-93	9,89	9439	9060	9143	-379	-296
14-10-93	7,65	6178	6353	6232	175	54
23-03-94	3,25	1974	1946	2029	-28	55
23-03-94	3,28	1974	1971	2051	-3	77
23-03-94	3,29	2128	1980	2058	-148	-70
24-02-95	5,01	3570	3540	3469	-30	-101
24-02-95	5	3532	3530	3460	-2	-72
03-12-03	11,03	10184	10534	10824	350	640
04-12-03	9,85	8394	9009	9086	615	692
24-02-95 A	5	3540	3530	3460	-10	-80
3-12-03A	10,77	10881	10192	10429	-689	-452
3-12-03A	10,82	10863	10258	10504	-605	-359
4-12-03A	10,99	10810	10481	10763	-329	-47
4-12-03A	10,88	10614	10336	10595	-278	-19
4-12-03Agp	10,85	10401	10297	10550	-104	149
4-12-03Agp	10,65	9874	10036	10249	162	375
4-12-03Agp	10,12	8929	9352	9471	423	542
10-10-93 M	9,84	9233	8996	9072	-237	-161
14-10-93	7,17	5950	5809	5675	-141	-274
14-10-93	7,35	6093	6011	5881	-82	-212
08-01-94°	10,5	11029	9841	10026	-1188	-1003
08-01-94°	10,48	10984	9815	9996	-1169	-988
08-01-94°	10,38	10883	9686	9849	-1197	-1034
10-09-2002	10,27	10539	9544	9688	-995	-851
4-12-2003	11,3	12938	10892	11242	-2046	-1696

Q1= 390N+52NN+214 23+8+3=34j

LnQ2= 1,3819LnN+5,94495 23+8+3=34j

M=moulinet

A=Adcp Agps=Adcpgps

° Jaugeages non pris en compte

tableau 2	N	m	Qobs	m3/s	Q2	Qcnr	Q2-Qo	Qcnr-Qo
05-11-92 M	3,73		2437		2354	2550	-83	113
18-11-92	6,4		4657		4965	4890	308	233
18-11-92	6,4		4748		4965	4890	217	142
24-11-92	7,2		5407		5842	5710	435	303
24-11-92	7,2		5435		5842	5710	407	275
24-09-93	6,85		5502		5454	5340	-48	-162
24-09-93	7,4		5930		6068	5920	138	-10
24-09-93	7,7		6278		6410	6270	132	-8
24-09-93	7,72		6423		6433	6290	10	-133
6-10-93	7,85		6148		6584	6440	436	292
6-10-93	7,86		6187		6595	6450	408	263
9-10-93	9,64		9302		8745	9300	-557	-2
9-10-93	9,72		9555		8845	9450	-710	-105
10-10-93	9,9		9578		9072	9770	-506	192
10-10-93	9,89		9439		9060	9750	-379	311
14-10-93	7,65		6178		6353	6210	175	32
23-03-94	3,25		1974		1946	2180	-28	206
23-03-94	3,28		1974		1971	2200	-3	226
23-03-94	3,29		2128		1980	2210	-148	82
24-02-95	5,01		3570		3540	3620	-30	50
24-02-95	5		3532		3530	3610	-2	78
03-12-03	11,03		10184		10534	12300	350	2116
04-12-03	9,85		8394		9009	9680	615	1286
24-02-95 A	5		3540		3530	3610	-10	70
3-12-03A	10,77		10881		10192	11700	-689	819
3-12-03A	10,82		10863		10258	11800	-605	937
4-12-03A	10,99		10810		10481	12200	-329	1390
4-12-03A	10,88		10614		10336	11900	-278	1286
4-12-03Agp	10,85		10401		10297	11900	-104	1499
4-12-03Agp	10,65		9874		10036	11400	162	1526
4-12-03Agp	10,12		8929		9352	10200	423	1271
10-10-93 M	9,84		9233		8996	9660	-237	427
14-10-93	7,17		5950		5809	5670	-141	-280
14-10-93	7,35		6093		6011	5870	-82	-223
08-01-94°	10,5		11029		9841	11100	-1188	71
08-01-94°	10,48		10984		9815	11100	-1169	116
08-01-94°	10,38		10883		9686	10800	-1197	-83
10-09-2002	10,27		10539		9544	10600	-995	61
4-12-2003	11,3		12938		10892	13000	-2046	62

$$\ln Q2 = 1,3819 \ln N + 5,94495 \quad 23+8+3=34J$$

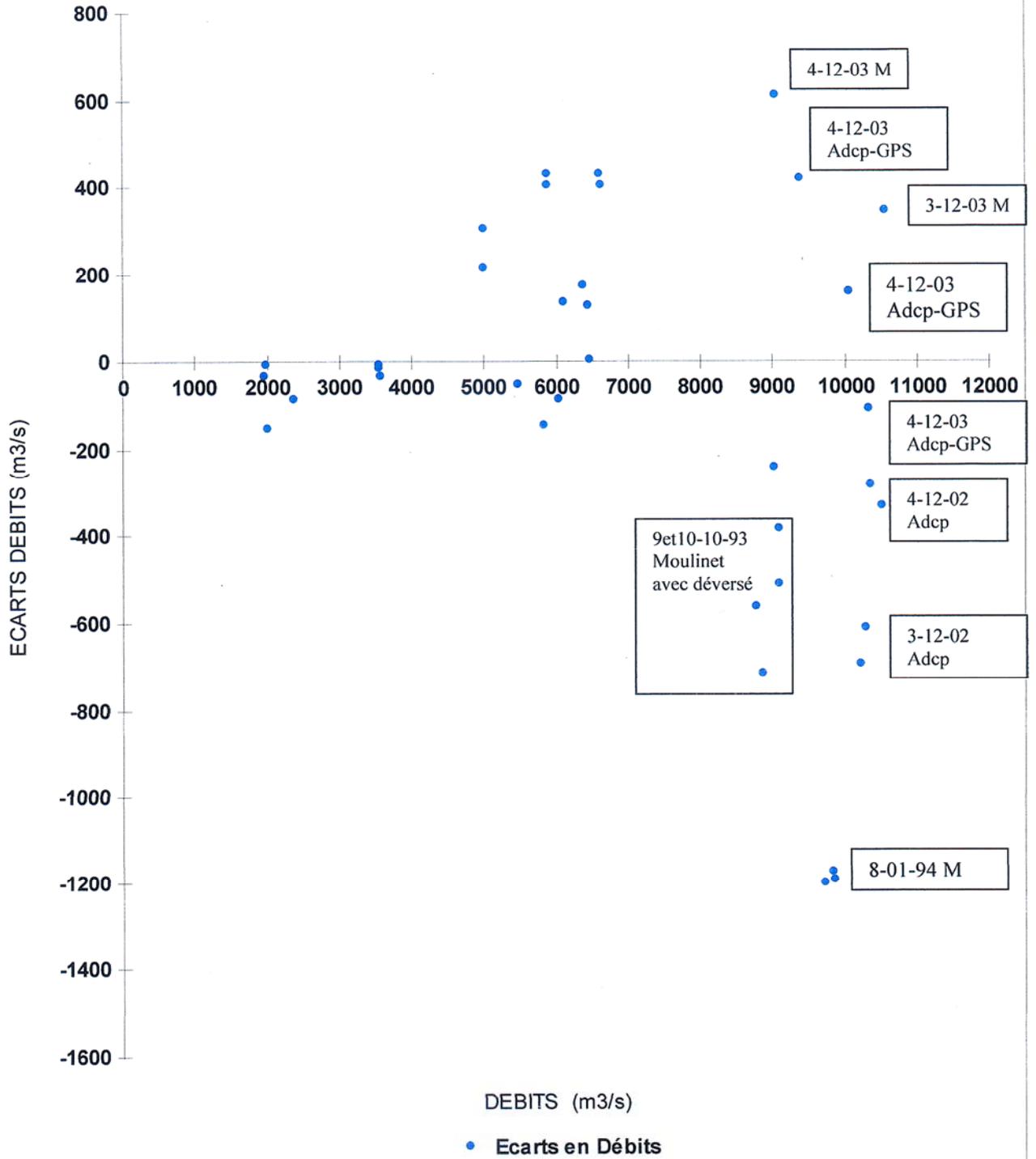
M=moulinet

A=Adcp

° Jaugeages non pris en compte

RHONE à Beaucaire Restitution

Ecarts débits jaugés/estimés C.tar.Q2



RHONE à Beaucaire Restitution

Comparaison 37 jaugeages/2courbes tarag

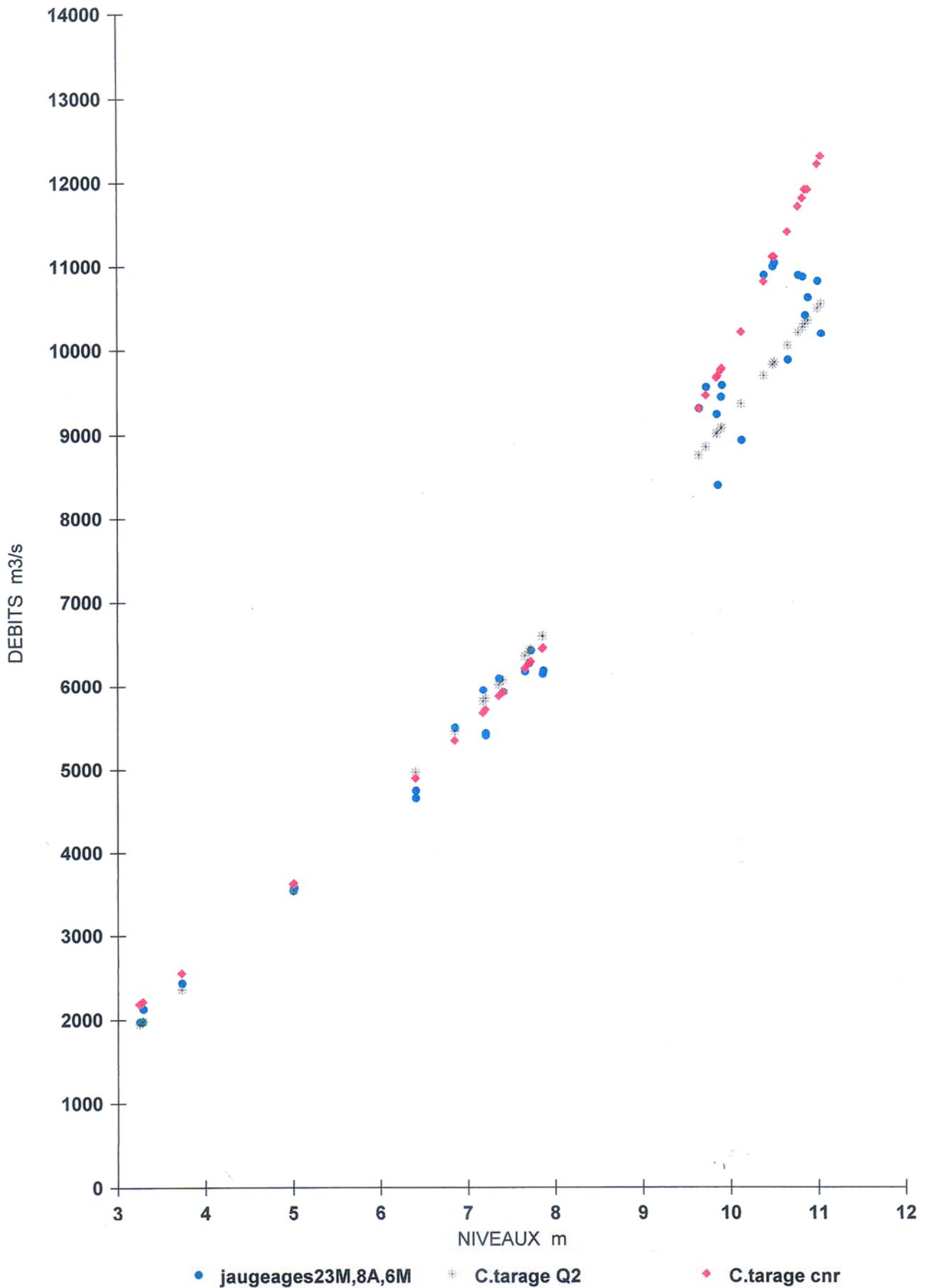


tableau 3 Nm/Qm3/s	Niveau	Courbes		Tarage	Rhone	Beucaire
	N	C.tar	Cnr	C.tar Q2	Q2 05%	Q2 95%
	3		1990	1743	1617	1878
	3,25		2180	1946	1806	2098
	3,5		2360	2156	2001	2324
	3,75		2570	2372	2201	2556
	4		2770	2593	2406	2795
	4,25		2980	2820	2616	3039
	4,5		3180	3052	2832	3289
	4,75		3400	3288	3051	3544
	5		3610	3530	3275	3804
	5,25		3830	3776	3504	4070
	5,5		4050	4027	3736	4340
	5,75		4280	4282	3973	4615
	6		4510	4541	4214	4894
	6,25		4750	4805	4458	5178
	6,5		4980	5072	4707	5467
	6,75		5240	5344	4959	5759
	7		5490	5620	5214	6056
	7,25		5760	5899	5473	6357
	7,5		6030	6182	5736	6662
	7,75		6330	6468	6002	6971
	8		6620	6758	6271	7284
	8,25		6980	7052	6543	7600
	8,5		7330	7349	6819	7920
	8,75		7750	7649	7098	8244
	9		8160	7953	7379	8571
	9,25		8610	8260	7664	8902
	9,5		9050	8570	7952	9236
	9,75		9500	8883	8242	9573
	10		9950	9199	8536	9914
	10,25		10500	9519	8832	10258
	10,5		11100	9841	9131	10606
	10,75		11700	10166	9433	10956
	11		12200	10494	9738	11310
	11,25		12900	10825	10045	11667
	11,5		13500	11159	10354	12027
	11,75			11496	10667	12389
	12			11835	10982	12755

RHONE à Beaucaire
 Courbe tarage Cnr, Courbe tarage Q2 90%

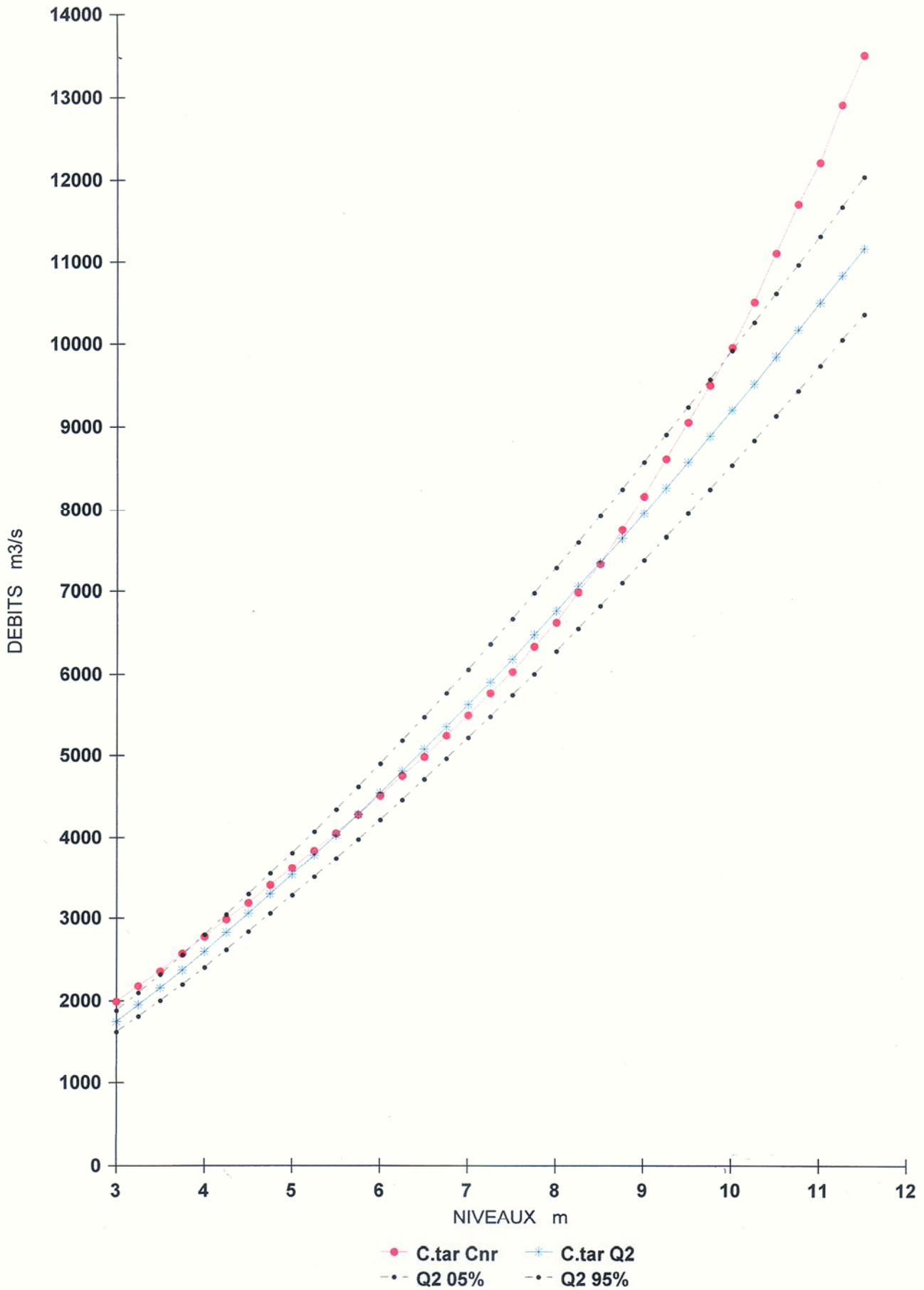
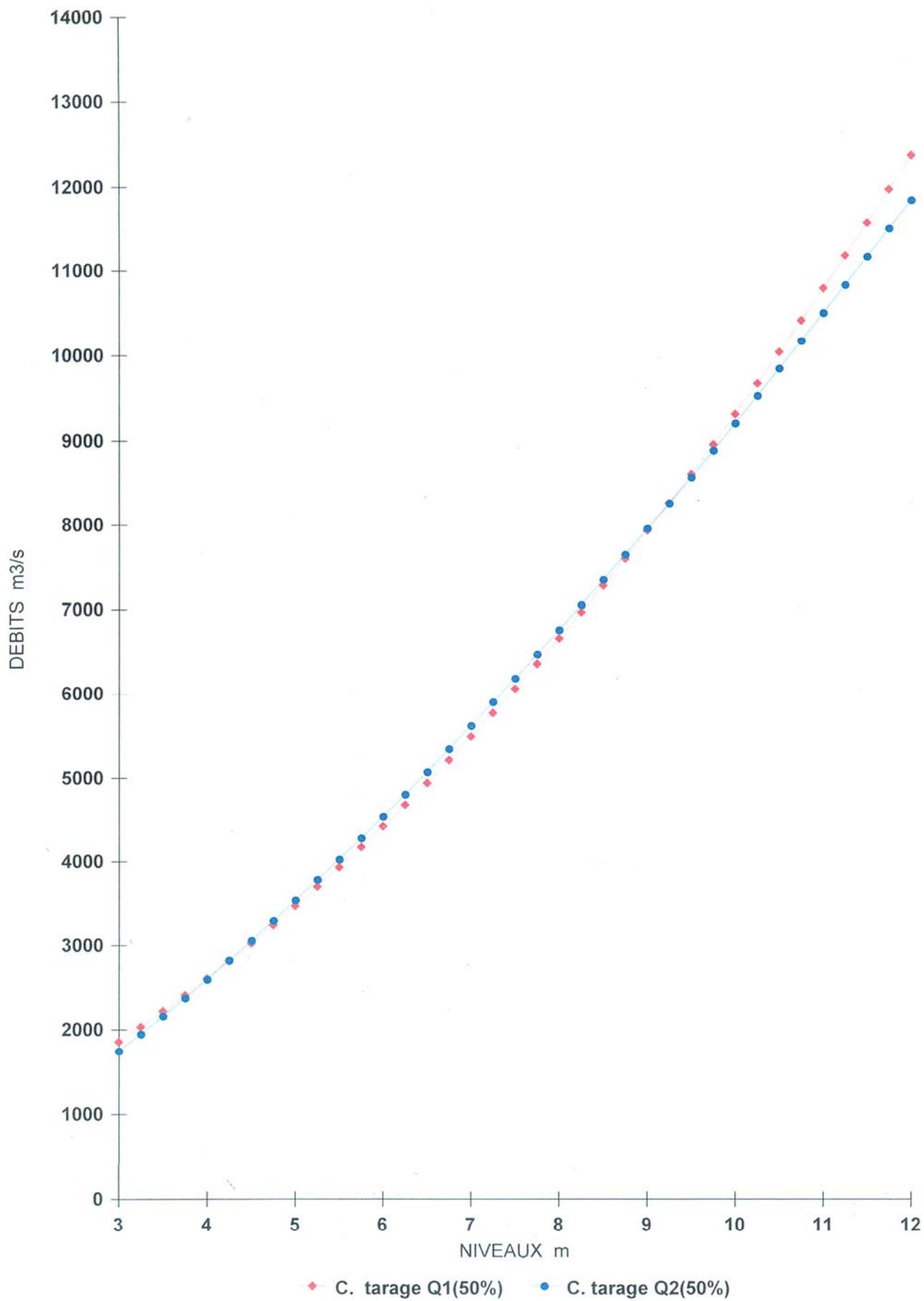


tableau 4 Nm/Qm3/s	Niveau N	C.tarageRHONE Beaucaire	
		Q1 50%	Q2 50%
	3	1851	1743
	3,25	2030	1946
	3,5	2215	2156
	3,75	2406	2372
	4	2604	2593
	4,25	2809	2820
	4,5	3020	3052
	4,75	3237	3288
	5	3462	3530
	5,25	3692	3776
	5,5	3929	4027
	5,75	4172	4282
	6	4422	4541
	6,25	4679	4805
	6,5	4942	5072
	6,75	5211	5344
	7	5487	5620
	7,25	5769	5899
	7,5	6058	6182
	7,75	6354	6468
	8	6656	6758
	8,25	6964	7052
	8,5	7279	7349
	8,75	7600	7649
	9	7928	7953
	9,25	8262	8260
	9,5	8603	8570
	9,75	8950	8883
	10	9304	9199
	10,25	9664	9519
	10,5	10031	9841
	10,75	10404	10166
	11	10784	10494
	11,25	11170	10825
	11,5	11563	11159
	11,75	11962	11496
	12	12368	11835

Rhone à Beaucaire courbes tarage Q1,Q2

Courbes tarage ajustées 34 jaugeages



Par contre, les 3 jaugeages réalisés le 8-01-94 au PK 269.600 posent question, puisque pour un débit jaugé moyen de 10965 m³/s, l'écart moyen de $Q_2 - Q_0 = -1185 \text{ m}^3/\text{s}$ et l'écart moyen de $Q_1 - Q_0 = -1008 \text{ m}^3/\text{s}$, ce sont de véritables horsains (cf. Annexe 2).

On remarque que le rapport $V_m/V_{0,20}$ (vitesse moyenne à vitesse m à 20cm sous la surface) de ces trois jaugeages de surface à été pris $=0,91$, or le rapport de ces deux vitesses pour 10 jaugeages au moulinet réalisés à toutes profondeurs de 1992 à 1995 est compris entre 0,85 et 0,87 soit 700 à 800m³/s de moins. Ces jaugeages constituent probablement la cause de la surestimation à 13000m³/s du débit de pointe de la crue du RHONE à Beaucaire le 4-12-2003 : en conditionnant la courbe de tarage établie par CNR en 1994, ils ont été privilégiés au détriment des 5 jaugeages de crue les 3 et 4 décembre 2003 déjà cités (3ADCP, 1 moulinet, 1 ADCP-Gps) pourtant promus par la CNR, à juste titre (à condition d'analyser en profondeur les différentes sources d'incertitudes associées aux mesures en fortes crues).

Questions à CNR : -quelles différences entre PK.269.600 et PK.272.250 ? quelles explications hydrométriques et hydrauliques pour les jaugeages du 8-01-1994 ?

2. Estimation proposée des débits de pointe de crues du RHONE à Beaucaire PK 272.250 .

le 4 décembre 2003, niveau $N=11,30$

courbe de tarage Q_2 $Q=10892 \text{ m}^3/\text{s}$ (au lieu de 12940 m³/s)

intervalle d'incertitude à 90% : 5% $Q=10106 \text{ m}^3/\text{s}$ _ 95% $Q=11738 \text{ m}^3/\text{s}$

courbe de tarage Q_1 $Q=11242 \text{ m}^3/\text{s}$

intervalle d'incertitude à 90% : 5% $Q=10725 \text{ m}^3/\text{s}$ _ 95% $Q=11760 \text{ m}^3/\text{s}$

le 10 septembre 2002, niveau $N=10,27$

courbe de tarage Q_2 $Q=9544 \text{ m}^3/\text{s}$ (au lieu de 10540 m³/s)

intervalle d'incertitude à 90% : 5% $Q=8856 \text{ m}^3/\text{s}$ _ 95% $Q=10286 \text{ m}^3/\text{s}$

courbe de tarage Q_1 $Q=9689 \text{ m}^3/\text{s}$

intervalle d'incertitude à 90% : 5% $Q=9172 \text{ m}^3/\text{s}$ _ 95% $Q=10206 \text{ m}^3/\text{s}$

On note ainsi la surestimation de 2000m³/s du débit de pointe de crue du 4-12-03, annoncé sans précaution (fourchette d'incertitude) en décembre 2003 à 13000 m³/s (à la cote 10,9m il y avait déjà 1500m³/s en trop, cf §1.3.2, qui préfigurait l'écart de 2000m³/s à la cote 11,3m). Egalement, le débit annoncé pour la pointe de crue du Rhône le 10-09-02 paraît surestimé de 1000m³/s ce qui modifie le volume reconstitué pour la crue du GARD du 9-09-02.

Les surestimations de débits de crues du Rhône à Beaucaire par la courbe de tarage CNR concernent les niveaux supérieurs à $N=9$, soit les débits supérieurs à 8000 m³/s, depuis le 01-10-1993 semble-t-il ?

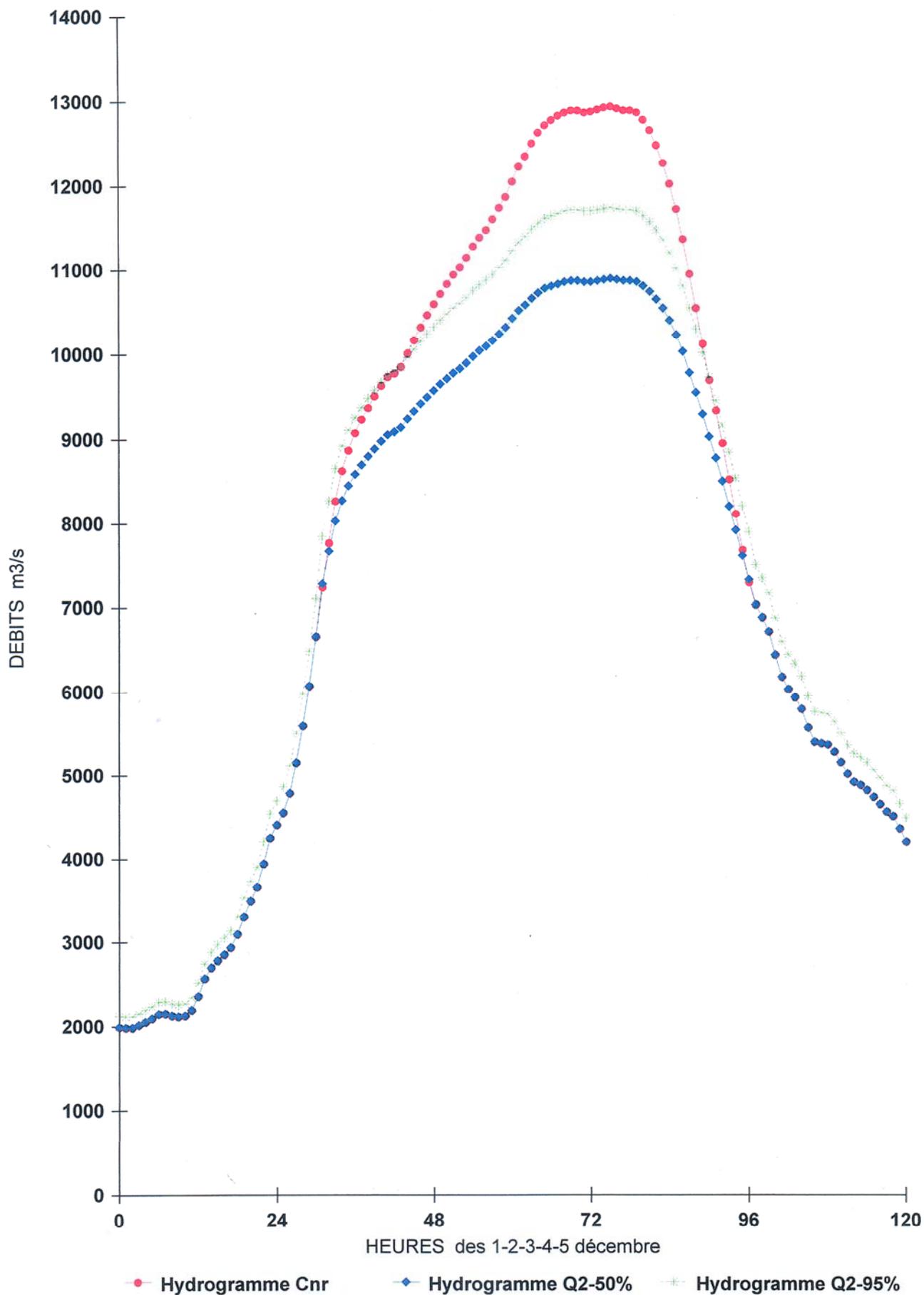
Le 8 janvier 1994, pour $N=10,5$ le débit de pointe est estimé à $Q_2=9900 \text{ m}^3/\text{s}$ (au lieu de 11000 m³/s).

Le 6 novembre 1994, pour $N=9,89$, le débit de pointe de crue est estimé à $Q_2=9060 \text{ m}^3/\text{s}$ (au lieu de 9740 m³/s).

Le 10 octobre 1993, pour $N=9,90$, le débits de pointe de crue est estimé à $Q_2=9070 \text{ m}^3/\text{s}$ (au lieu de 9770 m³/s).

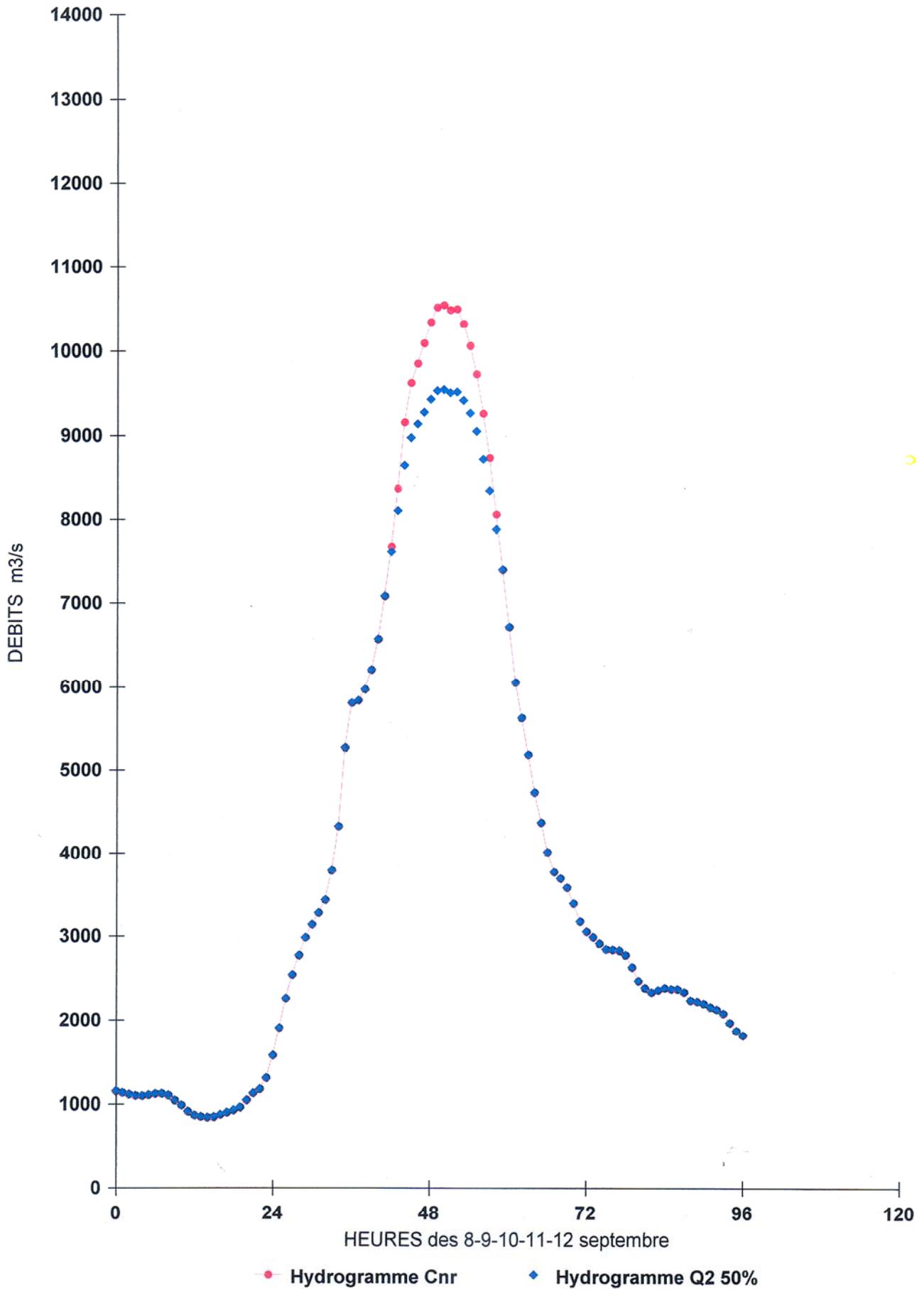
RHONE à Beaucaire Restitution

Hydrogrammes crue du 1-6 décembre 2003



RHONE à Beaucaire

Hydrogrammes crue du 8-11 sept. 2002



Pour ce qui concerne le volume estimé de la crue du Rhône à Beaucaire pendant les 5 jours du 1 au 5 décembre 2003 ,en adoptant le barème de tarage Q2,on obtient un volume global de 3050 hm³ .

En considérant seulement les apports en crues des affluents du bassin versant intermédiaire TERNAY-BEAUCAIRE (BV 45000 km²) supérieurs au volume de base à Beaucaire et en retranchant les apports de crue à l'amont de Ternay, on obtient un volume de: 1750 hm³ (avec le barème de tarage Cnr on note 17% de plus soit 2050 hm³) ; ce chiffre correspond à un écoulement de 52 mm pour 33000 km²(en diminuant de 6000 km² la surface du BV Isère ,et de 6000km² la surface du BV de la Durance),si l'on adopte une lame d'eau pluviale moyenne de 145 mm(valeur estimée d'après des informations fournies par Météo France) on peut évaluer le coefficient de ruissellement moyen global à 36% (chiffre à valider) .

RHONE ET AFFLUENTS



● Stations de mesures hydrométriques

ANNEXE 1 Crues du RHONE et affluents.

A/Le RHONE à Pont de Viviers :

- 1-Analyse des jaugeage, Calage d'une courbe de tarage,
- 2-Incidence sur le calcul des débits de crues récentes.

1-Ajustement d'une courbe de tarage.

D'après les résultats de 16 jaugeages effectués par la CNR entre 1992 et 2003 à Pont de Viviers (données communiquées à l'IGE-MEDD le 6-05-2004), nous avons ajusté une relation linéaire simple entre les débits jaugés Q_0 et les niveaux N en calculant les deux coefficients par la méthode des moindres carrés, soit :

$$Q_1 = 1608 * N - 93652$$

Le coefficient de corrélation étant $r_1 = 0,99384637$

L'écart-type d'incertitude associée à l'écart ($Q_1 - Q_0$) étant $s_1 = 218 \text{ m}^3/\text{s}$, et l'intervalle d'incertitude à 90% étant défini par la plage (-360 à +360 m^3/s) quelques soient les valeurs de N , donc indépendant de l'importance des débits. (tableau 5)

2-Incidence sur le calcul de crues récentes.

Débit de pointe de la crue du 3-12-2003 à 4h :

on obtient une estimation de 7670 m^3/s avec 90% de chances de se situer entre 7300 et 8000 m^3/s , la valeur fournie (non validée) par Cnr étant 7943 m^3/s au niveau $N=63,01$;

Débit de pointe de la crue du 7-01-1994 à 14h :

on obtient une estimation de 7363 m^3/s avec 90% de chances de se situer entre 7000 et 7700 m^3/s , la valeur fournie par Cnr étant 7564 m^3/s au niveau $N=62,82$

B/REMARQUES sur les POINTES de crues d'affluents du Rhône les 2 et 3 décembre 2003.

Débit de pointe de l'Isère à St Gervais (BV 9910 km^2) : 406 m^3/s

Débit de pointe de la Bourne à Pt de Manne (BV 787 km^2) : 567 m^3/s

Débit de pointe de l'Isère au confluent (BV 10900 km^2) : 960 m^3/s à 1h le 3-12

Débit de pointe estimé à confluence Isère-Rhône (BV 11800 km^2) : 1100 à 1200 m^3/s .

Débit de pointe de l'Eyrieux à Pt de Chervil (BV 392 km^2) : 634 m^3/s

Débit de pointe de l'Eyrieux aux Ollières (BV 643 km^2) : 1100 m^3/s , et 1250 m^3/s au confluent.

Débit de pointe de l'Ardèche à St Martin (BV 2240 km^2), on adopte le chiffre Diren : 3000 m^3/s .

Débit de pointe la Durance à Cadarache (BV 11700 km^2) : 1600 m^3/s le 3-12-03 à 4h, il s'étale ensuite en propagation.

Débit de pointe du Gard à Remoulins dont l'hydrogramme est à recalculer : 950 m^3/s ?

Nous ne disposons d'aucunes observations sur les jaugeages du Rhône à Avignon.

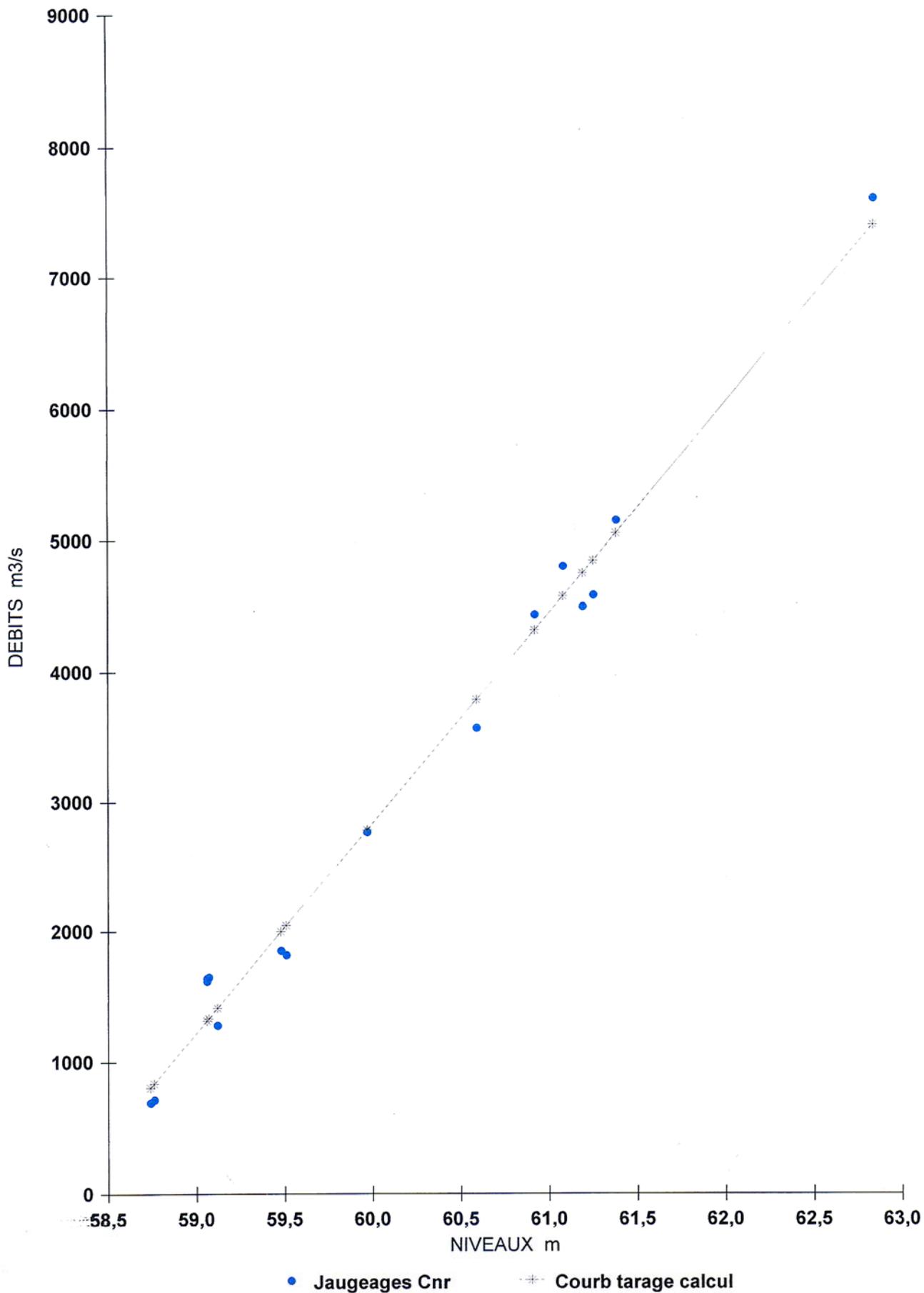
tableau 5		RHONE	à Pontde	Viviers
DATE	N	Qo	Q1	Q1-Qo
25-09-92	59,12	1284	1413	129
2-11-92	59,97	2766	2780	14
18-11-92	61,25	4577	4838	261
25-11-92	61,19	4489	4742	253
5-10-93	60,59	3564	3777	213
9-10-93	62,84	7598	7395	-203
11-10-93	61,38	5147	5047	-100
13-10-93	61,08	4798	4565	-233
4-01-94	60,92	4429	4307	-122
22-03-94	59,06	1621	1316	-305
22-03-94	59,07	1652	1333	-319
22-03-94	59,06	1642	1316	-326
9-06-94	59,51	1818	2040	222
9-06-94	59,48	1850	1992	142
17-10-03	58,76	715	834	119
17-10-03	58,74	691	802	111

60,12625 3040,0625

Q1=(N)*1608-93652

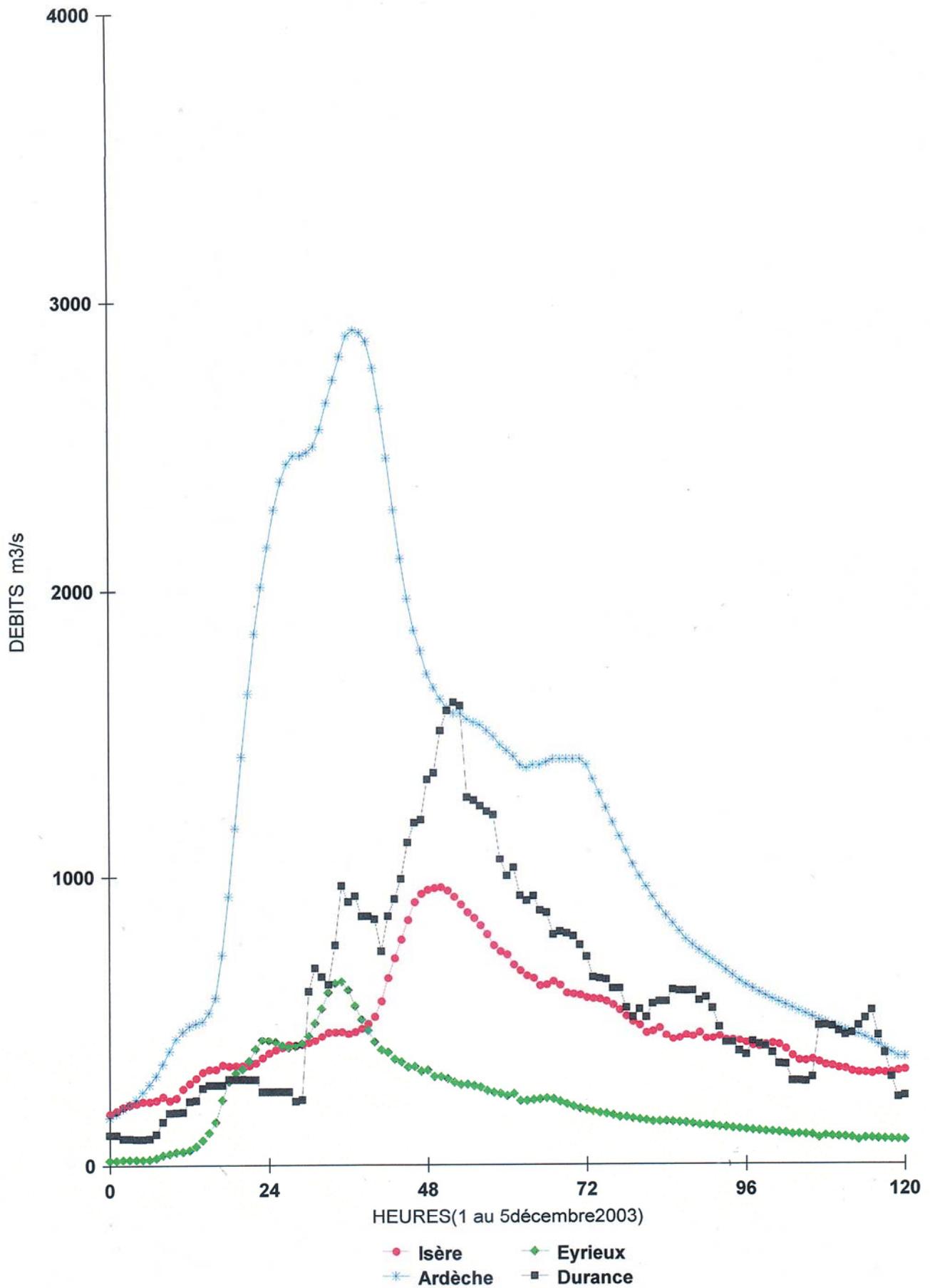
RHONE à Pont de Viviers

Jaugeages Cnr(1992-2003), C.tarage ajust



Affluents RHONE

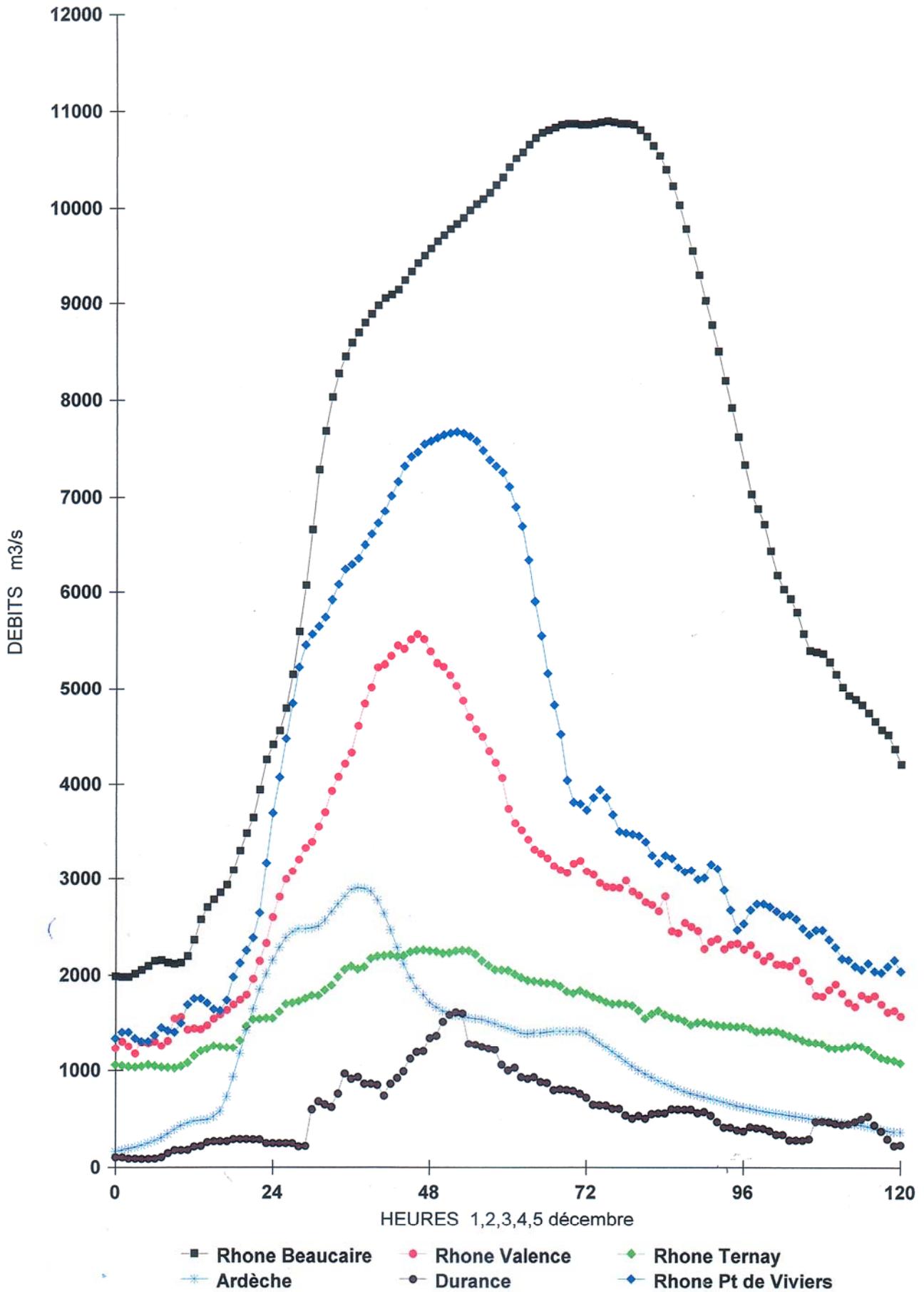
Isère StG+Bourne, Eyrieux, Ardèche, Duranc



RHONE	Affluents	Heure J	DIRENB	CNR estimations			1-5	12	2003
	tableau 6		pointe m3/s	m3/s	m3/s	volume hm ³	vol. base	BVI hm ³	
Ternay		23h/02	2150	2260	2200	680	440		
	Giers	16h/02	340	330		50			
	Cance	13h/02	430	420		50			
	Galaure	17h/02	110			20			
	Doux	12h/02	950	900		110			
	Isère	21h/02-3h/0	1200	1510	1200	240	100	mes.470	
Valence		22h/02	5500	5550	5500	1250	650	570	
	Eyrieux	10h/02	1100	1720	1250	170	20		
	Drome	22h/02	650	850	600	120			
	Roubion	16h/02	750	700		80		mes.370	
Pont Viviers		3h/03	8000	7950	7600	1730	800	480	
	Ardèche	13h/02	2900	3560	3000	500	120	mes.500	
Pont StEsprit		18h/02-12h/	6300	?	8200	2250	920	520	
	Cèze	19h/02	710	740		160			
	Aygues	18h/02	500	500		75			
	Ouvèze	20h/02	590	590		135		mes.370	
Avignon		17h/03	10700		9700	2650	970	400	
	Durance	12h/03	1400	1500	1400	260	90		
	Gard	16h/03	1150	1370	950	110		mes.370	
Beaucaire		2h/04	13000	12000/1300	11000	3050	1060	370	
		Crues BVI	Ternay - Beaucaire		3050-1060 (>vol.base)	1990	-240 (amont Ternay)	1750	
			soit						
Estimations	BVI(45000-12000)km2	Pluie		soit	Ecoulement		Coef. ruisel		
	Ternay-Beaucaire	145mm			52mm		36%		
	Eyrieux 850km2	Pluie 280mm			Ecoulement 176mm		Coef. ruisel 63%		
	Ardèche 2430km2	Pluie 300mm			Ecoulement 158mm		Coef. ruisel 52%		
	Isère 5000km2 (BV11800)	Pluie 110mm			Ecoulement 28mm		Coef. ruisel 25%		
	Durance 7000km2 (BV14000)	Pluie 90mm			Ecoulement 22mm		Coef. ruisel 24%		

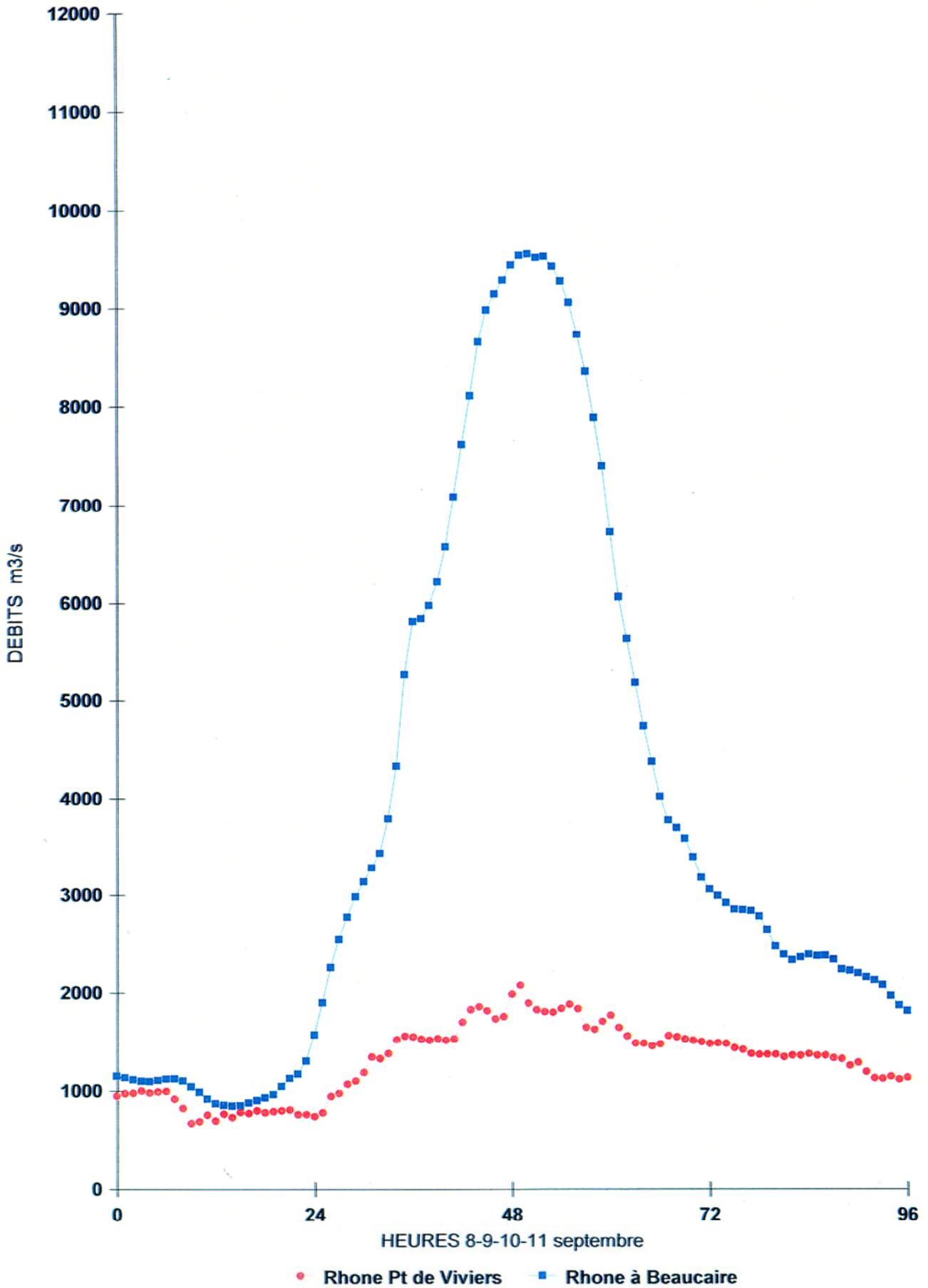
RHONE et Affluents Crue du 1-5/12/2003

Comparaison ondes de crues



RHONE Pt Viv-Beauc,Crue du 8-09-2002

Hydrogrammes amont-aval BVI 25000km2



C/REMARQUES sur les VOLUMES de CRUES du Rhône entre Ternay et Beaucaire.

Pour obtenir une estimation du volume de crue pendant les 5 jours du 1 au 5 décembre 2003

On a soustrait le volume de base au départ de la crue du volume total ,ainsi (tableau 6) :

Rhône à Ternay	240 hm ³ ,
Rhône à Valence	600hm ³ ,
Rhône à Pont de Viviers	930 hm ³ ,
Rhône à Pont St Esprit	1340 hm ³ ,
Rhône à Avignon	1680 hm ³ ,
Rhône à Beaucaire	1990 hm ³ ,

Le volume cumulé des crues du RHONE entre Ternay et Beaucaire est estimé à :

$1990-240=1750$ hm³ du 1 au 5 décembre pour un volume total de 3050hm³ à Beaucaire .

On remarque que les crues des affluents rive droite se produisent à 12h et 18h en rive gauche pour les bassins de moins de 2000km²,elles arrivent avant la crue du Rhône amont et celles de l'Isère et de la Durance .

Crues du RHONE et affluents entre Pont de Viviers et Beaucaire du 8 au 11 septembre 2002 :

En référence à la courbe de tarage Q₂ le volume total d'eau pendant les 4 jours du 8 au 11/09 est estimé à 1250 hm³ pour le Rhône à Beaucaire ,en soustrayant un volume de base de 250 hm³, on obtient un volume de crue de 1000 hm³ ;le volume total du Rhone à Pont de Viviers pendant les 4 même jours est estimé à 390 hm³ ,si on lui soustrait le volume de base de 210 hm³ on obtient un volume de crue de 180 hm³.

Le volume des crues des affluents du Rhône entre Pont de Viviers et Beaucaire c'est-à-dire Ardèche-Cèze-Gard-Lez-Aigues-Ouvèze-Durance peuvent être estimés alors à :

$$1000-180=820 \text{ hm}^3 .$$

Le volume de crue estimé pour l'Ardèche est 80 hm³,pour la Durance de 50hm³, pour le Lez-L'Aigues-l'Ouvèze de 90hm³ soit au total 220 hm³,il resterait pour le Gard et la Cèze :**600hm³** (plage 550-600 hm³ ,à valider).

Hypothèses :on estime à 375 mm la pluie reçue par le bassin du **Gard** (2000km²),soit 750 hm³ ,en adoptant un coefficient de ruissellement global de 50%cela correspondrait à un volume ruisselé de **380 hm³** et donc de **190hm³** pour la Cèze ?

Avec un débit de pointe de **5500 à 6000 m³/s**(durée de retour 200 à 300 ans) et un débit moyen en 36 heures de 2900m³/s on retrouve le volume estimé pour le Gard ;de même avec un débit de pointe de **2800 m³/s** et un débit moyen en 36 heures de 1450 m³/s on retrouve le volume estimé pour la Cèze(à confirmer).

Estimation de la probabilité des crues extrêmes dans les bassins versants du GARD et de l'ARDECHE par la méthode du Gradex (mise au point effectuée par Daniel Duband suite à erreur dans le rapport Etude Globale Crues du Rhône et affluents, détectée après la crue de septembre 2002 dans le Gard)

Probabilité	0,1	0,01	0,002	0,001
Durée moyenne de retour (années)	10	100	500	1000

Débits de pointe de crue (m3/s)

Gard à Remoulins (1840km2)	2200	4800	6500	7300
Intervalle d'estimation à 90%	(2100-2300)	(4600-5000)	(6200-6800)	(6900-7700)

Comparaison avec les résultats obtenus sur l'Ardèche en pointe à Sauze St Martin (2240km2)	3700	6900	9000	10000
Intervalle d'estimation à 90%	(3500-3900)	(6600-7200)	(8600-9400)	(9500-10500).

Débits spécifiques comparés (m3/s/km2) :

Gard	1,2	2,6	3,5	4,0
Ardèche	1,7	3,1	4,0	4,5.

(pour le Gard, les chiffres de l'étude SAFEGE ont été rectifiés par D.D en prenant le gradex d'automne de **25,8mm/jour** au lieu de 21mm pour l'année ; avec le même point pivot d'extrapolation de crue décennale et le même rapport moyen débit pointe à débit moyen journalier égal à 2

Pour l'Ardèche les estimations de débits de pointe de crues décennale-centennale-cinquantennale-millennale sont celles de l'étude faite par EDF-DTG) en 1994, elles sont proches des valeurs obtenues par Safège , respectivement : 3400, 6600, 8750, 9700 .

Remarques

Si l'on valide la plage de **5500 à 6000 m3/s en pointe** proposée pour la crue du Gard à l'aval de Remoulins le 9 septembre 2002 (voir rapport IGE Crues du Rhône et affluents des 2-3-4 décembre 2003) cet événement hydrologique aurait une **durée de retour comprise entre 200 et 300 ans**.

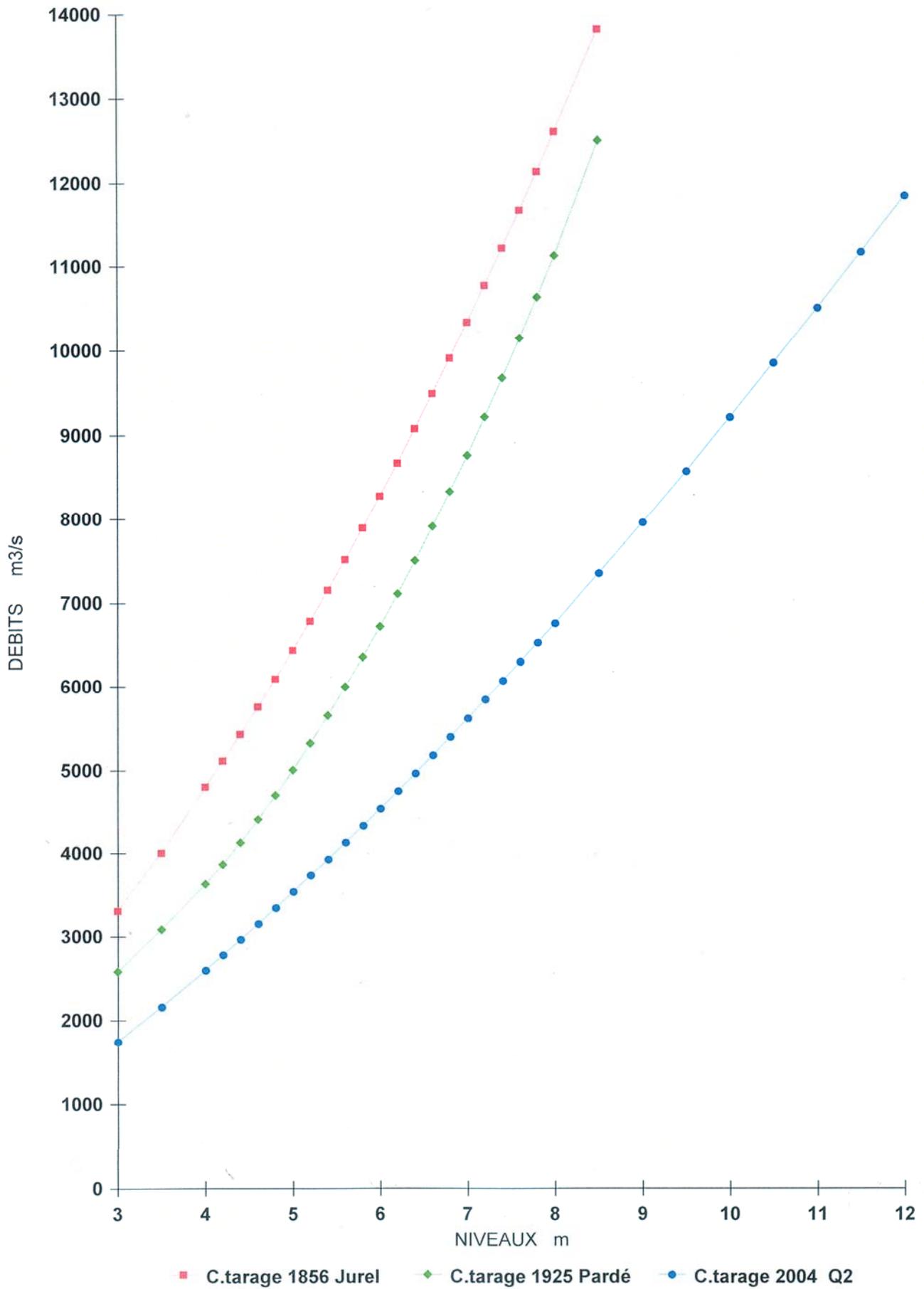
La référence à la première crue du Gard en 1958 (30 septembre et 1 octobre) est intéressante à approfondir ; à ce propos le débit de pointe de 4500 m3/s ne me paraît pas avoir été surestimé pour cette crue, car comme celui de la crue de l'Ardèche évalué aussi à 4500 m3/s, et la Cèze à 2500 m3/s, ils ont été générés par des pluies de plus de 300 à 400 mm en 24h dans les bassins versants supérieurs à fortes pentes, d'où des crues rapides très pointues mais dont les volumes sont relativement modestes (deux fois moindres) par rapport à ceux de septembre 2002, où le centre du bassin a reçu plus de pluies que les hauts bassins versants, et plus longtemps qu'en 1958.

L'analyse des hydrogrammes du Rhône entre le Teil et Beaucaire, ainsi que celle des pluies observées est éloquentes à ce sujet .

Le débat reste ouvert, car les processus hydro-pluviométriques et hydrauliques ne sont pas aisés ni simples à reconstituer et mixer, mais il me semble que l'on dispose d'informations et de mesures certes incomplètes et imparfaites, mais aussi d'expériences-événements historiques, susceptibles de faire progresser notre compréhension .

RHONE à Beaucaire

Comparaison de 3 courbes de tarage Hist



ANNEXE 2 Analyse hydraulique rapide des jaugeages du RHONE à Beaucaire
Philippe Bois (Ecole Nationale Supérieure d'Hydraulique et de Mécanique de Grenoble)

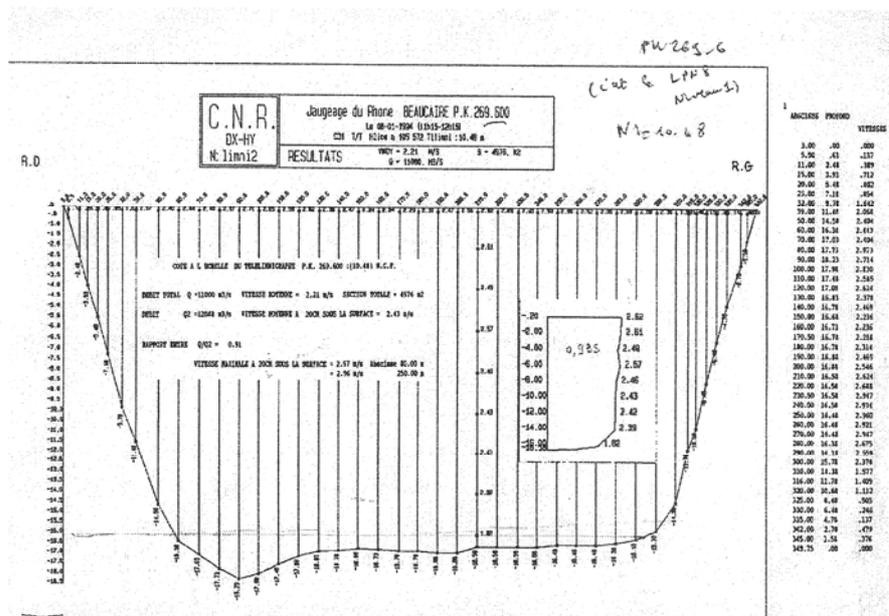
Analyse hydraulique rapide des jaugeages du Rhône à Beaucaire

Données de base : 38 jaugeages effectués de 1992 à 2003. Ces jaugeages n'ont pas tous été effectués au même endroit, mais comme pour chaque jaugeage, la CNR avait relevé le niveau à Beaucaire Restitution (PK 269.6), nous avons fait l'hypothèse raisonnable que le débit mesuré correspondait à celui qui passait à Beaucaire Restitution. Pour cette station, la CNR nous a fourni le profil en travers ayant servi au jaugeage de surface du 8/1/94. Nous avons ainsi pu écrire l'équation de la section mouillée A, du périmètre mouillé P, et du rayon hydraulique R en fonction du niveau du Rhône au PK 269.6 Z :

$$A=200+240*Z+3.656*Z^2 \quad (A \text{ en m}^2, Z \text{ en m}) \quad P=242+Z*3.16 \quad (P \text{ et } Z \text{ en m})$$

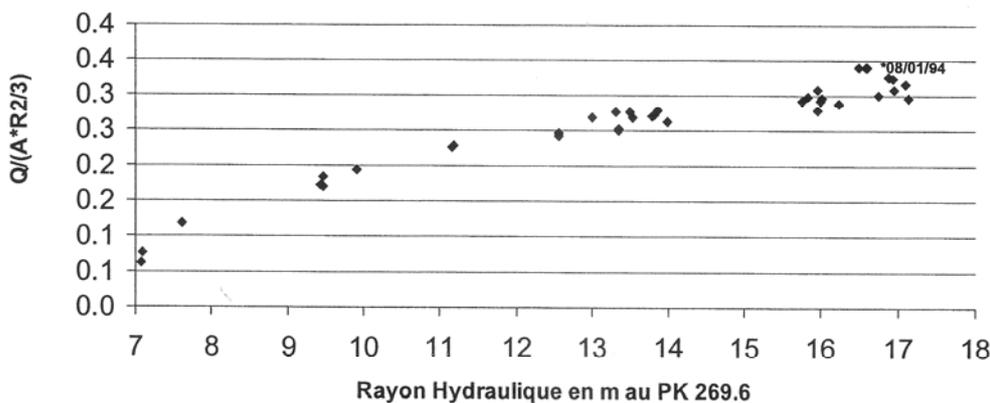
Quelques graphiques :

Section en travers du Rhône à Beaucaire restitution PK 269.6 (celui utilisé lors du jaugeage de 1994).



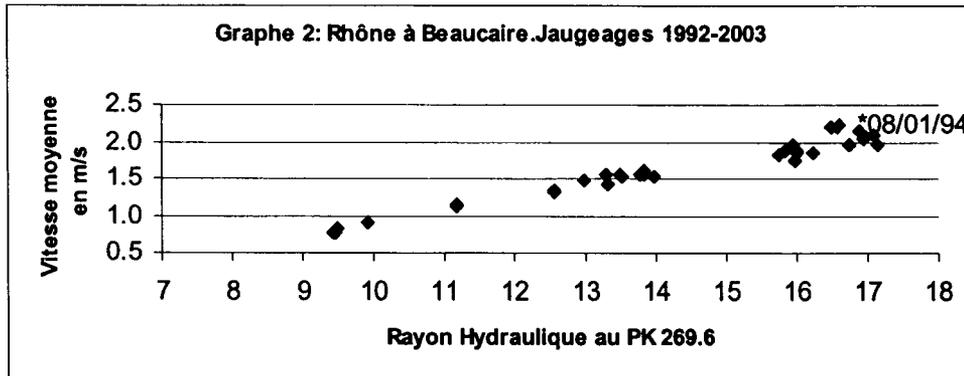
Graph 1 : $Q/(A \cdot R^{2/3}) = f(R)$. Cette quantité dans un écoulement permanent et uniforme à pente d'énergie constante et à rugosité constante doit peu varier (Formule de Manning Strickler).

Graph 1: Rhône à Beaucaire. Jaugeages 1992-2003



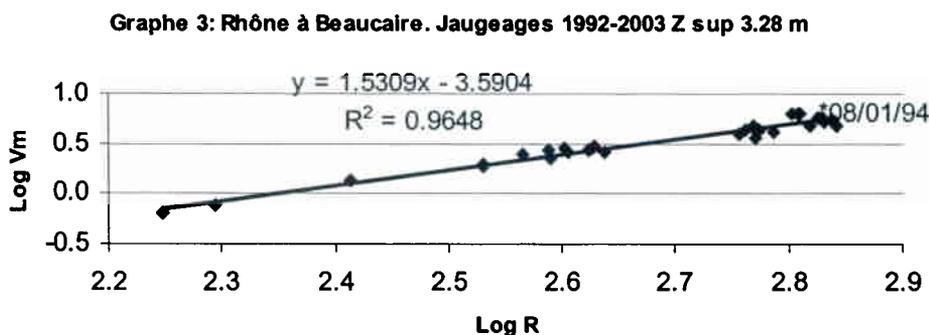
On constate que l'hypothèse précédente est loin d'être respectée et qu'il y a pour des mêmes rayons hydrauliques des écarts de 10% environ entre les valeurs. Les points les plus hauts correspondent aux jaugeages de 1994.

Graphe 2 : $V_m=f(R)$



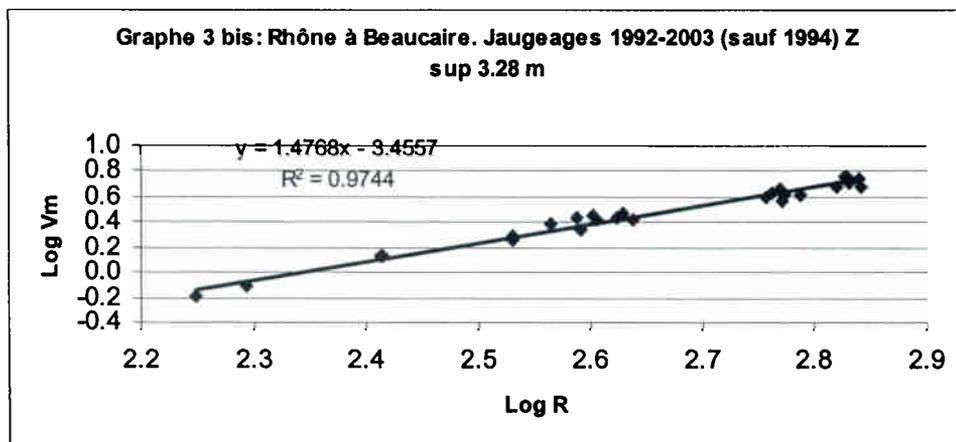
On retrouve évidemment les points précédents écartés d'une ligne moyenne.

Graphe 3 : $\text{Log}(V_m)=\text{Log}(R)$ Ce graphe est intéressant car, dans l'hypothèse de Manning Strickler : $Q/A=V_m=1/n \cdot R^{2/3} J^{1/2}$ n rugosité, J pente d'énergie. En traçant $\text{Log}(V_m)$ en fonction de R, si n et J sont constants, on devrait retrouver comme pente cette puissance de 2/3.



On retrouve bien évidemment les jaugeages de 1994 au dessus de la droite et le fait que l'on est loin de l'hypothèse de Strickler. La pente de la droite qui correspond en variables brutes à la puissance à affecter à R ressemble à la valeur de l'équation d'un déversoir où R serait la hauteur amont au dessus du seuil. La corrélation est bonne mais on a des points dans une très large gamme de Log R.

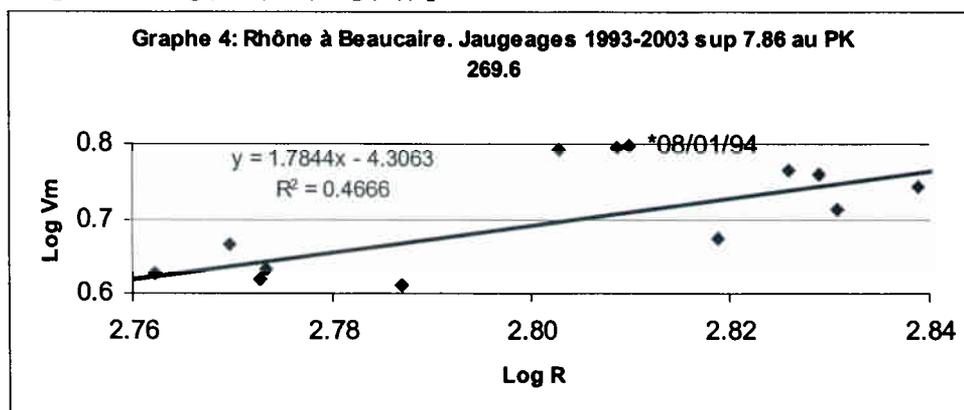
Graphe 3 Bis : le même que précédemment mais sans prendre en compte les jaugeages de 1994.



La corrélation augmente significativement mais le coefficient de régression reste voisin.

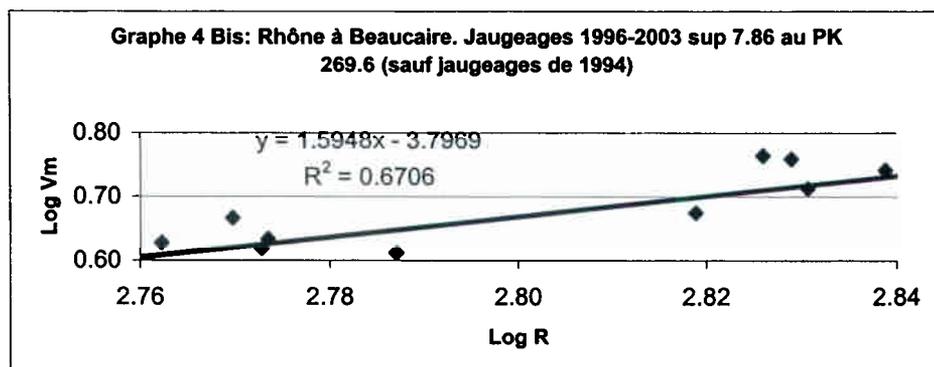
Etude des jaugeages de forts débits :

Graphe 4 : $\text{Log}(V_m) = f(\text{Log}(R))$ pour $Z > 9$ m



On retrouve bien les 3 points de 1994 les plus éloignés de la droite moyenne.

Graphe 4 bis : $\text{Log}(V_m) = f(\text{Log}(R))$ pour $Z > 9$ m (sauf les jaugeages de 1994)



Le nuage de points est évidemment beaucoup moins étalé autour de la droite des moindres carrés et le coefficient de régression décroît un peu.

Recommandations :

Compte tenu des remarques hydrauliques précédentes, il nous semble important d'analyser, même de façon simplifiée, les conditions d'écoulement du Rhône à Beaucaire en fort débit afin de répondre aux questions suivantes :

- L'écoulement à Beaucaire peut-il pour une même hauteur être différent d'une crue à l'autre et dans quelle proportion ?..
- Si l'on peut raisonnablement (avec une précision relative de 5%) avoir une liaison hauteur débit moyenne à Beaucaire, peut-on améliorer cette précision en tenant compte simplement de niveaux amont et aval ?.
- Enfin, quelle est l'influence du régime non permanent.

TABLEAU 1

DATE	HEURE DE LA MESURE		Z NGF	DEBITS en m3/s		SECTION MOUILLEE jaugage en m²	A en l	Vm en l	Pér. Est. en s	R est. en 1	DEBITS en m3/s		Q/A*R ^{2/3}	LN(Vm)	Ln(R)
	Début	Fin		[1]	Total						Q	Total			
18/10/03	10h45	11h35	0.86	434	1804	1874	0.23	265	7.08	434	0.063	-1.46	1.96		
18/10/03	11h35	12h15	0.87	522	1807	1877	0.28	265	7.09	522	0.075	-1.28	1.96		
06/08/92	14h05	16h05	1.39	928	1055	2027	0.46	267	7.60	928	0.118	-0.78	2.03		
23/03/94	10h40	12h15	3.25	1974	1615	2580	0.77	274	9.43	1974	0.171	-0.27	2.24		
23/03/94	12h20	12h40	3.28	1974	1615	2589	0.76	274	9.46	1974	0.170	-0.27	2.25		
23/03/94	14h43	15h47	3.29	2128	1625	2592	0.82	274	9.47	2128	0.183	-0.20	2.25		
05/11/92	14h55	16h30	3.73	2437	1688	2727	0.89	275	9.91	2437	0.194	-0.11	2.29		
24/02/95	10h40	12h00	5.00	3532	2110	3123	1.13	280	11.16	3532	0.226	0.12	2.41		
24/02/95	9h00	10h30	5.01	3570	2110	3126	1.14	280	11.17	3570	0.229	0.13	2.41		
18/11/92	10h20	12h00	6.40	4657	2413	3574	1.30	285	12.55	4657	0.241	0.26	2.53		
18/11/92	12h15	12h45	6.40	4748	2417	3574	1.33	285	12.55	4748	0.246	0.28	2.53		
24/09/93	10h50	12h55	6.85	5502	2529	3722	1.48	286	12.99	5502	0.268	0.39	2.56		
*14/10/93	9h20	10h00	7.17	5950	3742	3828	1.55	288	13.31	5950	0.277	0.44	2.59		
24/11/92	10h35	12h30	7.20	5407	2590	3838	1.41	288	13.34	5407	0.251	0.34	2.59		
24/11/92	12h35	12h50	7.20	5435	2590	3838	1.42	288	13.34	5435	0.252	0.35	2.59		
*14/10/93	10h05	12h00	7.35	6093	3801	3888	1.57	288	13.49	6093	0.277	0.45	2.60		
24/09/93	14h50	16h25	7.40	5930	2680	3904	1.52	288	13.54	5930	0.267	0.42	2.61		
14/10/93	15h40	16h00	7.65	6178	2871	3988	1.55	289	13.78	6178	0.269	0.44	2.62		
24/09/93	16h55	17h10	7.70	6278	2758	4005	1.57	290	13.83	6278	0.272	0.45	2.63		
24/09/93	17h10	17h25	7.72	6423	2764	4012	1.60	290	13.85	6423	0.278	0.47	2.63		
06/10/93	16h20	17h35	7.85	6148	2763	4056	1.52	290	13.98	6148	0.261	0.42	2.64		
06/10/93	17h40	17h55	7.86	6187	2763	4059	1.52	290	13.99	6187	0.263	0.42	2.64		
09/10/93	13h00	14h20	9.64	8552	3485	4672	1.83	297	15.76	8552	0.291	0.60	2.76		
09/10/93	15h15	17h00	9.72	8805	3519	4700	1.87	297	15.84	8805	0.297	0.63	2.76		
*10/10/93	11h45	12h20	9.84	9233	4637	4742	1.95	297	15.95	9233	0.307	0.67	2.77		
04/12/03	16h55		9.85	8334	4810	4745	1.76	297	15.96	8334	0.277	0.56	2.77		
10/10/93	9h20	10h45	9.89	8839	3574	4760	1.86	297	16.00	8839	0.292	0.62	2.77		
10/10/93	8h40	9h10	9.90	8978	3592	4763	1.88	297	16.01	8978	0.297	0.63	2.77		
04/12/2003			10.12	8929		4841	1.84	298	16.23	8929	0.288	0.61	2.79		
*08/01/94	15h20	16h30	10.38	10883	4940	4933	2.21	299	16.49	10883	0.341	0.79	2.80		
*08/01/94	11h15	12h15	10.48	10984	4976	4969	2.21	300	16.59	10984	0.340	0.79	2.81		
*08/01/94	10h00	11h00	10.50	11029	4983	4976	2.22	300	16.61	11029	0.340	0.80	2.81		
04/12/2003			10.65	9874		5030	1.96	300	16.76	9874	0.300	0.67	2.82		
03/12/2003			10.77	10881		5073	2.15	301	16.88	10881	0.326	0.76	2.83		
03/12/2003			10.82	10863		5091	2.13	301	16.93	10863	0.324	0.76	2.83		
04/12/2003			10.85	10401		5101	2.04	301	16.96	10401	0.309	0.71	2.83		
04/12/2003			10.99	10810		5152	2.10	301	17.09	10810	0.316	0.74	2.84		
03/12/03	11h35		11.03	10184	5103	5166	1.97	302	17.13	10184	0.297	0.68	2.84		
		Min	0.86	434	1055	1874	0.23	265	7.08	434	0.063				
		Max	11.03	11029	5103	5166	2.22	302	17.13	11029	0.341				

GROUPE D'APPUI ET D'EXPERTISE SCIENTIFIQUE

Volet historique

**Note de synthèse
D. CŒUR**

Inondations du bas Rhône de Décembre 2003
Retour d'Expérience

Groupe d'Appui et d'Expertise Scientifique
Volet historique

Note de synthèse
D. Cœur

Juillet 2004

SOMMAIRE

Introduction.....	3
1 - Positionnement historique de la crue de décembre 2003 sur le bas Rhône	4
1.1- A l'échelle des deux derniers siècles.....	4
1.2 - A l'échelle des cinq derniers siècles.....	5
2 – Les logiques d'endiguement au XIXe siècle et leurs conséquences	6
2.1- Un héritage ancien assez fortement remanié après 1750	6
2.2 - 1856 et ses suites : premier grand diagnostic technique général et primat de la protection urbaine.....	6
3 - La prise en compte opérationnelle de l'information historique : diagnostic et propositions ..	8
3.1 - L'Etude Globale Rhône	8
3.2 – Information historique et définition de <i>l'événement référence</i>	8
3.2.1 - Les difficultés pratiques et techniques de validation de l'information historique des inondations	8
3.2.2 - Hauteurs maximales atteintes sur le bas Rhône.....	9
▪ Un travail d'enquête spécifique.....	9
▪ 1856 : événement référence.....	10

Annexes

▪ 1 - Tableau chronologique des crues du Rhône dont le débit maximal a été égal ou supérieur à 8500 m ³ /s à Beaucaire entre 1800 et 2002.....	12
▪ 2 - Tableau chronologique des crues du Rhône à Avignon et Beaucaire entre 1500 et 2002.	14
▪ 3 - Documents sur les crues de 1840 et 1856	22
a) Hydrogrammes de la crue du Rhône en 1840.....	23
b) Hauteurs et débits du Rhône à Valence pendant la crue de 1840.....	24
c) Courbe de tarage du Rhône à Beaucaire (1856)	25
d) Hauteurs des crues du Rhône aux échelles hydrométriques en 1840 et 1856	26
e) Hydrogrammes de la crue de 1856 sur le Rhône	27
f) « Tableau synoptique » de la crue de 1856 sur le Rhône (extrait)	28
g) Carte du périmètre de l'inondation de 1856 à l'aval de Viviers.....	29
▪ 4 – Sources et bibliographie sommaires.....	30

INTRODUCTION

Les objectifs de l'expertise historique

Les questions proposées au groupe d'experts renvoyaient à des perspectives historiques sur deux aspects principaux. Il s'agissait tout d'abord de repositionner l'événement hydrométéorologique de décembre 2003 par rapport aux grands événements comparables survenus dans le bas Rhône au cours des deux derniers siècles et éventuellement au-delà.

▫ *Q 21 Comment cet événement se situe-t-il sur le plan historique ?*

Le deuxième volet porte sur l'incidence des options techniques et aménagements mis en œuvre depuis les grandes crues du XIXe siècle sur la formation des inondations (Q31).

▫ *Q31 Dans ce domaine, quelle évaluation peut-on faire de l'incidence des aménagements hydrauliques depuis 1840, en liaison avec l'évolution économique et sociale, notamment de la Camargue ?*

Les modalités de réalisation de l'expertise

Compte tenu du temps très court dont on disposait par rapport à la complexité de l'objet d'analyse, le travail s'est appuyé sur les données facilement accessibles à travers :

- une analyse des publications dont une liste est jointe à ce rapport. Nous avons cherché à ce stade à mettre en perspective le travail d'enquête historique mené par le bureau d'étude SAFEGE pour l'Etude Globale Rhône.
- une série de sondages dans les archives du service navigation du Rhône (archives départementales du Rhône et du Vaucluse) pour compléter en particulier la chronologie générale des événements.
- des échanges avec les autres membres du GAES à l'occasion de réunions ou par courriels.

1 – Positionnement historique de la crue de décembre 2003 sur le bas Rhône (Beaucaire)

1.1 - A l'échelle des deux derniers siècles

Si l'on estime que l'événement de décembre 2003 a écoulé entre 11000 et 12000 m³/s à Beaucaire (voir hypothèses des hydrologues), cet épisode rejoindrait, à l'échelle historique des deux derniers siècles, le groupe très réduit des crues qui ont approché ou dépassé les 10 000 m³/s à Beaucaire à savoir :

- novembre 1886 (9500 m³/s pour M. Pardé; la CNR avance 10 200 dans son rapport de mars 2004)
- novembre 1935 (9600 m³/s)
- octobre 1993 (9800 m³/s)
- novembre et septembre 2002 (10200 et 10500m³/s, à préciser selon les hydrologues du GAES),
- janvier 1994 (10800m³/s, également à préciser selon les hydrologues du GAES)
- mai 1856 (12500m³/s, selon M. Pardé ; 11600 selon la CNR),
- novembre 1840 (13000m³/s, selon M. Pardé)

Les grands événements de la première moitié du XIXe siècle n'ont semble-t-il pas dépassé quant à eux la barre des 9000 m³/s selon les analyses de C. Kleitz et M. Pardé. Les deux plus importants à savoir la crue du 27 octobre 1841 et celle du 3 novembre 1843 se situant respectivement à 8500 et 9000 m³/s. Des analyses complémentaires seraient à engager sur les crues de 1801, 1811 et 1825 dont les eaux ont atteint des hauteurs très importantes à Arles.

Le tableau en annexe 1 présente de manière synthétique les données disponibles sur les 22 plus importants événements des deux derniers siècles.

Les événements de 1840 et 1856 (documents en annexe 3) analysés dans le détail par M. Pardé sont à l'heure actuelle les *deux événements références sur le bas Rhône*. Selon toute vraisemblance les débits maxima de 1856 furent égaux ou légèrement supérieurs à ceux de 1840 à l'aval de la confluence de la Drôme (*Régime du Rhône*, II, 366). A noter que la nette supériorité des cotes de 1856 sur celles de 1840 (annexe 3d) semble devoir être rattachée au resserrement du chenal suite aux travaux entrepris par l'administration des Ponts et Chaussées et les riverains dans les années 1840-1850. Ces éléments seraient à préciser alors qu'en même temps les témoignages abondent pour souligner que les ruptures de digues ont permis au cours de ce même événement d'abaisser de 0,5 à 1 m les lignes d'eau enregistrées dans la partie aval du fleuve et ainsi diminuer la gravité de l'inondation dans la plupart des centres urbains.

Conclusion 1

ρ A Beaucaire, la crue de décembre 2003 se situe parmi les trois premiers événements en terme de débits maxima sur 200 ans.

ρ A 11 000 m³/s elle est assez nettement supérieure aux principaux événements de type méditerranéen extensif connus sur la période (novembre 1935, novembre 1886).

ρ Dans l'état actuel des informations disponibles, elle reste donc un peu en deçà des crues de 1840 et 1856 qui sont les événements historiques de référence sur le bas Rhône à l'échelle des deux derniers siècles tant sur un plan hydrologique qu'en terme d'emprise spatiale et d'impact territorial. A une échelle très locale, la définition et l'impact de ces événements seraient à préciser.

1.2 - A l'échelle des cinq derniers siècles

L'enquête d'expertise a permis d'élargir la fenêtre chronologique de référence et de repérer au moins six autres événements majeurs sur le secteur au cours de la période 1500-1800, éléments que nous livrons de manière un peu brute et qui mériteraient bien sûr une analyse critique plus poussée à partir des documents d'archives :

- novembre 1529
 - novembre 1548 (7 m à Avignon)
 - octobre 1636 (5.24 m à Arles)
 - novembre 1651 (5.30 m à Arles)
 - novembre 1674 (5.24 m à Arles)
 - fin novembre-début décembre 1755 (7.25 m à Avignon ; 5.26 m à Arles)
- Soulignons que ce dernier épisode, pour lequel nous disposons d'une documentation fournie, est resté l'événement référence dans le secteur jusqu'en 1840 avec celui de 1674 et un autre de la première moitié du XVe siècle (novembre 1433).

Le détail de cette chronologie est présentée en annexe 2.

Même si un certain nombre d'éléments descriptifs restent à préciser (cf. estimation des débits à partir des hauteurs enregistrées à Arles ou à Beaucaire par exemple ; travail d'analyse critique comparée des données qualitatives disponibles sur les grandes crues antérieures à 1840), tout porte à croire que la crue de décembre 2003 se situe *dans le groupe des dix événements majeurs des 5 derniers siècles*, et même peut être parmi les six plus importants.

A noter un certain nombre de traits communs à ces épisodes :

- le primat de la *période de novembre-décembre* où l'on voit revenir des configurations types, décrites par M. Pardé, associant phénomènes pluviométriques d'origine océanique de grande ampleur s'étendant sur plusieurs semaines, "préparant" en quelque sorte des "remontées" méditerranéennes plus brèves (quelques jours) pouvant localement être à l'origine de phénomènes cévenols.
- le rôle aggravant de la *concomitance des crues de la Durance* avec celle du Rhône. Ce fut le cas en 1840, mais aussi déjà en 1548, 1674 et 1755 (événement bien informé). C'est historiquement le critère le plus déterminant pour expliquer l'origine des crues extraordinaires sur le bas Rhône. Une analyse hydrométéorologique comparée Ardèche/Durance lors des grands événements historiques apporterait des éléments de diagnostic complémentaires.
- le rôle aggravant joué par *les hautes eaux marines*. Ce fut le cas en 1840 où, sur la période 1839-1841, les plus grandes hauteurs des eaux de mer au Port de Bouc ont été enregistrées entre le 2 et le 6 novembre 1840¹. L'inondation de 1755 avait déjà connu selon les témoignages une configuration marine assez voisine.

Conclusion 2

ρ L'événement de décembre 2003 se situe dans le groupe des 10 événements les plus importants sur 5 siècles à Beaucaire et Arles.

¹ AD Vaucluse, 3 S 76.

2 – Les logiques d'endiguement au XIXe siècle et leurs conséquences

2.1 - Un héritage ancien assez fortement remanié après 1750

Au milieu du XIXe siècle, le *morcellement* est le trait le plus caractéristique de la situation des ouvrages d'endiguement en amont de Beaucaire alors qu'à l'aval on dispose d'ouvrages pratiquement continus jusqu'à la mer (cf. digue de Beaucaire à la mer). Ces derniers sont d'ailleurs forts anciens et remontent pour la plupart au Moyen Age. Entre Viviers et Beaucaire, ces aménagements médiévaux ne représentent que 20% des ouvrages et sont établis en général à proximité des bourgs (cf. digue de ceinture de Caderousse, digue de la Basse Vallergue, digue de Boulbon). La grande majorité des alignements défensifs existant en 1850 a été établie après 1750, et un grand nombre des ouvrages au cours de la première moitié du XIXe siècle, pour la défense des espaces agricoles surtout.

Les ouvrages consistent principalement en des « chaussées » longitudinales au fleuve (mais pas forcément implantées directement le long des berges), c'est-à-dire en des levées ou remblais en terre ou gravier submersibles ou pas. L'usage de la pierre en couverture (perrés maçonnées ou non) ou pour la structure même de l'ouvrage, était réservée en général à la proximité des ponts ou des villes (cf. digues de Châteauneuf, Roquemaure, Avignon, etc.). Ailleurs, le gazonnement constituait le revêtement habituel. Selon les dispositions locales du fleuve (méandrement, lônes, espaces de confluences), les ouvrages pouvaient prendre des directions multiples, constituant au fil du temps des assemblages complexes, inscrits dans une bande plus ou moins large de part et d'autre du chenal principal, et dont le fonctionnement global en cas de grande crue échappait totalement à ceux qui, localement, avaient établi ou entretenu ces ouvrages en vue d'assurer la défense de leurs biens. On notera qu'en 1856, les 2/3 des brèches aux ouvrages l'ont été suite à leur submersion, contre 1/4 à peu près par infiltration.

En matière de financement des travaux, il faut souligner que le dispositif des Associations Syndicales (AS) forcée établi par la loi de septembre 1807, s'il marque un interventionnisme accru de l'Etat, ne marque pas la naissance officielle des groupements de riverains (on en trouve dès l'époque médiévale à Avignon, Arles, etc.), et surtout, ne va pas forcément apporté plus de cohérence dans l'établissement des ouvrages d'endiguement à l'échelle du Bas Rhône. Sans véritable démarche (technique, juridique et administrative) de mise en cohérence globale avancée par l'administration des Ponts et Chaussées, le développement des AS après 1830 et surtout après l'inondation de 1840, tend au contraire fortement rajouter encore aux morcellements des initiatives.

2.2 – 1856 et ses suites : premier grand diagnostic technique général et primat de la protection urbaine

L'événement de 1856 est l'occasion d'une série de prises de conscience et d'orientations de la part de l'administration technique d'Etat (Ponts et Chaussées) sur les choix techniques faits jusqu'alors (les hauteurs maximales atteintes par l'inondation de 1856 ont dépassé sur le Bas Rhône celles de 1840). La première est l'abandon officiel d'un système d'endiguement général insubmersible entre Lyon et Tarascon qui ne ferait qu'aggraver l'exposition des villes. C. Kleitz, ingénieur en chef du Service Spécial du Rhône précise en 1860 « qu'il aurait pour effet d'élever le niveau d'une crue pareille à celle de 1856 d'au moins 2 mètres à Beaucaire et Tarascon, et rendrait la défense de ces villes à peu près impossible ». Seule la partie située à l'aval de Beaucaire-Tarascon (Camargue) doit accueillir et conserver ses ouvrages

insubmersibles du fait notamment, selon lui, de sa position défavorable qui l'expose aux conséquences de tous les aménagements amont. En outre, l'endiguement développé ici n'a aucune conséquence sur l'aval (rejet également d'un nouveau canal de dérivation des grandes crues en Camargue). La seconde conclusion technique importante faite par Kleitz est l'abandon de la solution des barrages réservoirs (inefficaces et d'un coût exorbitant), et de conclure notamment pour le Bas Rhône : « Il faut donc renoncer à l'illusion de voir diminuer les crues du Rhône par des barrages de retenues et se borner à en atténuer les dommages par des défenses locales ».

L'option générale adoptée pour le Rhône moyen et le Bas Rhône jusqu'à Beaucaire va donc avoir pour objectif d'assurer la réalisation d'un endiguement submersible aux crues « extraordinaires » mais insubmersibles aux crues « ordinaires ». Pour cela, le niveau des ouvrages à réaliser au-dessus des berges naturelles ne doit pas dépasser 1,5m/2m. Critères abondant dans ce sens : coût raisonnable, capacité de résistance aux crues extraordinaires, faible influence sur la hauteur des eaux avec des conséquences « raisonnables » sur les secteurs aval. Il est donc prévu de conserver et renforcer les ouvrages existant en tête des plaines qui vont former des « têtes de défense insubmersibles » tout en laissant les plaines submersibles du côté aval. Un certain nombre de dispositions complémentaires sont prévues : la possibilité d'assurer des colmatages fertilisants dans certains secteurs, le renforcement de la lutte contre les courants par le développement des plantations de lisière et quelques ouvrages transversaux. Le tout est calé sur un calcul économique précis des dépenses à engager et des gains à attendre notamment en matière agricole. La balance est positive selon Kleitz. « En ce qui concerne les crues ordinaires, nous pensons donc que l'inconvénient de leur exhaussement trouvera un correctif dans un léger surhaussement des digues dans les régions d'aval, et sera en tous cas plus que compensé par les avantages résultant de l'endiguement. »

Les projets et réalisations effectives de la seconde moitié du XIXe siècle vont consister pour la plupart en un renforcement, quelques surélévations, et surtout un prolongement des alignements existants. Sauf exception, on veilla à ce que les nouvelles digues insubmersibles devant assurer la protection des villes (loi du 28 mai 1858) ne diminuent pas les sections d'écoulement. Les villes plus particulièrement concernées par les dégâts de 1856 et travaux de protection qui s'en suivirent furent : Lapalud (83 maisons écroulées), Mornas (200 maisons inondées), Caderousse (4 m d'eau ; toutes les maisons inondées), Sorgues (2,5 m d'eau), Avignon (4000 maisons inondées), Aramon (520 maisons inondées), Vallabrègues (420 maisons), Tarascon (2,5m d'eau), Villeneuve-lès-Avignon (2 m d'eau).

Les options techniques pour assurer la protection du Bas Rhône contre les inondations vont faire l'objet de débats récurrents après chaque événement. Ainsi, après les crues de décembre et janvier 1955, l'habituelle opposition ville/campagne voit cette fois les représentants de l'Agriculture insister pour promouvoir des ouvrages insubmersibles pour préserver les terres, alors que les villes demandaient elles toujours le maintien de zones d'expansion et champs d'épandage. Les projets d'aménagement de la CNR intégreront en partie ces contraintes en cherchant des compromis techniques : abaissement du niveau des chutes par rapport aux projets initiaux, digues à l'amont des barrages pour la protection des terres exposées par la remontée des lignes d'eau, canaux de Montélimar et Donzère offrant possibilité de dérivation lors des crues. Si l'on évoque une nouvelle fois l'idée des barrages réservoirs et de l'insubmersibilité totale (M. Pardé la proposait à partir de Pont-Saint-Esprit), l'option digues submersibles/champ d'inondation sera encore la solution la plus partagée. Les conclusions et propositions restent d'une manière générale très techniques, renvoyant sans le dire aux AS de riverains tout ce qui aurait pu relever d'une négociation locale entre les acteurs de l'espace fluvial.

3 - La prise en compte opérationnelle de l'information historique : diagnostic et propositions

3.1 - L'Etude Globale Rhône

L'Etude Globale Rhône (SAFEGE, XI-2000) fournit les principaux éléments d'analyse des crues historiques postérieures à 1840 (*Rapport Général*, chap. 7). On peut regretter seulement que le cahier des charges n'ait pas cherché à intégrer des événements plus anciens, notamment ceux des XVIIe et XVIIIe siècles évoqués ci-dessus. Rappelons également que la liste des 21 événements présentée comme "les principales crues du Rhône depuis le XIXe siècle" (7.2, p. 84), est nettement lacunaire pour le secteur qui nous intéresse. L'étude a retenu des phénomènes types. Elle peut être complétée. Si l'on ne retient que les événements supérieurs à 8500 m³/s. à Beaucaire par exemple, il faut rajouter, entre 1840 et 1920, au moins 6 épisodes : octobre 1841, novembre 1843 avec un événement tout à fait extraordinaire sur la Durance (5500/6000 m³/s), mars 1872, octobre 1872, janvier 1889 et encore décembre 1910. Entre 1801 et 1840, ce sont encore 6 autres crues comprises entre 6500 et 8000 m³/s qui ont affecté durement le secteur : novembre 1801, mai 1810, mai 1811, novembre 1825, octobre 1827 et octobre 1846.

Sur l'estimation du débit maximum écoulé à Beaucaire en novembre 1840, une erreur s'est glissée dans la présentation faite par SAFEGE. On annonce 9000 m³/s (annexe 6, p. 5) alors que toutes les analyses ou témoignages s'accordent pour la situer au-delà de 12000 m³/s, peut être 13 000 (M. Pardé retient 12500 à 13000 m³/s).

3.2 – Information historique et définition de l'événement référence

A propos de la prise en compte de l'information sur les crues anciennes dans la définition de l'événement référence, plusieurs observations peuvent être faites à partir de la situation observée sur le bas Rhône.

3.2.1 - Les difficultés pratiques et techniques de validation de l'information historique des inondations

En ce qui concerne la comparaison et le positionnement de l'événement de décembre 2003 par rapport à la famille d'événements comparables survenus au cours des siècles passés, l'expertise souligne la très grande difficulté qu'il y a aujourd'hui à mobiliser les données historiques, qu'elles émanent de travaux de synthèse anciens ayant donné lieu ou non à des publications, ou de sources originales conservées dans les fonds d'archives publiques, dans les bibliothèques, etc., ou encore dans les services des administrations ou établissements publics ou assimilés. D'une manière générale, les données historiques sur les inondations sont nombreuses voire très nombreuses pour les deux siècles et demi passés (parfois bien au-delà) pour l'ensemble des grands cours d'eau français. L'ouvrage de M. Champion en rend bien compte. La reprise critique de cet ouvrage avec son nécessaire complément pour la période XIXe-XXe s. apparaît comme une piste propre à combler les vides actuelles en matière de mobilisation de l'information historique des inondations. Le tout pouvant prendre aujourd'hui, par bassin versant, la forme d'une base de données dédiée à ce volet historique des phénomènes hydrométéorologiques.

Sur le fond, les raisons à l'origine de cette sous mobilisation sont multiples. La principale tient vraisemblablement à la suspicion qui pèse sur cette information. Pour aller vite, elle serait pour les ingénieurs entachée d'une série de biais a priori inconciliables avec la démarche scientifique & technique. Pour autant, un certain nombre d'équipes européennes associant des hydrologues, des géographes ou des historiens ont cherché, au cours des dernières années, à avancer dans la mise au point de méthodologies tendant à une meilleure intégration de l'information historique dans la définition des crues extrêmes. En France, cette démarche a été plus particulièrement développée au sein du Cemagref (programmes *Historisque* et SPHERE) et a abouti notamment à la diffusion de premiers textes méthodologique sur le sujet.

Au-delà des questions posées par le développement de ces compétences interdisciplinaires, et compte tenu du risque que fait peser sur les populations et les biens le retour de crues extrêmes, il manque aujourd'hui en France, sur cet objet spécifique de la mise à disposition et du partage de l'information historique des inondations, un acteur public bien identifié, qui assure l'interface entre, d'une part, les utilisateurs de ces données, qui ne se limitent pas aux scientifiques, gestionnaires ou techniciens (cf. travail sur le développement de la conscience du risque avancé par la loi du 30 juillet 2003), et, d'autre part, les « détenteurs-producteurs » de ces mêmes données qu'elles soient très anciennes (archives) ou plus récentes. L'expertise menée sur le Bas-Rhône a de ce point de vue clairement souligné les difficultés pratiques qu'il y avait à rassembler les données relatives à des événements majeurs récents (cf. crues de 1993, 1994).

Dans cette perspective, une démarche associant mobilisation de l'information historique ancienne et retour d'expériences sur les événements récents semble, à moyen terme, le gage d'une réponse efficace à la question de la maîtrise de l'information.

3.2.2 - Hauteurs maximales atteintes sur le bas Rhône

▪ Un travail d'enquête spécifique

Il faut rappeler tout d'abord que les élévations enregistrées aux échelles hydrométriques lors des grands événements historiques (observations qui peuvent poser un certain nombre de questions méthodologiques liées aux conditions dans lesquelles elles ont été obtenues, mais données dont nous disposons en général depuis le milieu du XIXe siècle et que l'EGR a utilisé de manière efficace dans ses fiches synthétiques) ne permettent pas d'établir directement les hauteurs d'eau maxima survenues ponctuellement le long de la rivière. Il faut à chaque fois tenir compte de la topographie des lieux, des conditions locales d'écoulement, des éventuelles dépassements ou ruptures d'ouvrages, etc. Compte tenu des conditions générales de formation des crues & inondations (chronologie et extension des pluies, effets ou non de concomitances des affluents, etc.), l'événement historique référence peut varier d'un bief ou secteur à l'autre.

Le travail mené en son temps par Maurice Pardé sur les crues du Rhône, aussi développé et irremplaçable soit-il sur le plan scientifique, ne présente pas le détail de ces hauteurs atteintes localement dans les différentes parties du fleuve. Même s'il a eu connaissance d'un très grand nombre de données de terrain, il s'est avant tout tenu dans ses analyses et restitutions aux données disponibles aux stations.

Pour autant, les données de base nécessaires à la reconstitution de ces hauteurs maximales atteintes par les eaux existent en général au moins pour les centres urbains ou certains secteurs stratégiques (cf. rapports sur l'endommagement des infrastructures et des biens) pour les deux

derniers siècles, parfois au-delà. On retrouve aujourd'hui ces informations dans les archives des administrations locales ou régionales. Compte tenu de l'importance quantitative de cette documentation, il était bien sûr impensable de la mobiliser lors de cette expertise. Ce travail d'étude critique spécifique demande d'associer enquête en archives, enquête de terrain et critique hydrologique et hydraulique; le tout pouvant donner lieu à une restitution cartographique spécifique.

▪ 1856 : événement référence

Pour des raisons tenant à la réalité hydrométéorologique du phénomène d'une part, et à la mobilisation particulière de l'administration des Ponts et Chaussées à son sujet dans les semaines et mois qui suivirent sa réalisation (circulaire ministérielle du 26 juillet 1856) d'autre part, la crue de mai-juin 1856 est sans aucun doute l'inondation historique la mieux renseignée de toutes celles qui ont affecté les grands fleuves français au cours des 200 dernières années, et le bassin du Rhône en particulier². Rappelons que sur le bas Rhône, elle fut à l'origine des plus grandes hauteurs d'eau connues à ce jour, dépassant l'événement de 1840 dans les différents points répertoriés (voir ci-dessus 1.1).

L'expertise menée dans ce fonds conservé aux archives départementales du Rhône et du Vaucluse, permet de dire en effet que les données disponibles sur l'événement de mai 1856 est susceptible, moyennant les précautions méthodologiques d'usage, de fournir des données techniques en nombre et qualité suffisants pour, aujourd'hui, pouvoir prendre en compte les hauteurs d'eau atteintes à l'époque dans la définition de l'événement historique de référence dans le secteur (exemples en annexe 3c-g).

Deux ensembles de données nous semblent particulièrement utiles – mais pas toujours suffisants - pour mener à bien ce diagnostic :

- l'inventaire de plusieurs dizaines de repères de crues, référencés de manière précise (croquis de situation et nivellement) en différents points du lit majeur du Rhône, et où les ingénieurs de l'époque ont pris soin de noter les hauteurs maximales atteintes par la crue de 1856 en y adjoignant également les lignes d'eau observées lors des deux ou trois plus grandes crues historiques en ce même point. On constate que pour la très grande majorité des points les événements de 1840, 1755, 1801 ou 1827 sont inférieurs à 1856.
- la cartographie précise du périmètre inondé par la crue de 1856 à partir de relevés effectués sur le terrain dans les semaines qui ont suivi l'événement. Outre une carte générale de l'ensemble du cours du Rhône depuis le lac de Genève (voir extrait en annexe 3g), les dossiers contiennent deux autres cartes des limites de la submersion : l'une à l'échelle 1/20 000^e, l'autre plus détaillée encore à l'échelle 1/5000^e, cette dernière ayant servi à l'établissement de la « carte des parties submersibles du Rhône » au cours des années 1860-1870.

² Nous renvoyons à ce sujet à la communication que nous avons faite en janvier 2004 lors du colloque de la Société Hydrotechnique de France tenu à Lyon : Cœur D. [2004] – Les inondations de mai-juin 1856 en France : de l'événement hydrométéorologique au nouvel engagement de l'Etat, in *Etiages et crues extrêmes régionaux en Europe – Perspectives historiques*, actes du colloque de la Société Hydrotechnique de France (Lyon, 28-29 janvier 2004), 113-124.

Conclusion 3 – La crue historique de référence

ρ La définition de la crue historique de référence nécessite la prise en compte d'une fenêtre chronologique d'au moins 200 ans pour les petits et moyens cours d'eau et 500 ans pour les grands fleuves et rivières.

ρ La reconstitution de chronologies qualitatives d'événements peut compter aujourd'hui sur le développement de premiers outils critiques issus de la recherche. Ces derniers permettent d'améliorer la prise en compte de la variabilité climatique dans la définition des données hydrométéorologiques de base et de tenir compte aussi de l'impact des aménagements successifs sur la formation des crues.

ρ La définition locale de l'événement de référence demande une analyse particulière afin d'intégrer la spécificité historique et géographique des lieux.

ρ L'inondation de 1856 peut servir de crue de référence sur le bas Rhône en matière de hauteurs d'eau maximales atteintes.

ANNEXE 1

Tableau chronologique des crues du Rhône dont le débit maximal a été égal ou supérieur à 8500m³/s à BEUCAIRE entre 1800 et 2002

Origine	DATE / m ³ s	Sault Brenaz 15 380 km ² amont Ain	Lyon Pont Morand 20 500 km ² aval Ain & Bourbre amont Saône	Givors Ternay 51 400 km ² aval Saône	Valence 65 800 km ² aval Isère +Gère, Oron, Galaure +Cance, Doux	Le Pouzin Le Teil 70 200 km ² aval Drôme & Eyrieux	Pont-St- Esprit 73 400 km ² aval Ardèche +Roubion	Avignon 79 000 km ² aval Cèze, Eygues, Ouvèze amont Durance	BEAUCAIRE 96 000 km ² aval Durance & Gardon			
									Pardé	Banque Hydro	CNR (mars 2004)	Fréquence Bq Hydro
	2003-XII			2260	5550	8000 Viviers			11 000 (Duband)		12 à 13000	
Pardé	1840-XI-04	1960	3500	5000	8000	9500	10000	10500	13000			
Pardé	1856-V-31	2800	4500	6000	8660	9500	10500	10500	12500		11640	
**	1994-I-08	1450	2100	3300	5380	7000		8200	10800 (?)	10500	11000	>50
CNR	2002-IX-10								10500 (?)		10500	
CNR	2002-XI-26								10200 (?)		10200	
**	1993-X-10	1750	2800	4700	6700	7500			9800		9800	
Pardé	1935-XI-14			4100	5470	6000		8200	9600	9240	9600	50
Pardé	1886-XI-11/12	1770	2760	3740	5840		5960	6600	9470		10200	
Pardé	1886-X-27	730	1480		3620	4500	5140	6300	9400			
**	1951-XI-22			3320	4650	6660			9170	9180	9170	>20
CNR	1872-III-21								9080		9080	
Pardé	1843-XI-03			2400	4900		6500	7500	9000			
**	1955-I-20			5100	6300				9000 (?)	7230		
CNR	1996-XI-13								8980		8980	
Pardé	1900-IX-28/30	600	900	1130	2260	4000	8580	8160	8880		8940	
EDF	1994-XI-06			1160	2570	3800			8870	8860		
Pardé	1910-XII-07/08		700	1970	3130	4000	6930	7000	8800		8660	
CNR	1889-I-01								8780		8780	
Pardé	1896-XI-02			5670	6800				8760		9060	
CNR	1976-XI-11								8690	8090	8690	20
Pardé, I, 877, Ta 176	1841-X-27								8500			
Pardé	1907-XI-10/11			800	1530	3000	4680	6000	8440		8500	
Pardé	1872-X-21			3000	3950	5000	5310	6500	8430			

ANNEXE 2

Tableau chronologique des principales crues du Rhône à Avignon et Beaucaire entre 1500 et 2002

Pour Info

Réf.	Date	AVIGNON		BEAUCAIRE		Observations
		Hauteurs	Débits	Hauteurs	Débits	
		m	m ³ /s	m	m ³ /s	
(1) (2)	1433-XI-30	6.79				Réunion des eaux du Rhône, de la Durance et de la Sorgue Avignon, Arles (hauteur reconstituée par Kleitz d'après manuscrit et terrain)
(2)	1529-XI-11					Débordements extraordinaires en Camargue, les habitants de Chateaurenard venaient en barques à Arles
(2)	1543-XI					Camargue sous les eaux (Montlong , Corrège, Salliers)
(1) (2)	1544-XI					Pluies 8jrs et 8 nuits - Avignon
(2)	1548-XI	7.00 ?				Pluies pendant 3 jours et 4 nuits à compter du 12-XI Inondations du Rhône et de la Durance A Avignon, eaux à 1 m en dessous de 1856 (d'après reconstitution Kleitz via texte et levées de terrain c/ Champion qui l'annonce supérieure)
(1)	1557					Avignon
(1)	1561					Beaucaire
(1)	1562-X					Caderousse
(1)	1566-VIII-25					Avignon
(2)	1570-XII					Arles
(1)	1573-X					Beaucaire
(1) (2)	1578-X					Arles : Kleitz conclut que d'après les témoignages cette inondation se serait étendue plus loin que celle de 1856
(1) (2)	1580-VIII-26					Avignon : eaux au-dessus des repères des grandes crues (sans précision)
(1)	1581-I-05 & II-06					Avignon (Rh. + Du.)
(2)	1583-VIII					Camargue
(1)	1586-IX-18					Avignon
(1)	1590					Avignon, Pont-St-Esprit
(1)	1602					Avignon
(1)	1605-XII					Avignon
(1)	1616-VIII					Avignon
(1)	1624					Avignon
(1)	1633-IX ?					Bas Rhône, Provence

Sources :

(1) - Champion (1858-1864, *Les inondations en France...*) (2) - Kleitz (1861, *Tableau des plus grandes crues observées sur le Rhône*, AD69 / S 1507) (3) - Pardé (1925, *Le régime du Rhône...*, dont TAB 175 & 176, I, pp. 870 & 877) (4) - Pichard (a-1995, *Les crues du Bas Rhône de 1500 à nos jours* ; b-1999, *Espace et nature en Provence 1540-1789...*) (5) - BanqueHydro (avril 2004) (6) - CNR (mars 2004, Décembre 2003 une crue historique)

Réf.	Date AA/MM/JJ	AVIGNON		BEAUCAIRE		Observations
		Hauteurs	Débits	Hauteurs	Débits	
		m	m ³ /s	m	m ³ /s	
(4)	1636					Arles, 5.24 m
(1)	1637					Arles
(1) (2)	1647-XI-04					Avignon, débordement Durance Arles, à Fourques eaux au 1 ^{er} étage des maisons, pont de bateaux emportés
(1) (4)	1651-XI-29					Beaucaire, Rh.+ Du. Arles, 5.30 m
(1)	1657					Avignon ; Arles 5.24 m
(1)	1669					Avignon, partie pont St-Bénézet emportée
(2)	1673-III					Arles
(1) (2) (4)	1674-XI-12	6.45				Avignon : 4 jours de pluie continue ; Rhône + Durance en crue ; 6.33 m au-dessus du 0 de l'ancienne échelle à l'amont du pont St-Bénézet (rapport Kleitz, 1857) ; ville sous l'eau du 12 au 16-XI ; eau monte encore toute la journée du 16 et commence à baisser le 17 à partir de 22h00 ; au moins 1.25 m au-dessus du niveau de 1586 dans secteur des Minimes. Arles : 5.24 m, pont de Crau emporté, Camargue inondée
(1) (2)	1679-XI-29					Avignon, Arles
(1)	1685-X-06					Avignon
(1)	1689-X-21					Avignon
(1) (2)	1694-XI-24/25					Avignon, Arles
(2) (4)	1705-XI					Arles, 4.8 m (ou 5.16 m ?)
(1) (2)	1706-I-03					Avignon
(2)	1710-IX					Arles
(2)	1711-II-26					Arles
(1) (2)	1711-III-12					Avignon (inférieure à 1433 et 1674)
(2)	1719-XI					Arles
(2)	1724					Arles
(1) (2) (4)	1745-XI-5, 13, 21					Avignon (inférieure à 1711) ; Arles 5.16 m

Sources :

(1) - Champion (1858-1864, *Les inondations en France...*) (2) - Kleitz (1861, *Tableau des plus grandes crues observées sur le Rhône*, AD69 / S 1507) (3) - Pardé (1925, *Le régime du Rhône...*, dont TAB 175 & 176, I, pp. 870 & 877) (4) - Pichard (a-1995, *Les crues du Bas Rhône de 1500 à nos jours* ; b-1999, *Espace et nature en Provence 1540-1789...*) (5) - BanqueHydro (avril 2004) (6) - CNR (mars 2004, Décembre 2003 une crue historique)

Réf.	Date	AVIGNON		BEAUCAIRE		Observations
		Hauteurs	Débits	Hauteurs	Débits	
		m	m ³ /s	m	m ³ /s	
(2)	1747-XII-12					Avignon (inférieure à 1711)
(1)	1747-IX-28/X-04					Avignon (Durance ?)
(2)	1748-XI					Arles, 4.30 m
(1)	1751					Avignon (sans précision)
(1) (2)	1754-XI-12					Arles, 4.56 m (cote relevée par l'ingénieur Poulle) ; type de crue fréquente selon Champion
(2)	1755-XI fin / XII début	7.25			10 000 ?	<p>Conditions générales : Vent du sud très fort faisant remonter les eaux de mer dans les terres et retardant l'écoulement de la crue (dépassement des levées d'Arles et Tarascon) Fonte des neiges Durance en crue Importance de la crue sur haut bassin (cf. en Franche-Comté, rivières Doubs, Loue, Louve le 30-XI +3m, /Champion, IV, note 5, p. 59)</p> <p>A Viviers, le père de l'astronome Flaugergues décrit la crue comme « la plus forte dont ont ait conservé la mémoire. Ce fleuve entraînait plus de 20 pas dans la ville par la porte de la Roubine (...) » / Champion, IV, note 4, p. 59</p> <p>Déjà inondation les 11 et 12-XI-1755 comparable à celle de 1745</p> <p>Avignon : inondation Rhône commence dans la nuit du 29-XI, elle reste au niveau des « inondations ordinaires jusqu'au 30-XI, 17h00 ; rapide croissance ensuite jusqu'à 02 heures le 1^{er}-XII ; « (...) il y a eu dans la ville un 1/3 plus d'eau qu'en 1433 » ; niveau maximum maintenu pendant 24 heures ; seul le palais et ses environs furent épargnés par les eaux ; eau pendant 4 jours en ville et environs ; cote 7.25 m prise sur la Maison de la Madone à 200 m en amont du pont St-Bénézet, en face ou était disposée l'échelle « rhénométrique » avant 1840. Enregistrement le 1^{er}-XII</p> <p>[VOIR REPRODUCTION REPERES 1841,1827, 1843, 1801, 1755,</p>

Sources :

(1) - Champion (1858-1864, *Les inondations en France...*) (2) - Kleitz (1861, *Tableau des plus grandes crues observées sur le Rhône*, AD69 / S 1507) (3) - Pardé (1925, *Le régime du Rhône...*, dont TAB 175 & 176, I, pp. 870 & 877) (4) - Pichard (a-1995, *Les crues du Bas Rhône de 1500 à nos jours* ; b-1999, *Espace et nature en Provence 1540-1789...*) (5) - BanqueHydro (avril 2004) (6) - CNR (mars 2004, Décembre 2003 une crue historique)

						1840 et 1856 A AVIGNON, DANS RAPPORT KLEITZ SUR événement de 1856]. Arles : 5.26 m (cote relevée par l'ingénieur Poulle) ; pertes immenses évaluées à 925 000 livres
(1)	1756-I-18					Avignon
(1)	1758-VII-mi					Beaucaire
(1)	1760-XI					Avignon, Arles
(1)	1763-XII-12					Arles, Avignon, Rh. + Du.
(1) (4)	1765-XI-3/11					Pluie continue pendant 5 jours (déjà épisode sur Du. & Rh. fin octobre) Avignon ; Arles, 4.70 m (ou 5.20m)
(1) (2)	1774-IV					Arles, 5.06 m, relevée au bureau du pont d'Arles par l'ingénieur Poulle
(1)	1776-III-12/13					Avignon
(1)	1777-XI-1/2					Avignon
(1)	1790-XI-12/13					Arles
(1)	1791					Avignon, Arles (sans précision)
A partir de 1801, sélection uniquement des événements > 6 m et/ou > 6500m³/s à Beaucaire						
(2)	1801-XI-09	6.95			7 000 ?	Avignon : repère maison de la Madone Arles, 5.27 m, relevée au bureau du pont d'Arles par l'ingénieur Poulle
(2)	1810-V-25					Arles, 5.13 m, relevée au bureau du pont d'Arles par l'ingénieur Poulle
(2)	1811-V-19					Arles, 5.38 m
(2)	1825-XI			>5.5 m		Arles, 5.86 m ; trois jours >5.5 m à Beaucaire
(2) (3)	1827-X-10/11	6.53		6.17	7500 ?	Avignon, Beaucaire : crue 3 jours > 5.5 m, provoquée par l'Ardèche ; Beaucaire : échelle de à 0.67 le 9-X, elles s'élevèrent « presque instantanément » à 5.58 m le 10-X ; Arles : 5.10 m
(2) (3)	1836-X-09	5.45		6.00	6700 ?	Avignon : seulement 1 jour > 5 m ; crue importante de la Durance (3.8 m, échelle canal Crillon, le 9-X à 17h00, débit max. estimé à 4000 m ³ /s) ; coïncidence max. Rh. & Du. Arles : 4.40 m le 10-X

Sources :

(1) - Champion (1858-1864, *Les inondations en France...*) (2) - Kleitz (1861, *Tableau des plus grandes crues observées sur le Rhône*, AD69 / S 1507) (3) - Pardé (1925, *Le régime du Rhône...*, dont TAB 175 & 176, I, pp. 870 & 877) (4) - Pichard (a-1995, *Les crues du Bas Rhône de 1500 à nos jours* ; b-1999, *Espace et nature en Provence 1540-1789...*) (5) - BanqueHydro (avril 2004) (6) - CNR (mars 2004, Décembre 2003 une crue historique)

(2) (3) (4)	1840-XI-04	8.30 gauche 8.65 droite	10500	6.87	13000	Avignon : max. le 4-XI à 17h00 ; crue > 6 m pendant 12 jrs (30X-10-XI) Beaucaire : max le 3-XI à 02h 00 (sic d'après Kleitz) Max. de la Durance (3.4 m échelle Crillon/Bompas; 3500 m ³ /s) coïncide avec celui du Rh. Pas de crue sensible du Gard Digues presque toutes endommagées (brèches et autres) Arles : 5.05 m le 2-XI (ou 5.23 m) >> Voir synthèse hydrométéo. dans thèse M. Pardé
(2) (3)	1841-X-27	6.40		6.10	8500	Avignon : max le 28-X à 07 h00 Beaucaire : max le 27-X à 05h00 Crue de la Durance : max 26-X matin, seulement 2000 m ³ /s (2.5 m /Bompas) lors du max. du Rh. à Avignon le 28. Arles : 4.41 m le 26-X
(2) (3) (4)	1843-XI-03	7.04	7500	6.79	9000	Plus forte crue connue de la Durance (4.5 m à Bompas le 2-XI midi pour 6000 m ³ /s. Devance le Rh. d'un jour. Rhône 3 jours > 5.5 m à Beaucaire (et 4.5 m à Arles) Importants dégâts. Arles : 5.15 m le 2-XI (ou 5.33 m)
(2) (3)	1846-X-19	5.80		6.45	7600	Max de la Du. (2.94 m / Bompas le 17-X pour 2500 m ³ /s) précède un peu celui du Rh., mais encore 2000 m ³ /s lors du max du Rh. Arles : 5.04 m le 19-X
(2) (3)	1856-V-31	7.83 gauche 8.45 droite 31-V,17h00	10500	7.95 31-V,17h00	12500	Beaucaire (6) = 11640 m ³ /s Pendant 4 jours eaux > 6 m à Avignon et Beaucaire. Max de la Durance le 31-V à midi (3.21 m/Bompas, 3000 m ³ /s). Les hauteurs d'eau enregistrées à l'aval de Viviers sont presque toute supérieures à celles de l'événement de 1840 (+0,5m à +1m). A mettre au compte des ouvrages et aménagements réalisés entre 1840 et 1856 (cf. voie ferrée, ponts, digues). La submersion des ouvrages et l'écoulement différencié dans le lit majeur expliquent en partie la faiblesse relative des cotes à Avignon. Compte tenu des variations topographiques, les Hmax atteintes au long du lit majeur nécessitent une analyse au cas par cas, tronçon par tronçon. « Entre Pont-St-Esprit et Tarascon le débit max. a varié de 11000 à 13900 m ³ /s » (Kleitz) ; M. Pardé situe le débit max. entre 12 et 13 000 m ³ /s. Max du Rh. arrive à l'embouchure 3 heures après celui de la Du. Importance des dégâts aux ouvrages dans partie aval de Pont-St-Esprit :
>> Voir dossier documentaire tiré de l'enquête Kleitz						
>> Voir synthèse hydrométéo. dans thèse M. Pardé						

Sources :

(1) - Champion (1858-1864, *Les inondations en France...*) (2) - Kleitz (1861, *Tableau des plus grandes crues observées sur le Rhône*, AD69 / S 1507) (3) - Pardé (1925, *Le régime du Rhône...*, dont TAB 175 & 176, I, pp. 870 & 877) (4) - Pichard (a-1995, *Les crues du Bas Rhône de 1500 à nos jours* ; b-1999, *Espace et nature en Provence 1540-1789...*) (5) - BanqueHydro (avril 2004) (6) - CNR (mars 2004, Décembre 2003 une crue historique)

						1.8 millions j>Arles et 0.8 en aval pour réparations (+ dégâts canal Arles>Bouc et embouchures) Arles : 5.58 m le 31-V à 18h00
(3)	1864-X-28			6.25	7200	Beaucaire (6) = 8100
(3) (6)	1872-III-21				9080	
(3) (4)	1872-X-21		6500	6.87	8430	Arles 5.37 m
(3)	1872-XII-04			6.57	7800	
(3)	1882-X-29			6.60	7500	Beaucaire (6) = 8390
(3)	1886-X-27		6300	7.48	9400	
(3)	1886-XI-11/12		6600	7.55	9470	Beaucaire (6) = 10200 ; Arles (4) 5.42 m
(3) (6)	1888-XII/1889-I-01		5800	6.81	?7800 / 8780	
(3)	1890-IX-23			6.04	6570	
(3)	1891-X-23			6.34	7200	Beaucaire (6) = 7800
(3)	1896-XI-02			7.00	8760	Beaucaire (6) = 9060
(3)	1900-IX-28/30		8160	7.08	8880	Beaucaire (6) = 8940
(3)	1907-X-11			6.68	8120	
(3)	1907-X-18			6.70	8160	
(3) (6)	1907-XI-10/11		6000	6.83	8440	
(3)	1910-XII-02			6.63	7970	
(3)	1910-XII-07/08		7000	7.02	8800	Beaucaire (6) = 8660
(3)	1910-XII-13			6.36	7420	
(3)	1914-XI-04			6.34	7080	
(3)	1917-V-21			6.56	7520	Beaucaire (6) = 7850
(3)	1917-V-31			6.05	6520	
(3)	1919-I-06			6.80	8000	Beaucaire (6) = 8280
(5)	1923-XII-02				6600	
(6)	1924-X-06				7600	Beaucaire (5) = 7090
(5)	1926-XII-01				6830	
(5)	1928-X-29				6440	
(5)	1933-XI-21				6880	
(3)	1935-XI-14		8200		9600	Beaucaire (5) = 9240
(6)	1936-I-03				7820	

Sources :

(1) - Champion (1858-1864, *Les inondations en France...*) (2) - Kleitz (1861, *Tableau des plus grandes crues observées sur le Rhône*, AD69 / S 1507) (3) - Pardé (1925, *Le régime du Rhône...*, dont TAB 175 & 176, I, pp. 870 & 877) (4) - Pichard (a-1995, *Les crues du Bas Rhône de 1500 à nos jours* ; b-1999, *Espace et nature en Provence 1540-1789...*) (5) - BanqueHydro (avril 2004) (6) - CNR (mars 2004, Décembre 2003 une crue historique)

Réf.	Date AA/MM/JJ	AVIGNON		BEAUCAIRE		Observations
		Hauteurs	Débits	Hauteurs	Débits	
		m	m ³ /s	m	m ³ /s	
(5)	1944-XI-29				6760	
(5)	1948-I-29				6550	
(5) (6)	1951-XI-22				9170	
(5) (6)	1955-I-22				7230	
(6)	1958-XII-22				7920	
(5)	1960-III-12				6610	
(6)	1960-X-08				7960	Beaucaire (5) = 7760
(5)	1963-XI-07				6980	
(6)	1976-XI-11				8690	Beaucaire (5) = 8090
(6)	1977-X-24				8125	
(5)	1977-XII-09				7220	
(6)	1978-II-27				7800	
(6)	1982-XI-09				8025	Beaucaire (5) = 7350
Duband	1983-V				6750	
(5)	1986-IV-09				6580	
(4)	1992-IX					Arles 5.10 m
(6)	1993-X-10				9800	Beaucaire (5) = RIEN ; Arles (4) 5.40 m
Duband	1994-I-08		8200		10800	Beaucaire (5) = 10500 ; (6) = 11000
(5) (6)	1994-XI-06				8870	
(6)	1996-XI-13/14				8980	Beaucaire (5) = 6980
(6)	1997-XII-19				8020	Beaucaire (5) = 6520
(5)	2001-III-24				6650	
(6)	2002-IX-10				10500	
(6)	2002-XI-26				10200	

Sources :

(1) - Champion (1858-1864, *Les inondations en France...*) (2) - Kleitz (1861, *Tableau des plus grandes crues observées sur le Rhône*, AD69 / S 1507) (3) - Pardé (1925, *Le régime du Rhône...*, dont TAB 175 & 176, I, pp. 870 & 877) (4) - Pichard (a-1995, *Les crues du Bas Rhône de 1500 à nos jours* ; b-1999, *Espace et nature en Provence 1540-1789...*) (5) - BanqueHydro (avril 2004) (6) - CNR (mars 2004, Décembre 2003 une crue historique)

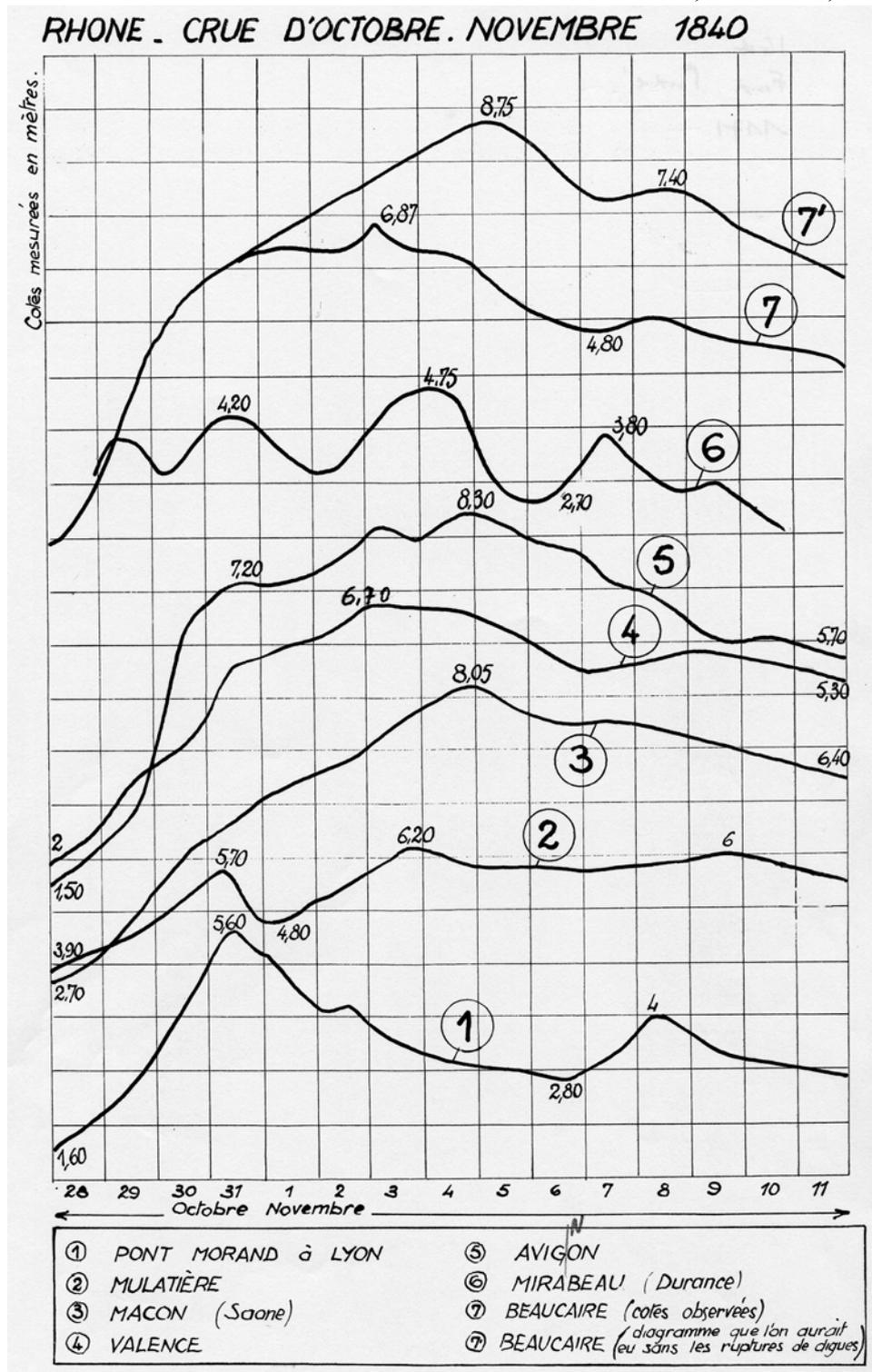
ANNEXE 3

Documents sur les crues de 1840 et 1856

Annexe 3a

Hydrogrammes de la crue du Rhône en 1840

Source : IGA, Fonds Pardé, 1171



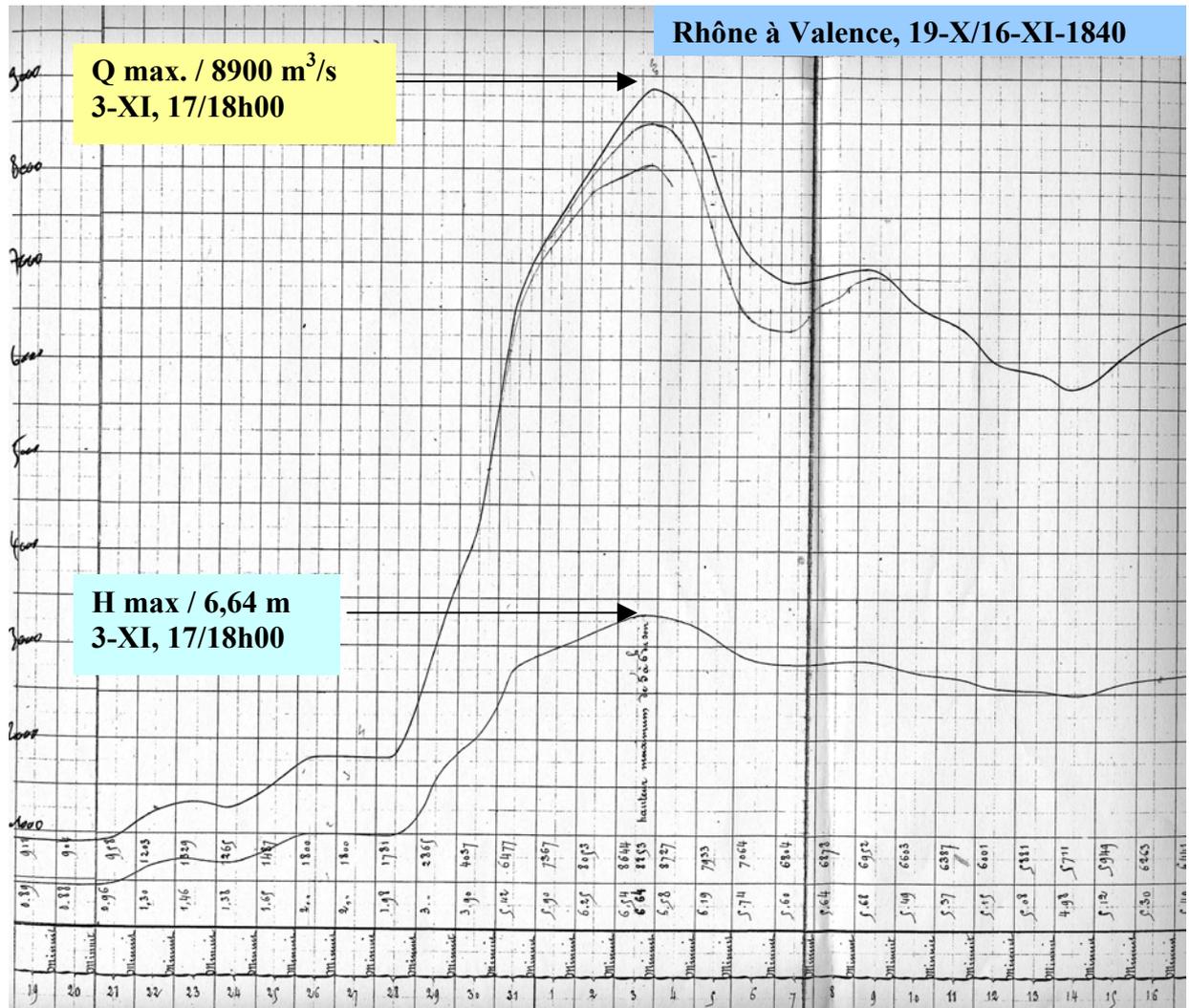
Sources :

(1) - Champion (1858-1864, *Les inondations en France...*) (2) - Kleitz (1861, *Tableau des plus grandes crues observées sur le Rhône*, AD69 / S 1507)
 (3) - Pardé (1925, *Le régime du Rhône...*, dont TAB 175 & 176, I, pp. 870 & 877) (4) - Pichard (a-1995, *Les crues du Bas Rhône de 1500 à nos jours* ; b-1999, *Espace et nature en Provence 1540-1789...*) (5) - BanqueHydro (avril 2004) (6) - CNR (mars 2004, Décembre 2003 une crue historique)

Annexe 3b

Hauteurs et débits du Rhône à Valence pendant la crue de 1840

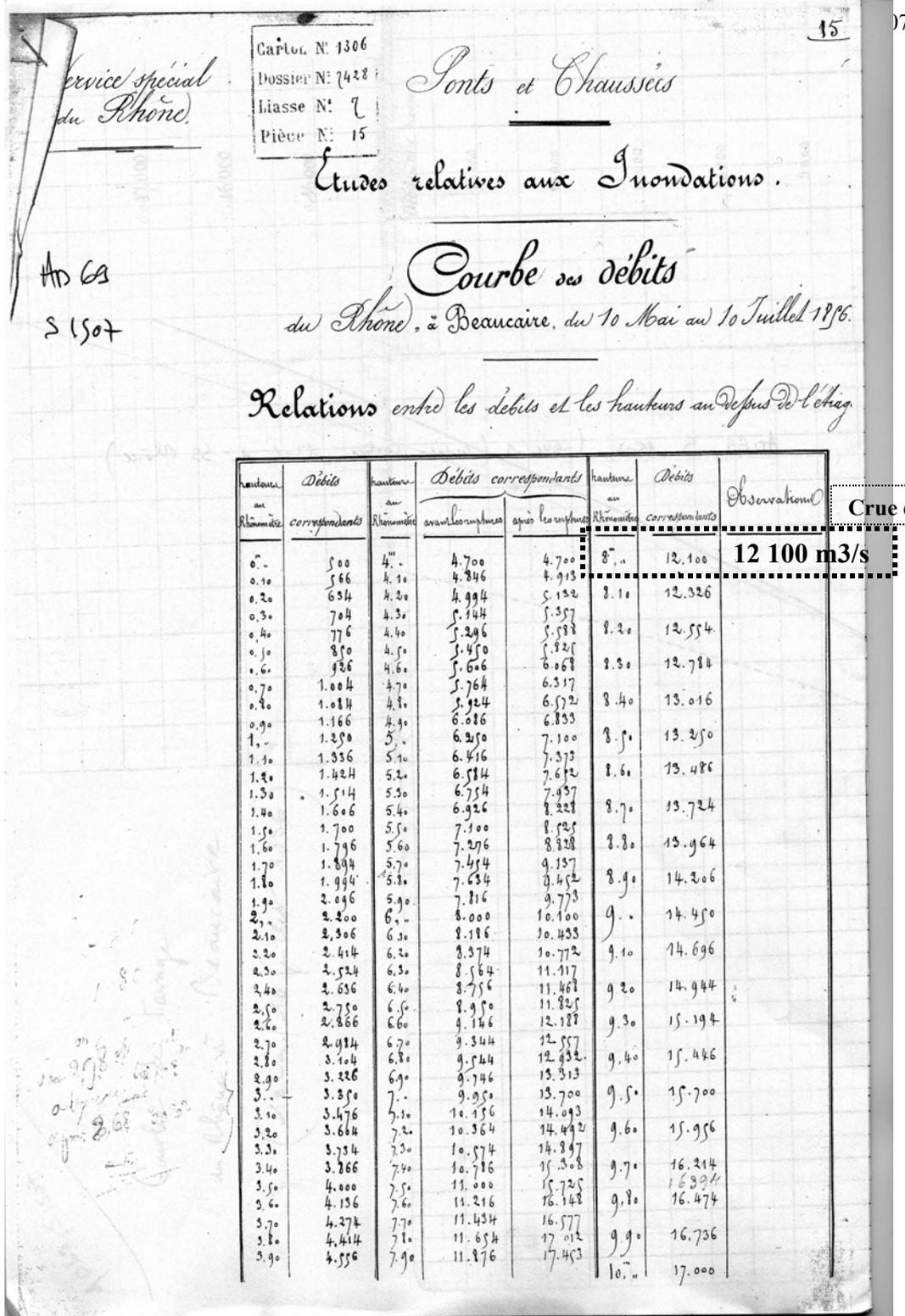
Source : AD Rhône, S 1507



Sources :

- (1) - Champion (1858-1864, *Les inondations en France...*) (2) - Kleitz (1861, *Tableau des plus grandes crues observées sur le Rhône*, AD69 / S 1507) (3) - Pardé (1925, *Le régime du Rhône...*, dont TAB 175 & 176, I, pp. 870 & 877) (4) - Pichard (a-1995, *Les crues du Bas Rhône de 1500 à nos jours* ; b-1999, *Espace et nature en Provence 1540-1789...*) (5) - BanqueHydro (avril 2004) (6) - CNR (mars 2004, Décembre 2003 une crue historique)

Annexe 3c
Courbe de tarage du Rhône à Beaucaire (1856)



Sources :

- (1) - Champion (1858-1864, *Les inondations en France...*) (2) - Kleitz (1861, *Tableau des plus grandes crues observées sur le Rhône*, AD69 / S 1507)
- (3) - Pardé (1925, *Le régime du Rhône...*, dont TAB 175 & 176, I, pp. 870 & 877) (4) - Pichard (a-1995, *Les crues du Bas Rhône de 1500 à nos jours* ; b-1999, *Espace et nature en Provence 1540-1789...*) (5) - BanqueHydro (avril 2004) (6) - CNR (mars 2004, Décembre 2003 une crue historique)

Annexe 3d

Hauteurs des crues du Rhône aux échelles hydrométriques en 1840 et 1856

Source : AD Rhône, S 1278

		1840			1856					
Hauteurs des plus importantes crues du Rhône		Nov ^{br} 1840	Nov ^{br} 1856	Dec ^{br} 1882	Nov ^{br} 1886	Oct ^{br} 1888	Sept ^{br} 1890	Nov ^{br} 1896	Janv. 1899	
Sections	Echelles									
de Genève à l'Ain	Scyssel	4.18	4.78	3.90	3.40	4.80			4.33	
	Culoz		2.50	2.65	2.80	3.10			3.08	
	S ^t -Blaise		4.10	3.95	3.51	4.20			4.07	
	Cordon	3.51	3.65	3.46	3.51	3.82			3.83	
	Le Saulx	4.80	4.90	4.09	3.95	4.27			4.57	
de l'Ain à la Saône	Loyettes			4.72					4.64	
	Thil		2.58	2.25	1.85				2.28	
	Horibel			3.35	3.28				3.50	
	Pont Morand	5.60	6.25	5.77	4.52				5.53	
	Ecluse de la Mulatière	10.04	9.50	3.28	8.38				9.55	
de la Saône à l'Isère	Givros	6.25	6.81	6.34	5.24				6.64	
	Vienné	7.19	7.25	6.50	5.11				6.75	
	Condrieu	7.08	7.62	6.95	5.70				7.35	
	Chavanay		6.46		5.60				6.75	
	S ^t Pierre de Boeuf	5.30	5.21	5.10	4.55				5.48	
	Sac de S ^t Pierre de D.									
	Servières	6.29	6.46	6.00	4.96				6.33	
	Andance	7.32	7.67	6.80	5.54				7.10	
	S ^t Vallier	7.36	7.46	6.85	6.03				7.35	
	Lournon	6.70	6.55	4.90	4.50				5.74	
de l'Isère à l'Ardèche	Valence	6.70	7.00	5.66	5.77		3.50	6.11		
	Pont du Souzin	5.75	6.35	4.78	5.37		4.05	5.77		
	Rochemauré	5.40	5.66	4.16	4.50		3.26	4.88		
	Pont du Teil	6.11	5.58	4.45	4.80		3.46	5.25		
	Douzière	5.50	6.62	4.52	4.74		3.26	5.14		
	Bourg S ^t Andréol	6.15	6.25	5.16	5.60		4.00	5.88		
de l'Ardèche à la Durançon	Pont S ^t Esprit	6.30	6.77	5.92	6.15		6.88	6.39		
	Rochemauré		8.82	6.37	6.47		6.40	6.77		
	Arignon	8.30	7.83	6.07	6.55		5.44	6.64		
de la Durançon à la mer	Aramon		8.00	7.16	7.70		5.79	7.30		
	Vallabrigues	6.94	7.98	7.70	8.45		7.05	8.10		
	Beaucaire	6.87	7.95	6.60	7.55		6.04	7.00		
	Arles	5.05	5.58	4.81	5.42		4.57	4.99		
	Fourques (S ^t Rhône)			5.87	6.50		5.15	5.95		
	S ^t Gilles (à)		6.10	5.62	6.31		5.31	6.04		

4069, S 1278

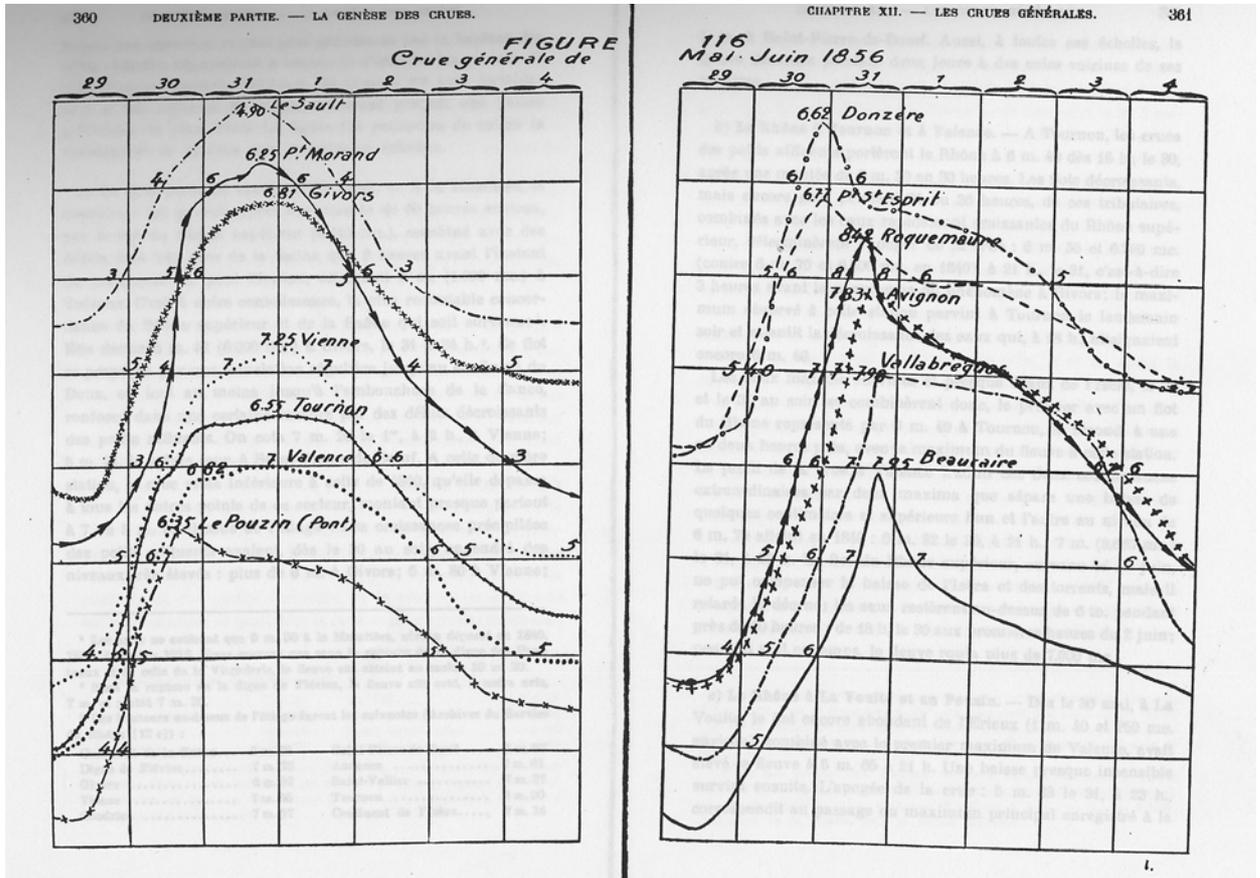
Sources :

- (1) - Champion (1858-1864, *Les inondations en France...*) (2) - Kleitz (1861, *Tableau des plus grandes crues observées sur le Rhône*, AD69 / S 1507)
 (3) - Pardé (1925, *Le régime du Rhône...*, dont TAB 175 & 176, I, pp. 870 & 877) (4) - Pichard (a-1995, *Les crues du Bas Rhône de 1500 à nos jours* ; b-1999, *Espace et nature en Provence 1540-1789...*) (5) - BanqueHydro (avril 2004) (6) - CNR (mars 2004, Décembre 2003 une crue historique)

Annexe 3e

Hydrogrammes de la crue de 1856 sur le Rhône

Source : M. Pardé, *Le régime du Rhône...*



Sources :

- (1) - Champion (1858-1864, *Les inondations en France...*) (2) - Kleitz (1861, *Tableau des plus grandes crues observées sur le Rhône*, AD69 / S 1507) (3) - Pardé (1925, *Le régime du Rhône...*, dont TAB 175 & 176, I, pp. 870 & 877) (4) - Pichard (a-1995, *Les crues du Bas Rhône de 1500 à nos jours* ; b-1999, *Espace et nature en Provence 1540-1789...*) (5) - BanqueHydro (avril 2004) (6) - CNR (mars 2004, Décembre 2003 une crue historique)

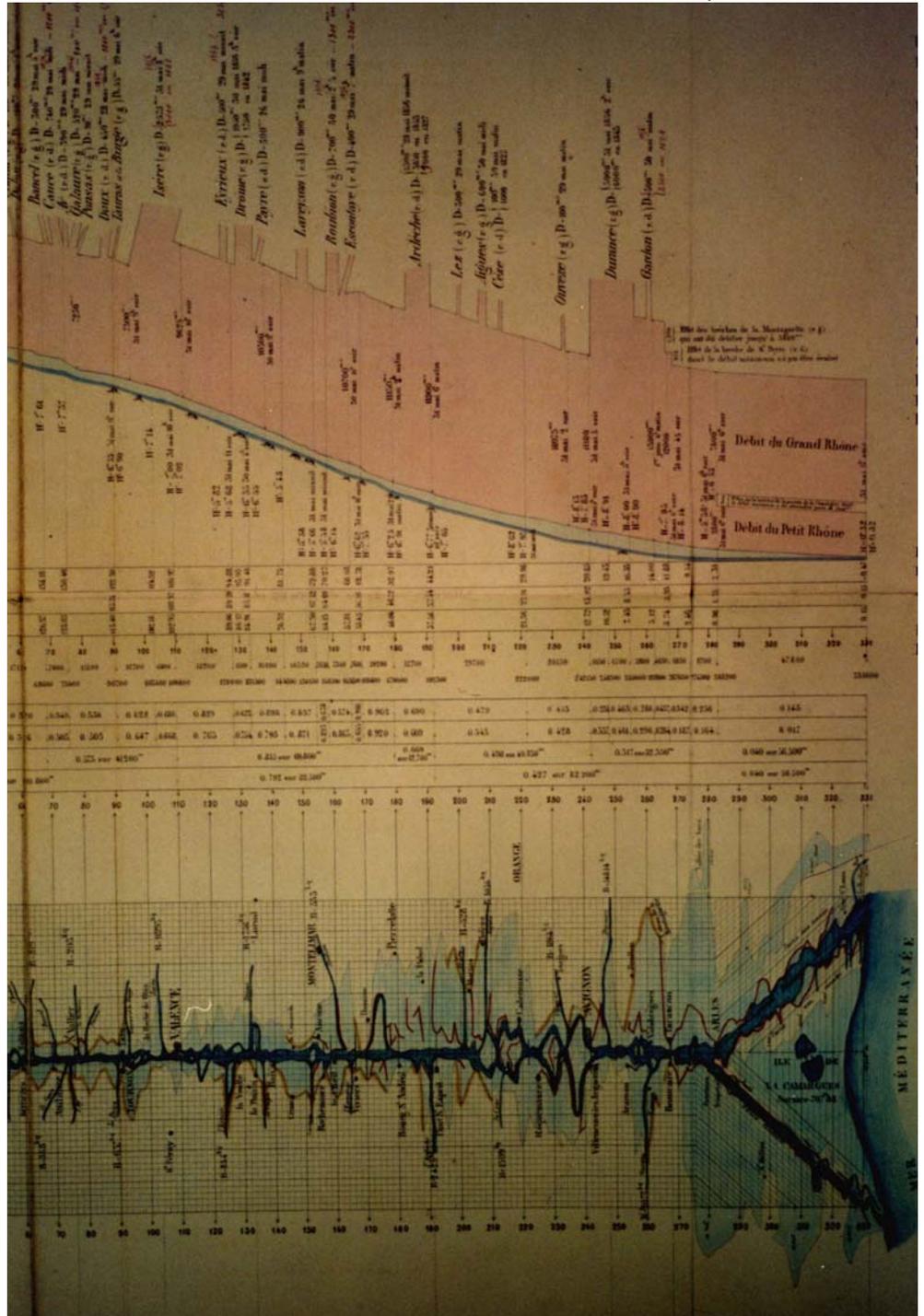
Annexe 3f
 « Tableau synoptique » de la crue de 1856 sur le Rhône (extrait)

Source : AD Rhône, S 1507

⊗ débits max. des affluents
 en 1856 (jour & heure)

⊗ altitude de la crue, zéros
 des échelles, étiages

⊗ périmètres inondés /
 état de l'endiguement

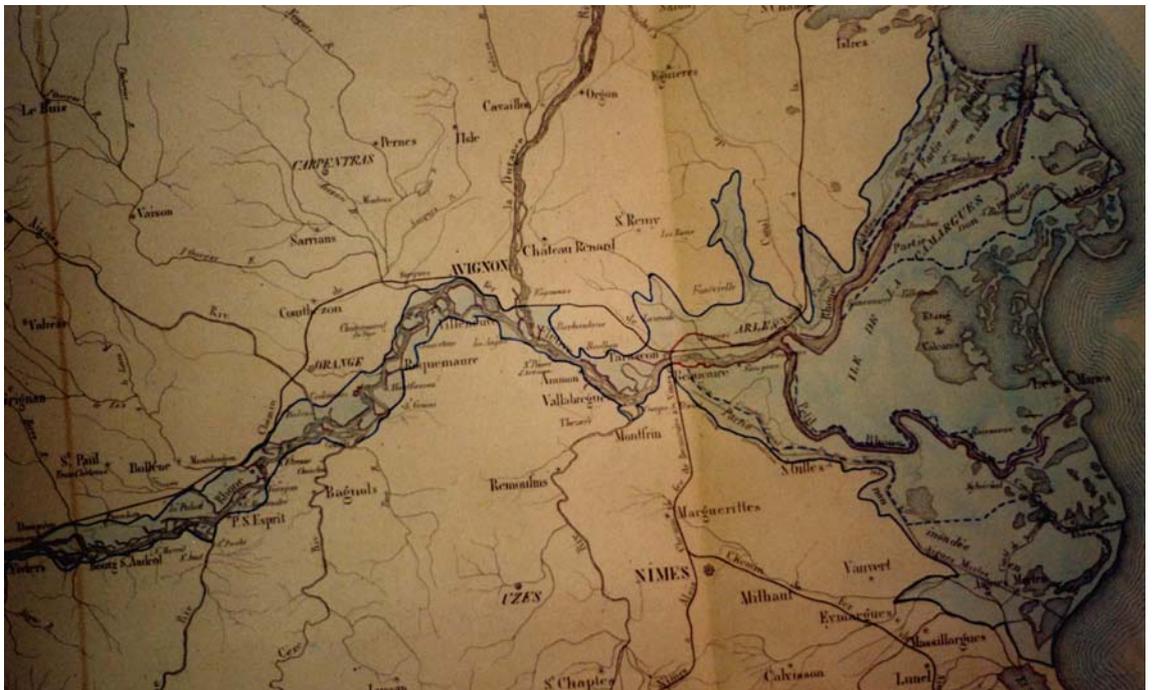


Sources :

- (1) - Champion (1858-1864, *Les inondations en France...*)
- (2) - Kleitz (1861, *Tableau des plus grandes crues observées sur le Rhône*, AD69 / S 1507)
- (3) - Pardé (1925, *Le régime du Rhône...*, dont TAB 175 & 176, I, pp. 870 & 877)
- (4) - Pichard (a-1995, *Les crues du Bas Rhône de 1500 à nos jours* ; b-1999, *Espace et nature en Provence 1540-1789...*)
- (5) - BanqueHydro (avril 2004)
- (6) - CNR (mars 2004, Décembre 2003 une crue historique)

Annexe 3g
Carte du périmètre de l'inondation de 1856 à l'aval de Viviers (extrait)

Source : AD Rhône, S 1507



Sources :

- (1) - Champion (1858-1864, *Les inondations en France...*) (2) - Kleitz (1861, *Tableau des plus grandes crues observées sur le Rhône*, AD69 / S 1507)
 (3) - Pardé (1925, *Le régime du Rhône...*, dont TAB 175 & 176, I, pp. 870 & 877) (4) - Pichard (a-1995, *Les crues du Bas Rhône de 1500 à nos jours* ;
 b-1999, *Espace et nature en Provence 1540-1789...*) (5) - BanqueHydro (avril 2004) (6) - CNR (mars 2004, Décembre 2003 une crue historique)

ANNEXE 4

Sources et bibliographie sommaires

Sources :

(1) - Champion (1858-1864, *Les inondations en France...*) **(2)** - Kleitz (1861, *Tableau des plus grandes crues observées sur le Rhône*, AD69 / S 1507) **(3)** - Pardé (1925, *Le régime du Rhône...*, dont TAB 175 & 176, I, pp. 870 & 877) **(4)** - Pichard (a-1995, *Les crues du Bas Rhône de 1500 à nos jours* ; b-1999, *Espace et nature en Provence 1540-1789...*) **(5)** - BanqueHydro (avril 2004) **(6)** - CNR (mars 2004, Décembre 2003 une crue historique)

Sources d'archives parcourues au cours de l'expertise

■ Archives départementales du Rhône (Lyon, Section Moderne - 57 rue Servient)

▪ *Histoire des inondations du Rhône et de la Saône depuis leur source jusqu'à leur embouchure en l'année 1840... précédée de l'historique des anciennes inondations*, Lyon, Dumoulin, Ronet et Sibut, 1841.

- Administration générale : inondations

▪ 1 M 329 – Inondations de 1840 : rapports généraux, états des pertes (1840)

▪ 1 M 348 – Crues de 1856 : niveau des eaux, état des digues, rapports (1856-1858)

- Service de la navigation ; Service Spécial du Rhône

▪ S 935 - Inondations, renseignements sur la crue de 1856 et organisation du service (1856-77) - Jaugeages de la Saône (1857-74)

▪ S 997 - Service hydrométrique et d'annonce des crues (SHAC) du Rhône : observations hydro & météo (1846-1879)

▪ S 1226 – Rhône : carte de Donzère à la mer (1870-1871)

▪ *S 1278 – Rhône : régime, hauteurs des crues, temps de propagation (1840-1910)*

▪ S 1464 – Rhône, dont plan du Parc à la mer (1857-1870)

▪ S 1507 - Rhône : inondations 1840, 1852 et 1856 (1852-68)

▪ S 1508 - Rhône : inondations (1871-77)

▪ S 1509 - Rhône : renseignements sur les crues (1882-99)

▪ S 1574 - Rhône : cartes et plans divers (1856-76)

▪ S 1575 - Rhône : carte topo du R. au 1/40 000 (1874-80)

▪ S 3342 - Rhône : détermination des parties submersibles selon loi 28 mai 1858 (1850's-60's)

▪ S 3360 - Rhône : cartes (1870-76)

▪ S 3365 - Rhône : organisation du SHAC, dont registre des échelles, hauteurs à l'échelle de Beaucaire (1816-21)

Sources :

(1) - Champion (1858-1864, *Les inondations en France...*) (2) - Kleitz (1861, *Tableau des plus grandes crues observées sur le Rhône*, AD69 / S 1507) (3) - Pardé (1925, *Le régime du Rhône...*, dont TAB 175 & 176, I, pp. 870 & 877) (4) - Pichard (a-1995, *Les crues du Bas Rhône de 1500 à nos jours* ; b-1999, *Espace et nature en Provence 1540-1789...*) (5) - BanqueHydro (avril 2004) (6) - CNR (mars 2004, Décembre 2003 une crue historique)

■ Archives départementales du Vaucluse (Avignon)

- Administration générale : inondations
 - 1 M 978 – Inondations de 1840 : documents généraux, rapports (1840)
- Service de la navigation
 - 3 S 68 – Régime du Rhône : jaugeages, dont Beaucaire (1840-1875)
 - 3 S 76 – Régime du Rhône : dont relevés hydrométriques journaliers (1816-1934)

Inondations

- 3 S 479 – Cartes du Rhône (1843-1876), repères de crues (1858-1860)
 - 3 S 481 – Hauteurs des eaux, courbes et profils, débits (1840-1910)
 - 3 S 482 – Etudes contre les inondations (1856-1939)
 - 3 S 483 – Parties submersibles de la vallée du Rhône (1858-1910)
 - 3 S 483 – Dégâts dus aux inondations (1840-1855).
- Photographies
 - 2 Fi 1 – Inondations de 1935 à Avignon
 - 2 Fi 2 – Inondations de 1951 dans la vallée du Rhône (vues aériennes)

Eléments bibliographiques

- ◆ Achard, P., *Note chronologique sur les différentes inondations dont la ville d'Avignon et les lieux environnants ont eu à souffrir*, Avignon, 1873.
- ◆ Allard P., *Eléments pour une problématique de l'histoire du risque. Du risque accepté au risque maîtrisé. Représentations et gestion du risque d'inondation en Camargue, XVIIIe-XIX siècles*. HDR, Université d'Aix-Marseille II, 2000, 200 p.
- ◆ Béthemont J., *Le thème de l'eau dans la vallée du Rhône. Essai sur la genèse d'un espace hydraulique*, St-Etienne, Impr. Le feuillet blanc, 1972, 641 p.
- ◆ Champion M., *Les inondations en France du VI^e siècle à nos jours ...*, Paris, Dalmont & Dunod, 1858-1864, 6 vol.
- ◆ Méjean A., Utilisation politique d'une catastrophe : le voyage de Napoléon III en Provence durant la grande crue de 1856, *Revue Historique*, n°597, Janv-Mars 1996.
- ◆ Pailhès S., La digue à la mer ou les mésaventures de l'État en Camargue, *Provence Historique*, fascicule 200, avril-mai-juin 2000, pp. 189-206.
- ◆ Pardé M., *Le régime du Rhône et de ses affluents ; étude hydrologique : I-Etude générale, II-La genèse des crues*, Lyon, Librairie P. Masson, 1925.
- ◆ Pichard G., *Espaces et nature en Provence : l'environnement rural 1540-1789*, Thèse d'histoire, Université d'Aix-Marseille, 1999, 1800 p.
- ◆ Pichard, G., Les crues sur le bas Rhône de 1500 à nos jours. Pour une histoire hydroclimatique, *Méditerranée*, 3-4, 1995, pp. 105-116.

Sources :

- (1) - Champion (1858-1864, *Les inondations en France...*) (2) - Kleitz (1861, *Tableau des plus grandes crues observées sur le Rhône*, AD69 / S 1507) (3) - Pardé (1925, *Le régime du Rhône...*, dont TAB 175 & 176, I, pp. 870 & 877) (4) - Pichard (a-1995, *Les crues du Bas Rhône de 1500 à nos jours ; b-1999, Espace et nature en Provence 1540-1789...*) (5) - BanqueHydro (avril 2004) (6) - CNR (mars 2004, Décembre 2003 une crue historique)

**GESTION DU RISQUE INONDATION ET CHANGEMENT
SOCIAL DANS LE DELTA DU RHÔNE :
LES « CATASTROPHES » DE 1856 ET 1993/1994**

**Gestion du risque inondation et
changement social dans le delta du
Rhône :
Les « catastrophes » de 1856
et 1993-1994**

**DESMID-CNRS
Dynamique écologique et sociale en milieu deltaïque
EA 3293 UNIVERSITE de la MEDITERRANEE**

**Coordinateurs et responsables scientifiques :
Paul Allard - Bernard Picon**

**Equipe de recherche :
Cécilia Claeys-Mekdade
Avec la participation de :
Stéphanie Killian
Loïc Astier
Seyadou Malangou**

**DESMID-CNRS
1, rue Parmentier, 13200 Arles
tel: 04.90.93.86.66
fax: 04.90.96.07.99
Email: paul.allard@wanadoo.fr**

INTRODUCTION	4
I. PRESENTATION DU CONTEXTE	8
GEOGRAPHIQUE ET HISTORIQUE	8
1 -La Camargue, un système « socio-hydraulique» particulier	9
1-1 Un espace né de la confrontation mer / fleuve.....	9
1.2- Le système hydraulique	15
1.3- Une gestion particulière associée à ce système.....	18
2 - Une notion complexe : le risque	26
2.1 - Précisions sur quelques notions (Aléa, vulnérabilité, risque, résilience, catastrophe).....	26
2.2- L'évolution de la perception du risque inondation en Camargue.....	28
2.3- Les mesures de la gestion du risque.....	29
II. LE TEMPS DE LA CATASTROPHE	31
1 - L'inondation de 1856	31
1-1 Les évènements.....	32
1-2 L'attitude des autorités.....	36
2 - Les inondations de 1993/1994	36
2-1 L'inondation d'octobre 1993	36
2-2 L'inondation de janvier 1994.....	38
3 - L'analyse des évènements à travers la presse de 1856 et de 1993-94	42
3.1 - Méthodologie	42
3.2 – De la punition divine à la « catastrophe naturelle »	43
III. APRES LA CATASTROPHE	61
1 – Conséquences de l'inondation de 1856	61
1.1 - Une nouvelle gestion de la catastrophe.....	61
1.2 - La lettre de Plombières	62
1.3- Naissance de l'Etat protecteur	69
1.4 - L'action de l'Etat et le rôle des ingénieurs des Ponts et Chaussées.....	72
1.5 – Le règlement de 1883	81
Conclusion.....	83
2 - Après les inondations de 1993 et 1994 :	87
2.1- Des inondations révélatrices de changement social.....	87
2.2- La mise en place et les orientations d'une nouvelle politique de gestion.....	107
2.2.1- Pour une gestion publique.....	109
2.2.2- Vers un « tout endiguement » ?	112
2.2.3- Puis une redéfinition des orientations	114

2.3 - Le repositionnement des institutions	116
2.4- Le SYMADREM	122
3- Des acteurs locaux encore peu concertés ... ou peu concernés.....	129
3.1- Méthodologie	129
3.2 – La population dix ans après : entre mémoire et oubli	130
3.3 - La demande de protection : l'exigence des uns, le fatalisme des autres.....	135
CONCLUSION GENERALE.....	139
BIBLIOGRAPHIE	142

Introduction

Rappel de la problématique proposée dans le programme

Le parti pris théorique et méthodologique est le suivant : le changement qui affecte la gestion des risques naturels en milieu rural n'est pas très éloigné de celui qui préside dorénavant à la politique environnementale. Comme le fait remarquer Marcel Jollivet (1998), "l'espace rural n'est plus seulement espace paysan ou agricole, il devient "environnement" pour l'ensemble du corps social". Cette mutation n'est pas étrangère au problème traité dans cette recherche: en Camargue, le risque inondation était exclusivement pris en charge par le monde agricole local à travers un système associatif dont on se propose d'analyser le fonctionnement. Les inondations de 1993 et 1994, en révélant le côté obsolète de cette gestion, ont été le facteur déclenchant d'un nouveau mode d'organisation (prise en charge par les collectivités territoriales). Sans aller jusqu'à considérer comme Ulrich Beck (2001) qu'après la société industrielle, c'est le risque qui réorganise la société, il apparaît nettement qu'à une réponse monospécifique à celui-ci, succède une réponse combinant la mobilisation d'acteurs multiples (scientifiques, militants, politiques) (Theys 1991). On montrera en quoi cette révolution participe de la construction d'une nouvelle ruralité plus collective et plus environnementale qu'auparavant. Cette intégration des préoccupations environnementales serait-elle une nouvelle étape dans le développement social (Giddens 1990)?

Les propriétaires agricoles du sol se sont trouvés brutalement dépossédés d'une partie de la gestion hydraulique d'un territoire qui devenait progressivement "patrimoine collectif". Un parallèle sera établi avec le déclin concomitant de l'importance du groupe des propriétaires fonciers au sein du Conseil d'Administration du Parc Naturel Régional de Camargue.

Analyse du système ancien :

Nous nous proposons d'étudier la mise en place de la gestion du risque d'inondation du XIXème siècle au travers des enjeux économiques et des stratégies des acteurs de l'époque : celles des grands propriétaires, celles des collectivités locales à

l'échelon municipal et départemental et celles de l'Etat qui par la législation, la maîtrise de l'expertise grâce aux ingénieurs des Ponts et Chaussées et une politique de subvention plus ou moins généreuse joue un rôle essentiel. Une attention particulière sera portée à l'analyse des textes élaborés à cette époque qui régissent les relations, les devoirs et les charges des membres du Syndicat de la Grande Camargue.

Un autre aspect important concerne la construction des chaussées qui fait appel à des techniques particulières, à la fois traditionnelles, puisqu'il s'agit de digues en terre, mais également soumises au regard critique des ingénieurs des Ponts et Chaussées qui ont en charge à l'époque du Second Empire la politique de la protection contre les inondations. Ces techniques sont parvenues jusqu'à notre époque. Et l'on peut se poser la question de savoir si les difficultés actuelles ne viendraient pas du maintien de techniques passées trop dispendieuses, notamment en temps d'entretien?

Pour cette étude nous disposons des archives des associations, inexploitées jusqu'à présent, des archives de l'administration des Ponts et Chaussées déposées aux Archives nationales, des rapports des conseils généraux et des conseils municipaux. En ce qui concerne les aspects techniques de construction des chaussées nous pouvons utiliser les archives du service du Rhône entreposées aux archives départementales du Vaucluse.

Analyse de la crise contemporaine :

Depuis les inondations de 1993 - 1994, le DESMID réalise un suivi des négociations engagées entre les différents acteurs mobilisés dans la gestion de l'après inondation, ayant récemment abouti à de profondes modifications de modes de prévention du risque. Ce corpus de données, composé d'une riche documentation (échanges épistolaires entre les différents acteurs locaux, régionaux et nationaux, documents administratifs, techniques et scientifiques, revue de presse exhaustive, statuts des instances de gestion anciennes et nouvelles, compte rendu des concertations menées auprès des habitants et de leurs représentants associatifs), et complété d'entretiens semi-directifs réalisés au près des différents acteurs concernés, a été soumis à un traitement manuel et informatique (à l'aide d'un logiciel d'analyse statistique de données textuelles : hyperbase). L'analyse des négociations engagées pour la réorganisation de la gestion du risque comprend les points suivants:

- L'identification et la caractérisation des différents acteurs mobilisés dans la gestion de l'après inondation et dans la mise en place de nouveaux modes de prévention des

risques (élus, administratifs, experts, techniciens et scientifiques, légistes, assureurs, représentants professionnels, milieu associatif, ...).

- L'analyse des modes d'action des différents acteurs impliqués, de leurs stratégies, de leurs savoirs faire et des moyens mis en œuvre (moyens techniques, administratifs, juridiques, politiques et médiatiques).
- L'analyse des discours des différents acteurs, des modes d'argumentation mobilisés. L'accent sera particulièrement mis sur les processus de désignation d'un responsable. A quels types de représentations se réfèrent les acteurs? (Représentations du risque inondation, représentations de la Camargue, représentation du bien public, ...).

Les sources utilisées

Pour la partie historique :

- Des travaux de recherche sur l'inondation de 1856 ont servi de base à une première réflexion sur le sujet : cf. bibliographie (Allard, Pailhès, Méjean, Honegger etc.)
- Des travaux de recherches originaux étaient nécessaires, ils ont été menés à partir des archives disponibles dans différents fonds locaux et nationaux
 - Recherches dans les archives du service du Rhône créé en 1840. Le dépôt d'archives se trouve à Avignon aux Archives Départementales.
 - Recherches dans les fonds de la Bibliothèque Municipale et au Archives Municipales d'Arles (Espace Van Gogh). Rapport des ingénieurs des Ponts et Chaussées pour le Conseil général.
 - Recherches aux Archives Départementales des Bouches-du-Rhône (Reprendre les sources utilisées dans les articles écrits pour Michel Drain)
 - Les Archives nationales ont été mises à contribution pour l'étude du Second Empire et des ingénieurs des Ponts et Chaussées.
 - Travaux originaux sur la presse départementale et les inondations pour caractériser l'impact médiatique de ces inondations dans la presse et le déroulement des évènements. Pour cela l'étude des textes originaux reproduits dans leur intégralité a été faite aux travers d'outils informatiques et statistiques. Un des intérêts de cette étude a été la comparaison effectuée avec les évènements de 1993-94 vus au travers de la Presse également.

Pour la période contemporaine :

- Utilisation des travaux de recherche publiés dans les mois qui ont suivi : voir la bibliographie
- Les travaux originaux ont porté sur les formes d'organisation associatives qui se sont mises en place à la suite des inondations, leur composition, leurs revendications, leur mode d'action etc.
- Le suivi de la mise en place d'un nouvel organisme de gestion de la protection a été suivie sur plusieurs années.
- Une enquête par entretiens semi-directifs a été réalisée 9 ans après les évènements auprès des acteurs de l'époque.

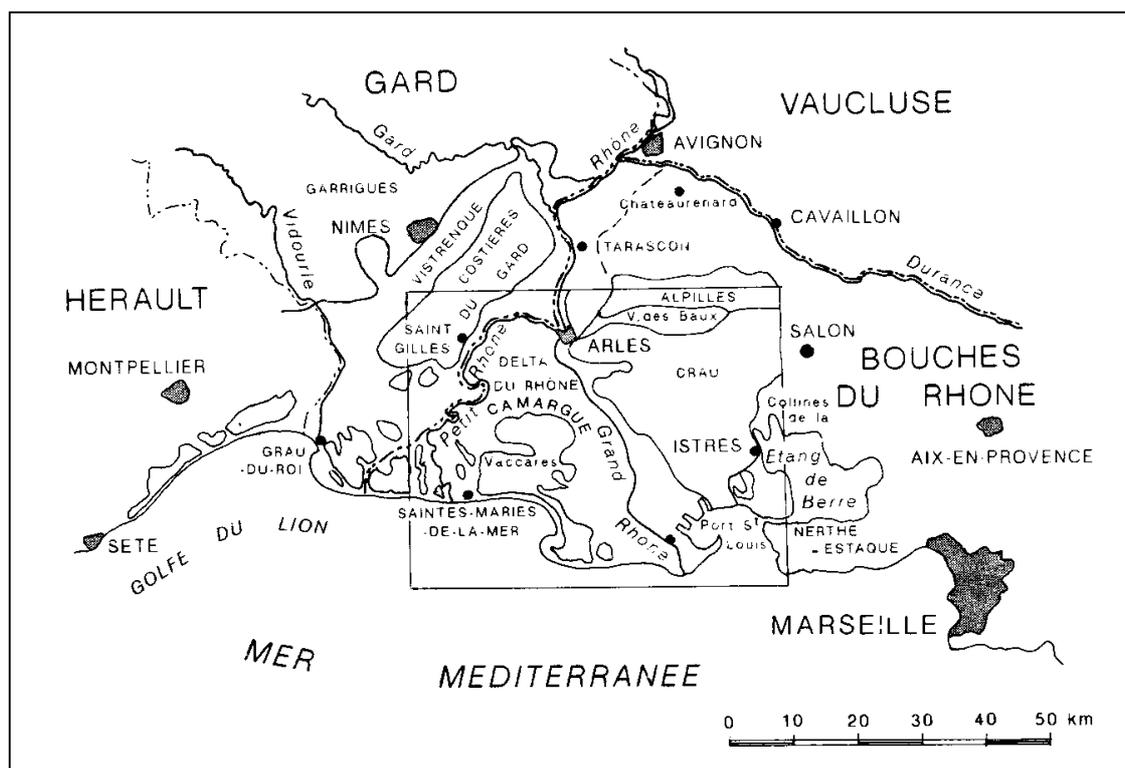
I. PRESENTATION DU CONTEXTE GEOGRAPHIQUE ET HISTORIQUE

La présentation du contexte géographique et historique est essentielle puisqu'elle permet de souligner et de comprendre les spécificités physiques et sociales qui sont aujourd'hui encore inscrites dans le territoire camarguais. Plus théoriques cette fois, la précision de quelques notions fondamentales et l'évolution des représentations du risque apporteront les éléments nécessaires à l'appréhension de la problématique de la gestion du risque inondation en Camargue. C'est également dans ce cadre que sera expliquée la méthodologie de recherche suivie ayant permis les analyses suivantes.

1 -La Camargue, un système « socio-hydraulique¹ » particulier

1-1 Un espace né de la confrontation mer / fleuve

Figure 1 : La Camargue



Extrait de : Carte pédologique, INRA (1994)

1-1-1 Quelques rappels géologiques

Le delta du Rhône (cf : Figure 1), vaste plaine deltaïque de 150 000 hectares, qui s'étend d'Arles au Nord, au Golfe d'Aigues - Mortes à l'Ouest (délimité par les Costières du Gard) jusqu'à Fos-sur-Mer à l'Est (délimité par la plaine de la Crau), et donc la Grande Camargue comprise entre les deux bras du Rhône, objet de notre étude (80 000 hectares), résultent d'un long façonnement établi par les transgressions et régressions marines de la

¹ L'expression "socio-hydraulique" a été proposée par Cécilia Claeys Mekdada, 2000 et 2003. Elle met en valeur les interrelations complexes existant entre nature, technique et société.

Méditerranée auxquelles sont venues se confronter les nombreuses divagations et les charriages du Rhône et de la Durance. La géologie de cette plaine sub-horizontale doit donc ses caractéristiques à cette double influence.

C'est à la fin du Miocène (- 10 millions d'années), que la mer Méditerranée, suite à une élévation rapide de son niveau marin, s'introduit entre les Alpes et le massif Central. Durant près de 4 millions d'années elle occupera ce vaste golfe en y déposant les sédiments fins d'une mer profonde (marnes bleues plaisanciennes-Pliocène) qui laisseront place à des sédiments côtiers sableux (Sables Astiens-Fin du Pliocène) lors de la baisse de son niveau marin.

Ce n'est qu'au début du quaternaire (il y environ 2 millions d'années) que la Camargue émerge. Le Rhône, fleuve torrentiel, recouvre alors les sables de la fin du Pliocène par une grande épaisseur de cailloux roulés, de 20 à 30 mètres au Nord-Est, jusqu'à 55 mètres aux Saintes-Maries-de-la-Mer au Sud-Ouest (INRA, 1994). A l'Ouest, ce sont les apports des torrents déferlant depuis le Massif Central qui forment la Costière tandis que la Durance, plus à l'Est, donne naissance à la plaine de la Crau. Les nombreux épisodes glaciaires entrecoupées de phases de réchauffement important qui se succèdent ensuite viennent affiner cette géologie. C'est durant l'un de ces épisodes interglaciaires, il y a environ 50 000 ans, que la Durance, déviée au nord des Alpilles est capturée par le Rhône dont elle vient gonfler le régime. Mais c'est avec la dernière transgression marine Flandrienne qui recouvre alors la Camargue jusqu'à la limite nord actuelle de l'étang de Vaccarès, que se dévoile petit à petit le visage de la Camargue actuelle avec l'édification de cordons sableux et de dunes. Pendant cette longue période de stabilité marine, le Rhône dépose dans son lit jusqu'à l'embouchure ses dépôts sableux et limoneux.

Ainsi s'explique la distinction faite entre une Camargue *fluvio-palustre* au Nord de l'Etang de Vaccarès (Tête de Camargue), qui subit essentiellement les divagations et les apports du fleuve et une Camargue *laguno-marine* au sud (Basse Camargue) pour laquelle les influences marines dominent.

1.1.2- Les divagations du Rhône

Si le Rhône a largement modifié son cours dans le temps, ses nombreuses divagations ont contribué à l'édification de son delta et à ses spécificités actuelles. En effet, ces anciens

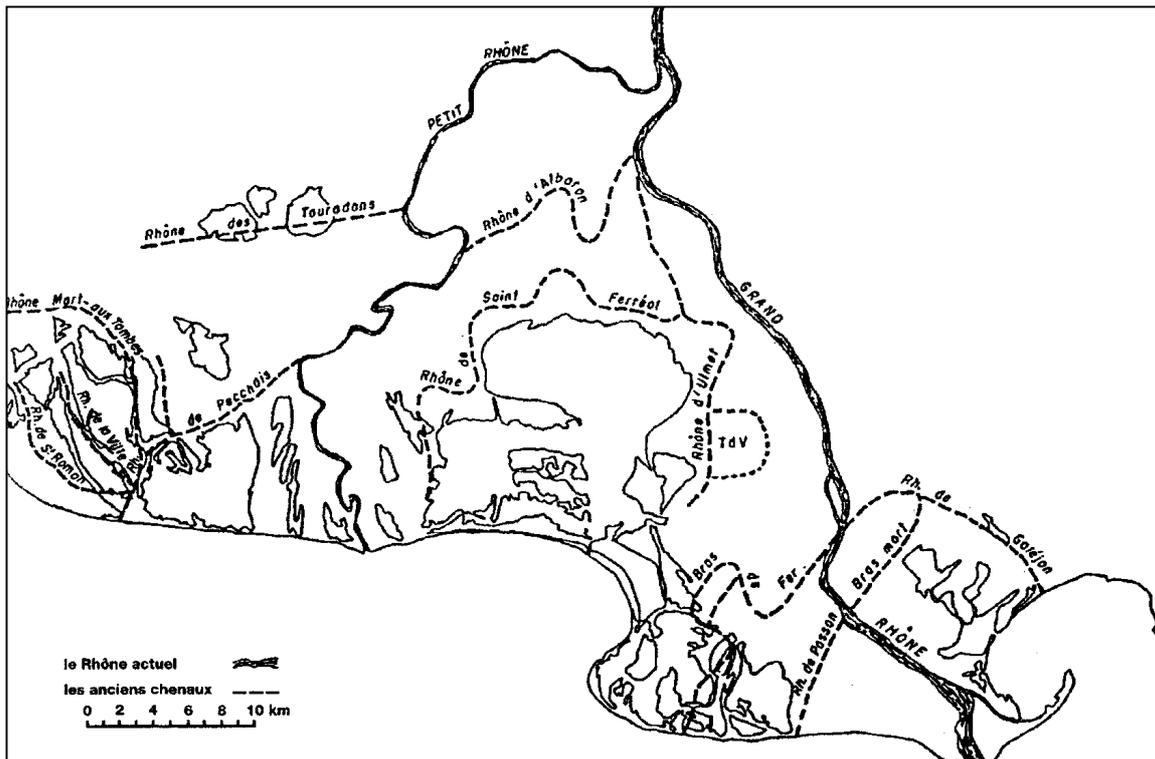
tracés ont laissé d'importants bourrelets alluviaux qui se démarquent encore dans le paysage d'aujourd'hui.

Son chenal le plus ancien est celui de St Ferréol. Il date de la fin du 8^{ème} millénaire et sera actif jusqu'au XVI^{ème} siècle. Il passait alors au Nord de l'actuel étang du Vaccarès pour déboucher à l'Ouest vers les Saintes-Maries-de-la-Mer. C'est vers - 6000 BP² que deux défluviations supplémentaires prennent de l'ampleur : le Rhône d'Albaron qui sera actif jusqu'au XII^{ème} siècle, il s'écoule alors vers le Sud-Ouest en traversant de diagonale la Tête de Camargue tandis que le Rhône d'Ulmet s'écoule vers le Sud en empruntant l'actuelle partie haute du Grand Rhône. Le cours médian de l'actuel Grand Rhône s'inscrit progressivement entre les VI^{ème} et X^{ème} siècle après JC. Au XVI^{ème} siècle, un méandre, le Bras de Fer vient se surimposer au delta construit par le Rhône d'Ulmet. Ce dernier sera abandonné en 1711 au cours d'une crue et prendra alors le tracé qu'on lui connaît aujourd'hui.

Désormais, le Rhône se divise en deux bras un peu en amont d'Arles. Le Petit Rhône, à l'Ouest, long d'environ 60 km, rejoint la mer au niveau des Saintes-Maries-de-la-Mer. Son cours est resté très méandreux. Tandis qu'à l'Est, le Grand Rhône, d'une longueur de 50 km environ, connaît quant-à- lui un tracé beaucoup plus rectiligne, principalement dû aux aménagements pour la navigation et se jette dans la mer en aval de Port St Louis.

Figure 2 : Les divagations du Rhône

² BP : Before present (1950)



Extrait de : PNRC,1993

1.1.3- Géomorphologie

La morphologie de la Camargue est donc le reflet fidèle de ces multiples remaniements sédimentaires. Bien que d'aspect relativement plate (sa pente moyenne étant inférieure à 0,2‰, de l'ordre de 0.27‰ au nord du Vaccarès et de 0.07‰ au sud), la Camargue connaît une succession de dépressions topographiques occupées généralement par les marais et les étangs entre des bombements, bourrelets alluviaux ou alignements dunaires qui résultent des divagations du fleuve et des courants marins. Son inclinaison générale est nord/sud bien qu'il existe néanmoins un léger basculement de la plaine vers l'Est au sens de la tectonique.

Trois ensembles géomorphologiques se distinguent donc et déterminent les paysages camarguais (**Figure 3**) :

- D'une part, la Haute Camargue, comprise entre les deux bras du Rhône, elle s'étend depuis la défluence du Rhône jusqu'au nord de l'Etang de Vaccarès. Son altitude

moyenne est relativement élevée, entre 1 à 4,50 mètres NGF³. Les apports fluviaux y sont épais, les bourrelets alluviaux nombreux, de même que des zones de dépression. Les paysages agricoles y dominent, la riziculture principalement.

- La Moyenne Camargue, au sud de la précédente, s'étend jusqu'au nord des étangs inférieurs. Elle est désormais le domaine des eaux saumâtres avec l'Étang de Vaccarès, le plus important de Camargue (6 500 ha). Dans cette zone, les bourrelets alluviaux sont moins nombreux, par contre, les influences marines se font beaucoup plus ressentir avec notamment la présence de sel. C'est le domaine des paysages de sansouïres⁴ et de marais.
- La Basse Camargue quant à elle occupe le reste du territoire jusqu'à la mer. Elle regroupe l'ensemble des étangs inférieurs. Là les apports fluviaux sont rares tandis que l'influence marine a imposé une succession de rides dunaires et des salinités beaucoup plus élevées.

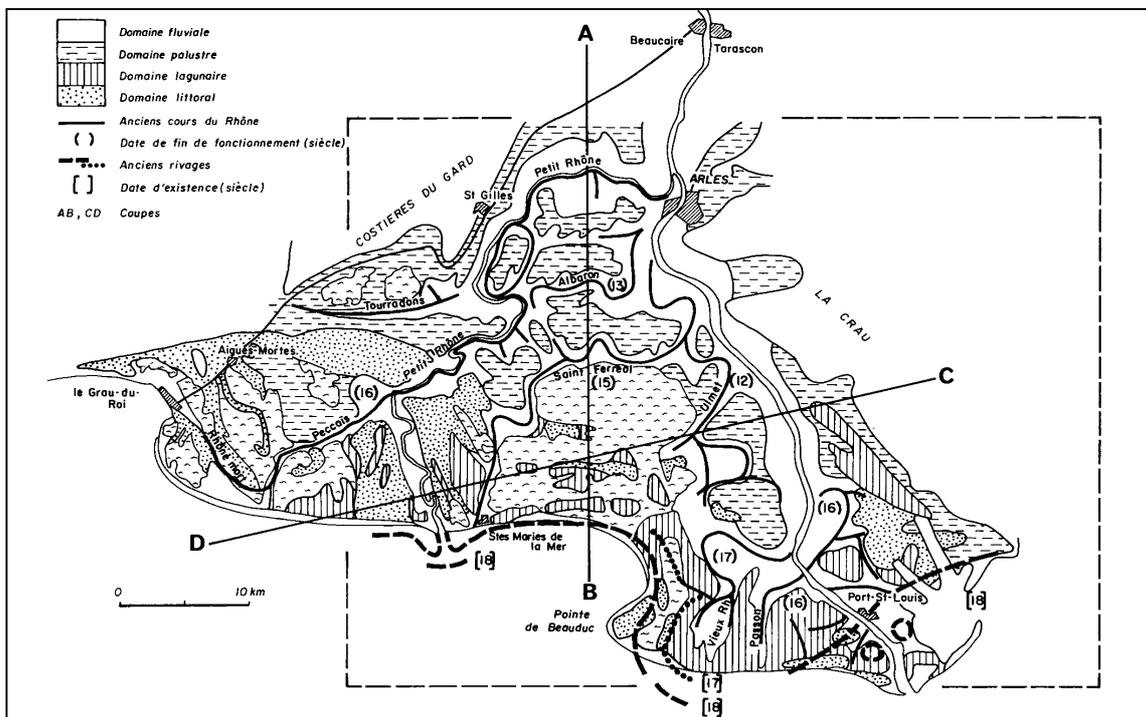


Figure 3 : Carte géomorphologique simplifiée

³ NGF :

Extrait de : Carte pédologique, INRA (1994)

La formation du delta permet de comprendre facilement la dualité de sols (salins / hydromorphes) présente en Camargue. Une dualité qui est de plus exacerbée par un climat méditerranéen chaud et sec, à une variabilité interannuelle très forte.

1.1.4- Caractéristiques climatiques

La Camargue connaît une variabilité hydrologique très importante qui résulte naturellement des conditions climatiques auxquelles elle est soumise. En effet, si le taux moyen de pluviométrie est relativement faible (entre 600 et 700 mm/an en moyenne), les précipitations moyennes annuelles peuvent osciller entre 250 et 1050 mm. Elles sont de plus très inégalement réparties dans le temps et se concentrent essentiellement entre le mois d'octobre et mars. Les déficits printanier et estival sont par conséquent fréquents. Associés au très fort ensoleillement (2800 heures en moyenne), à des températures moyennes élevées (23°C durant les mois d'été avec des maxima de 27°C) et à la présence quasi permanente de vents parfois très violents, dont les pointes peuvent être supérieures à 100 km/ heure (Le Mistral, vent du Nord-Ouest et le vent du Sud-Est), ces conditions contribuent à une évaporation très élevée de l'ordre de 1500 mm/an.

L'une des conséquences principales de ce déficit hydrique est donc la remontée capillaire en provenance de l'aquifère salé de profondeur. Car l'eau, en arrivant en surface, s'évapore et provoque la cristallisation du sel, stérilisant ainsi les terres.

Cette spécificité climatique en Camargue, à l'origine des mosaïques de végétations présentes sur le territoire, a donc également largement contribué à son organisation sociale par le biais des activités qui ont pu s'y réaliser.

⁴ Sansouire : Végétation halophile

1.2- Le système hydraulique

Durant des millénaires, la Camargue a été un milieu fort inhospitalier où les confrontations permanentes entre le fleuve et la mer ont eu raison de toute implantation humaine. Malgré tout, le Rhône, riche de part les limons qu'il apportait et l'eau qu'il fournissait, a permis dès l'époque romaine, les premières tentatives de colonisation agricole du delta (B.Picon, 1988). Les multiples incursions du fleuve lors de ses crues restaient malgré tout un obstacle majeur au développement et ce n'est qu'au moyen-âge que les ordres religieux, désireux de s'installer en Camargue initieront de véritables aménagements en déboisant les bourrelets alluviaux et en les confortant pour s'y installer. Ils ont ainsi asséché progressivement les dépressions grâce à l'aménagement de canaux de drainage, se sont protégés partiellement du fleuve en élevant des digues et ont introduit petit à petit de l'eau douce à l'aide d'un réseau d'irrigation. Cette mise en valeur progressive, résulte de la suprématie des grands seigneurs et des monastères de l'époque, les investissements qu'elle impose n'autorisant que l'émergence de grandes structures latifundiaires (B.Picon, 1988). Cette structure, qui a marqué longtemps l'évolution du delta, donne aujourd'hui encore au territoire camarguais ses particularités.

1.2.1- Une mise en place progressive

Le creusement de roubines pour l'assainissement des terres a donc constitué jusqu'à la fin de la période médiévale l'essentiel des aménagements effectués en Camargue. Elles recueillaient les eaux, permettant ainsi d'assécher les terres et d'améliorer l'évacuation des eaux de pluie en les dirigeant par gravité vers les dépressions, notamment vers l'étang de Vaccarès. Si le réseau de drainage est né de l'initiative personnelle, l'assainissement est devenu rapidement un souci collectif qui demandait une structure élaborée. C'est d'ailleurs dès le Second Empire, que dans le cadre des grands travaux, sa généralisation fut entreprise.

Mais très vite, la nécessité d'améliorer les possibilités d'exploitation et de rendement, considérablement limitées par les incursions du fleuve, des travaux de protection contre les inondations se sont généralisés dès le XII^{ème} siècle. Chacun s'attachait donc à la construction d'une levée de terre pour se protéger des crues. Jusqu'en 1840, les digues n'ont résulté que d'aménagements ponctuels qui finissaient par former des levées discontinues tout du long du fleuve. Il faudra attendre le milieu du 19^{ème} siècle, pour que l'Etat fasse conduire des travaux

de protection du bas Rhône par un endiguement quasi continu dans l'objectif essentiel de l'amélioration des conditions de la navigation. C'est ainsi que sous la conduite des ingénieurs des Ponts et Chaussées furent édifiées petit à petit les digues telles que nous les connaissons aujourd'hui : la digue à la Mer tout d'abord, créée en 1859, elle ferme le littoral et protège ainsi la Grande Camargue des incursions marines, puis en 1869, la surélévation des levées existantes le long du Grand Rhône et du Petit Rhône.

Parallèlement à cette structure d'assainissement et suite à l'endiguement du Rhône qui provoquait la remontée des nappes salées menaçant les cultures, la constitution d'un réseau d'irrigation était devenu nécessaire afin de pallier au déficit hydrique. Dès le XVI^{ème} siècle donc, l'ensemble des chenaux abandonnés par le Rhône furent utilisés pour faciliter l'irrigation de la plaine de Camargue.

Mais le développement économique et agricole actuel de la Camargue a largement contribué à l'extension des réseaux initiaux et à l'évolution de la morphologie du système. En effet, le développement de la riziculture, de la grande riziculture, en imposant l'intensification du système d'irrigation, a engendrer la nécessité d'une restructuration de l'ensemble du système d'assainissement du delta pour soulager les étangs centraux, jusqu'alors unique exutoire de ces excédents.

1.2.2-Les structures d'assainissement et d'irrigation

Mis en place en 1880, le réseau d'assainissement connut très peu de modifications jusque dans les années 1940. A l'origine très simple, il privilégiait la «tendance naturelle au drainage centripète vers l'Etang de Vaccarès, en assurant l'assainissement individuel de chaque bassin naturel, délimité par des bourrelets alluviaux des anciens cours du Rhône » (P. Heurteaux,), Mais ces eaux de drainage agricole qui représentaient déjà en 1952 environ 50 % du volume des étangs centraux (Vaccarès + étangs inférieurs) (P.Heurteaux,), entraînaient une élévation du niveau moyen du système, ce qui représentait une menace constante d'inondation et entravait le ressuyage des terres agricoles. Afin de limiter ces apports au Vaccarès, certains bassins de drainage ont dès lors été équipés en 1955 d'une station d'exhaure permettant de rejeter l'eau directement au Rhône ou à la mer.

Il existe aujourd'hui six bassins de drainage dont les réseaux de canaux sont autonomes (le bassin des Saintes-Maries-de-la-Mer, de la Sigoulette, de Corrège-Major, de Roquemaure, de Fumemorte et le bassin du Japon). L'ensemble du réseau est toujours structuré de manière

identique au schéma de 1955 bien que ces bassins soient aujourd'hui pour l'essentiel polderisés. En effet, trois bassins sont entièrement équipés de stations de pompage qui permettent d'évacuer les eaux excédentaires directement vers le Rhône ou la mer, il s'agit des bassins de Corrège et Camargue Major, celui des Saintes-Maries-de-la-Mer et du Japon. Le bassin de la Sigoulette quant à lui reste en partie gravitaire (au niveau des terres basses marécageuses). Deux bassins font cependant exception, ceux de Fumemorte et de Roquemaure dont l'évacuation des eaux se fait encore exclusivement gravitairement. Quatre canaux principaux structurent ce système, le canal de Fumemorte, celui de Roquemaure, de Rousty et de la Sigoulette. L'ensemble se compose d'environ 400 km de canaux et de fossés et permet le refoulement d'en moyenne 200 millions de m³/an grâce aux stations de pompes tandis que près de 100 millions de m³/an transitent toujours gravitairement via le Vaccarès et la mer (d'après les données de la DDA et du PNRC).

Ces données sont, bien entendu, largement tributaires des conditions climatiques et fluctuent annuellement. Si la capacité totale du réseau est considérable et qu'il a d'ores et déjà permis le drainage de 44 à 61 millions de m³/an (respectivement en 1993 et 1996), les débits nominaux de chacune des pompes sont pourtant de l'ordre du m³/s seulement (de 0,5 à 4 m³/s).

De la fin du Moyen-Age, quatre grandes roubines constituent aujourd'hui encore l'ossature du réseau actuel, la roubine de la Petite Montlong (1508), la roubine de l'Aube de Bouic (1624), la roubine de la Triquette (1627) et le canal du Japon (1754). Autrefois exclusivement gravitaire, ce réseau est désormais équipé d'un dispositif de pompes performant. Ce sont 153 pompes (53 pour le secteur collectif réparties dans 13 stations et une centaine pour le secteur privé), dont la capacité totale de pompage est de 62 m³/s (34 m³/s pour le collectif et 28 m³/s pour le privé) qui permettent annuellement de prélever environ 400 millions de m³ au Rhône (tous systèmes confondus) pour irriguer les 212 exploitations agricoles présentes sur l'Ile de Camargue (PNRC, 1999). Les canaux sont pour l'essentiel bétonnés bien qu'il existe encore des canaux en terre.

1.2.3- Les étangs centraux

Ce vaste ensemble d'étangs centraux qui comprend l'étang de Vaccarès mais également les étangs des Impériaux, de la Dame, du Lion, de Monro, de Malagroy, du Marteau et du Fournelet (appelés aussi étangs inférieurs), aux interrelations multiples et

combien complexes, est l'unique réceptacle des eaux issues du drainage et des précipitations. **Leur capacité totale est estimée à 120 millions de m³ à la côte 0 NGF (PNRC).** En communication directe avec la mer grâce à des chenaux naturels, ils sont largement influencés par cette dernière. Malgré tout, la construction de la digue à la mer a nécessité la création de trois pertuis (de la Fourcade, de la Comtesse et de Rousty) équipés de clapets permettant désormais des entrées contrôlées de l'eau de mer. Il est alors facilement compréhensible que le niveau de ces étangs, dont le plus important est celui de Vaccarès, soit directement influencé par le bilan hydrique naturel (qui évolue en fonction des précipitations, des vents et de l'évaporation), de même que par les apports et les sorties liés aux colatures de l'agriculture et au niveau marin. Ainsi, le niveau de l'étang de Vaccarès oscille annuellement entre +0,4 m (NGF) et - 0,1 m (NGF), son niveau moyen est d'environ + 0,2 m (NGF) (SNPN, 1998).

Ces clapets sont ouverts en hiver pour vidanger les étangs dont le niveau est alors élevé (lorsque le vent du Nord le permet), tandis qu'ils permettent au printemps la migration piscicole. Malgré tout, leur fonctionnement est prioritairement dédié à l'évacuation des surplus. Le débit pouvant être évacué au niveau du pertuis de la Fourcade (le seul fonctionnant normalement) est estimé à plus d' 1,5 millions de m³ /jour.

1.3- Une gestion particulière associée à ce système

1.3.1- La Camargue, long terme et situation de crise

Ce delta instable a constitué pendant très longtemps une contrainte pour un homme préoccupé avant tout de tirer de la nature des ressources destinées à satisfaire ses besoins fondamentaux. Les crues et les divagations du fleuve, le manque de matériaux de construction l'empêchaient d'habiter ; les marais et la présence du sel l'empêchaient de cultiver. La Camargue naturelle était donc soumise à des inondations hivernales d'eau douce et à un assèchement et une salinisation estivaux. Pour habiter et pour cultiver, il fallait donc lutter contre les inondations et contre la présence du sel.

De 1121 à 1869, les digues de Camargue ont été édifiées et confortées, dès le Moyen Age un drainage relatif a permis d'évacuer les eaux des grands marais vers l'étang de Vaccarès et dès la deuxième moitié du XIXe siècle l'installation de pompes à vapeur sur les deux bras du fleuve a permis, grâce à un réseau d'irrigation sophistiqué, d'envoyer de l'eau douce du

Rhône sur le delta de façon à dessaler les sols. La viticulture irriguée en 1880 puis la riziculture après la Seconde Guerre mondiale ont permis de rentabiliser les frais considérables de cette mise en valeur.

A partir de 1855, sur 30000 hectares de basse Camargue, s'installe l'industrie salinière qui, contrairement aux agriculteurs, favorise les entrées d'eaux salées dans la perspective de produire du sel à usage industriel. Cette entreprise qui a acquis l'étang de Vaccarès et les étangs inférieurs, zone d'écoulement des eaux d'irrigation agricole, ne peut supporter cet excès d'eau douce et assigne les propriétaires agricoles devant le tribunal de Tarascon. Celui-ci, puis la cour d'appel d'Aix-en-Provence, interdit en 1909 tout rejet d'eau douce agricole dans l'étang. Les agriculteurs ne respectent pas les clauses du procès et continuent leurs rejets. L'industrie salinière renonce alors à l'exploitation de cet étang trop adouci, s'en protège par une digue et cantonne son exploitation au sud-est du delta par pompage d'eau de la mer.

Ces étangs centraux, zone conflictuelle entre agriculture irriguée et industrie salinière à propos de la gestion de l'eau, sont par ailleurs d'une haute productivité biologique, fait constaté par les quelques naturalistes qui en demandent la mise en réserve. Cette idée est acceptée par les différentes parties prenantes du conflit, qui trouvent certainement un intérêt à se doter d'une zone tampon, sorte de no man's land saumâtre, entre territoires agricoles et saliniers. En 1927, la Réserve nationale de Camargue est née et sa gestion est confiée à la Société nationale d'acclimatation de France, devenue depuis Société nationale de protection de la nature. L'apparition de cette réserve contribue à doter l'ensemble du delta d'une très importante image d'espace naturel ; cette image se forge progressivement jusqu'à aboutir en 1970 à la création du Parc naturel régional qui concerne 86 000 hectares, qu'ils soient agricoles, saliniers ou protégés.

De plus, à la charnière du XIXe et XXe siècle, les poètes du mouvement félibre érigent sur un plan plus culturel la Camargue en symbole territorial de résistance à l'extérieur. La résistance des milieux lacustres à la pénétration humaine symbolise pour eux la résistance de la culture et de la langue provençale à l'uniformisation supposée de la nation. « Les poètes, les savants, les gardians les pêcheurs et les gitans sont mobilisés au sens propre du mot, dans « la nation gardiane » qui, codifiée dans ses moindres détails, deviendra rapidement une originale tradition culturelle. Ce mouvement de résistance culturelle s'exprimera en termes militaires et bien que s'opposant aux grands propriétaires, confortera l'insularité camarguaise en faisant une terre de traditions. « En Camargue, il faut bien se le dire, deux ennemis acharnés sont aux prises. D'un côté ce que l'on veut appeler le progrès avec son cortège de machines et de destructions, ses nivellements ses défrichements, ses digues, ses soldats (les riches qui se sont

emparés du sol) ;de l'autre la Nature, la terre vierge, mère des taureaux et des chevaux sauvages, des flamants, des mirages, des légendes, de la poésie avec ses soldats aussi (moins riches d'argent, mais plus riches de cœur et de mémoire), les poètes, les savants les gardians, les pêcheurs et les gitans ". *Marquis Folco de Baroncelli-Javon 1922*. Au milieu des années 60, la politique de zonification du territoire contribue à désigner le delta du Rhône comme « coupure verte ». Le schéma Baroncellien d'une Nature menacée par les opérations de mises en valeur agricoles et industrielles sera repris en 1964 par André Malraux, Ministre de la Culture qui plaidera pour la création d'un Parc National. « La Camargue telle que nous la connaissons est actuellement avec toutes les richesses Naturelles qu'elle contient encore, en voie de disparition rapide en raison de nombreuses atteintes qu'elle subit de la part des touristes et du fait de la riziculture de l'exploration du sel et de l'action du feu ». *André Malraux, lettre au Ministre de l'agriculture, 22.12.1964*. La nécessité de la coupure verte sera évoquée par Olivier Guichard, Ministre de l'Aménagement du territoire en 1965, époque où l'on aménage touristiquement la côte du Languedoc Roussillon à l'Ouest et la zone industrialo-portuaire de Fos sur mer à l'Est. « L'inclusion de la Camargue dans le plan régional de Fos présente le grand avantage de n'établir aucune solution de continuité sur la côte méditerranéenne entre les opérations de Fos et celles du Languedoc-Roussillon ». *Lettre d'Olivier Guichard au préfet, 25.06.1965*. Cette prise de position d'Olivier Guichard débouchera sur la désignation du delta du Rhône comme Parc Naturel Régional en 1973. A partir du moment où l'espace camarguais est administrativement et politiquement naturalisé, l'écologisme ambiant trouvera là de quoi alimenter ipso facto le mythe de la Nature sauvage miraculeusement préservée. « La Camargue, delta du Rhône, est un haut lieu de Nature C'est actuellement le dernier grand espace Naturel intact de toute la côte méditerranéenne ». (PNRC "Carte d'occupation du sol : introduction, 1992). Ainsi la Camargue a été désignée par les investisseurs du XIXe siècle comme une colonie hexagonale, par les félibres comme une terre de traditions et de libertés, par les politiques des années 70 comme une coupure verte, par les naturalistes comme une terre sauvage. (Picon, 1988)

De cette histoire, il est possible d'extraire les ferments de la crise contemporaine ; crise faite d'une part de la rupture entre un système de gestion hydraulique de type agraire qui a perduré dans le cadre d'une économie contemporaine qui s'est largement diversifiée et qui le rendait donc obsolète. d'autre part, de la rupture entre une idéologie environnementaliste dominante et une idéologie productiviste très présente dans le delta : l'une reposant sur l'idée générale de l'agression de la Nature par l'homme et par la nécessité de mettre en place des

mesures de protection. L'autre défendant l'idée que, depuis l'endiguement total du Rhône et de la mer, ce sont leurs apports artificiels d'eau qui préservent cette zone humide d'importance mondiale. Ce sont par exemple les conflits d'usage de l'eau entre agriculteurs et saliniers qui ont contribué à produire les milieux saumâtres des étangs centraux et leur institutionnalisation comme sanctuaire de nature dès le début du XXe siècle (1927).

Les politiques environnementales, largement inspirées des représentations dominantes ont tendance à mettre les zones humides naturelles à l'abri d'activités économiques qui ont pourtant contribué à les modeler. (MATE Mission Etat/Camargue, 2001).

Cette crise symbolique est née quand le polder agricole et salinier a été érigée en martyr du progrès, en isolat naturel et culturel, par les félibres du début du siècle.

Cette crise symbolique a, à son tour, engendré une crise institutionnelle, les pouvoirs publics voulant créer dès 1965 un Parc Naturel pour gérer l'ensemble du delta, structure, bien entendu, refusée par les acteurs économiques qui faisaient figure d'accusés aux yeux du ministère de l'environnement alors qu'ils se vivaient au contraire comme les producteurs du territoire à travers leur gestion de l'eau. La crise fut résolue par un compromis : Le Parc Naturel Régional de Camargue fut créé en 1970 mais doté d'un statut dérogatoire : sa gestion fut confiée à une fondation privée où les représentants des intérêts économiques locaux (surtout les exploitants agricoles et saliniers) y tenaient une part prépondérante.

Le statut particulier de ce Parc de Camargue résumait à lui seul les ingrédients contradictoires de la crise : un territoire modelé et poldérisé derrière 160 km de digues par des exploitants agricoles et saliniers qui introduisent artificiellement 400 millions de m³ d'eau douce et 80 millions de m³ d'eau de mer est symboliquement désigné par les pouvoirs publics comme espace naturel ; comme « dernier espace naturel de toute la côte méditerranéenne française » ou bien « relique de nature sauvage » selon certains écologues. Si l'on ajoute à cela que, progressivement, les intérêts agricoles et saliniers ne pouvaient plus prétendre représenter seuls une Camargue abritant de nouveaux intérêts résidentiels, de tourisme, de loisirs, de protection de la nature, les ruptures de digues et les événements qui s'en suivent trouvent leur explication.

Deux crues centennales du Rhône en 4 mois ont donc provoqué plusieurs brèches dans les digues du petit Rhône et ont contribué à la submersion totale d'un tiers du delta. La surprise fut d'autant plus grande que la dernière grande inondation datait de 1856 !

En 1856, l'empereur Napoléon III vint contempler le désastre et décida un financement de l'Etat pour reconstruire des digues insubmersibles, la charge de l'entretien de celles-ci incombant aux propriétaires du sol. Allard, (1998) En 1869, ces nouvelles digues

étaient achevées et gérée par le « syndicat des chaussées de grande Camargue » où les grandes propriétaires tenaient une place prépondérante puisque le système de représentation et de cotisation était censitaire : « L'assemblée générale des intéressés se compose des propriétaires possédant dans le périmètre de l'association des immeubles portés pour un revenu de cinquante francs au moins dans la matrice du rôle de la contribution foncière...Chaque propriétaire a autant de voix que le minimum d'intérêt est contenu de fois dans le revenu cadastral de ses immeubles dépendant de l'association, sans que ce nombre puisse dépasser dix. »

Il s'agissait donc d'un ouvrage de défense de l'agriculture contre les inondations géré par des propriétaires agricoles dans le cadre d'un système agraire de type latifundiaire. Progressivement, pendant un siècle, le delta deviendra le support de bien d'autres investissements, notamment touristiques, la part du revenu des agriculteurs y sera relativement moins important, le taux des cotisations n'étant pas relevé ; les travaux d'entretien des digues ne seront bientôt plus qu'un souvenir. Celles-ci s'embroussaillent, des arbres y poussent, ragondins blaireaux et lapins y creusent des terriers. Elles finissent par s'intégrer au paysage comme de bucoliques petits promontoires bordant les rives du grand et du petit Rhône. L'absence de grandes crues depuis 1856 et les aménagements hydro-électriques de la compagnie du Rhône reléguaient les inondations dans un lointain passé où l'homme n'avait pas encore su maîtriser les forces naturelles.

L'image contemporaine de plus en plus prégnante qui construisait la Camargue comme espace naturel en écartait symboliquement toute possibilité de risque. La nature est bonne et belle à contempler, à vivre, à visiter, seul l'humain étant malfaisant, il s'agissait de plus en plus de protéger le territoire des possibles incursions urbaines, industrielles ou du tourisme de masse que des incursions d'un fleuve oublié. Les cartes d'occupation du sol produites par le Parc de Camargue sont symptomatiques à cet égard. On y voit, par des couleurs savamment contrastées, des « espaces naturels » pris en tenailles entre la zone intustrialo-portuaire du Fos sur mer, les aménagements touristiques du Languedoc Roussillon, les rizières et les salines. Il aura fallu les inondations de 1993-1994 pour voir réapparaître soudain en gros traits rouges, les digues du Rhône et la digue à la mer ! La modernité a produit une rupture forte entre la réalité du fonctionnement du delta et son image symbolique, elle a produit aussi un système social complexifié où les agriculteurs ne sont plus les seuls acteurs du delta. La légende des lieux a attiré de nouveaux résidents imprudemment installés dans les dépressions (Gimeaux, Saliers) potentiellement inondables.

En bref, avec le classement en Parc Naturel Régional pour couronner le tout, les politiques publiques n'ont pas plus échappé à la symbolique des lieux que le sens commun.

1.3.2- Eaux, digues et canaux

C'était autrefois diverses associations de propriétaires qui devaient désigner des corps de levadiers ⁵ chargés de la construction et de l'entretien de ces ouvrages hydrauliques (roubines, chaussées et digues). Trois formes d'associations syndicale⁶ existaient donc, des associations d'irrigation, de drainage et de protection contre les crues du Rhône. Elles fonctionnaient selon le même principe : chacun des propriétaires bénéficiant de ces ouvrages se devait de contribuer financièrement aux frais d'entretien.

« Ce n'est qu'en 1805 (Décret Impérial du 4 prairial an XIII), que l'Etat accepta de contribuer pour un quart aux dépenses d'entretien des ouvrages de protection, tout en plaçant la conduite des travaux sous l'autorité des Ponts et Chaussées» (J. Bethemont,1972). Dans le souci d'une protection plus efficace, vont donc émerger des tentatives d'unification des diverses associations en créant une Commission Centrale chargée, sous le contrôle du préfet de coordonner l'action des associations de défense. Mais il faudra attendre le décret du 28 mars 1849, pour qu'enfin soit créée une association unique qui remplaçait les 6 associations existantes à cette date. Attaché à la protection du territoire contre le Rhône, le Syndicat des Chaussées de la Grande Camargue regroupait les propriétaires des communes d'Arles, et des Saintes-Maries-de-la-Mer (côté rive gauche du Petit Rhône).

Administré par 14 membres élus parmi les propriétaires de l'Ile (payant au moins 50 francs d'imposition foncière en Camargue) et un président, élu pour trois ans, le Syndicat convient des travaux à effectuer et surveille leur exécution. Les assemblées générales, réunies, « toutes les fois qu'il s'agira de contracter un emprunt, d'arrêter le budget des travaux à faire chaque année ; de régler les comptes des travaux faits, de donner lecture des projets d'actes... » (Art.9 de l'arrêté du 28 mars 1849), restent l'occasion pour tout propriétaire d'être représenter.

⁵ Levadiers : d'après les statuts de la république d'Arles

⁶ Association syndicale : se définit comme « la collectivité des propriétaires réunis dans les conditions déterminées par la loi pour exécuter et entretenir, à frais communs, les travaux qu'elle énumère » Art.1 du décret du 18 décembre 1927.

C'est grâce aux cotisations perçues de la part de chaque contribuable dont le périmètre des terrains est compris dans celui de l'association et dans la proportion de leur intérêt, que le syndicat finance les travaux engagés. De telles prescriptions entraînent alors très vite le « *statut quo* » de cet organe de gestion et le manque inhérent d'entretien de ces ouvrages. En effet, il est facilement compréhensible que l'entretien et les travaux effectués ne répondent dès lors qu'aux intérêts des grands propriétaires, en fonction de leurs besoins en terme d'irrigation et d'assainissement et en fonction du souvenir des dernières crues.

Suite à la crue catastrophique de 1856 et compte tenu de l'ampleur des dégâts provoqués, l'Etat prend en charge la totalité des frais de grosses réparations entreprises à la suite de crues exceptionnelles. Cette disposition fait alors l'objet d'un nouveau décret impérial en 1856 qui vient compléter le précédent. Les digues sont dès lors reconnues « *œuvre d'utilité publique* » (Art.3 de la loi du 5 juin 1858, relative à l'exécution des travaux destinés à la protection des villes contre les inondations). C'est dans ce cadre que l'essentiel des travaux de confortement des digues et de surélévation est effectué entre 1860 et 1869, avec comme objectif la protection contre un niveau d'eau supérieur de un mètre par rapport à la crue de 1856 (considérée comme une crue plus que centennale). Si l'endiguement total du Rhône est achevé en 1869 selon ces prescriptions, il semblerait que cette disposition ne fut pas conduite sur l'ensemble du Petit Rhône où « il n'est pas certain que ces ouvrages suffisent à protéger la Camargue contre la crue millénaire....mais assurent du moins une protection sûre contre les crues trentenaires... » (J. Bethemont,1972).

L'Association des Chaussées de Grande Camargue a longtemps été l'unique gestionnaire des 150 km de digues de Camargue. Mais les inondations de 1993/94 ont largement contribué à dévoiler son statut juridique inadapté et son manque de moyens financiers.

Si désormais la gestion et l'entretien des digues font l'objet des attributions d'un Syndicat Mixte, le SYMADREM (Syndicat Mixte d'Aménagement des Dignes du Rhône et de la Mer), de telles structures de gestion existent encore en Camargue, notamment au niveau des Associations Syndicales des réseaux d'assainissement et d'irrigation.

Un système de gestion similaire se retrouve donc pour ce qui est de l'entretien et des travaux des ouvrages d'irrigation et de drainage en Camargue. Très éclaté, il se compose de

différentes associations, créées pour la plupart il y a environ un siècle et demi et dont les textes de lois qui les encadrent datent de 1865.

Il existe donc un réseau d'associations collectives pour l'irrigation et pour le drainage ainsi qu'un réseau d'associations privées. Chacune de ces associations gère l'approvisionnement en eau ou l'assainissement pour un groupe défini de propriétés. Ce périmètre est déterminé par enquête publique avant même la création des ouvrages. Ce sont les exploitants de ces périmètres eux-mêmes, et eux seuls, qui sont tenus par la loi de contribuer au financement des travaux et de l'entretien des canaux. Si le principe de fonctionnement financier de ces associations est basé sur ces contributions, les investissements personnels directs restaient jusque récemment la ressource principale de ces associations. En effet, ces structures qui autrefois pouvaient se vanter de fonctionner correctement, correspondaient aux caractéristiques d'une agriculture peu mécanisée, pour laquelle le personnel était important. Dans ce contexte, les travaux d'entretien rentraient dans le cadre du travail quotidien des ouvriers. Or les exploitations agricoles ne fonctionnent désormais plus sur ce schéma, l'agriculture s'est modernisée, mécanisée, les ouvriers sont très peu nombreux et l'ensemble de ces travaux d'entretien doivent désormais être pris en charge financièrement par ces ASA, des travaux qui coûtent de plus en plus cher.

Bien que ces ASA soient désormais regroupées en un Syndicat Mixte⁷ et reçoivent d'importantes subventions publiques en investissement au titre du programme hydraulique agricole (80 % pour l'irrigation et 40 % pour le drainage), l'état de vétusté de ces réseaux et l'économie générale de la riziculture en Camargue est un frein considérable à des investissements énormes pour une restructuration de l'ensemble du système (O.Alexandre, DDA, 2002).

L'histoire de la mise en place de ce système « socio-hydraulique » contribue à l'appréhension objective du risque inondation en Camargue. Il met en relief comment, aujourd'hui, la gestion d'un tel risque intervient dans un contexte relativement rigide, hérité du passé dont le poids est fortement marqué.

Mais afin de mieux cerner les difficultés inhérentes à la gestion du risque inondation, la définition de notion de base est fondamentale. Quant à l'évolution de la

⁷ Le Syndicat Mixte de Gestion Administrative des ASA regroupe 45 associations d'irrigation et de drainage des communes d'Arles et de St Martin de Crau (uniquement des associations de droit public)

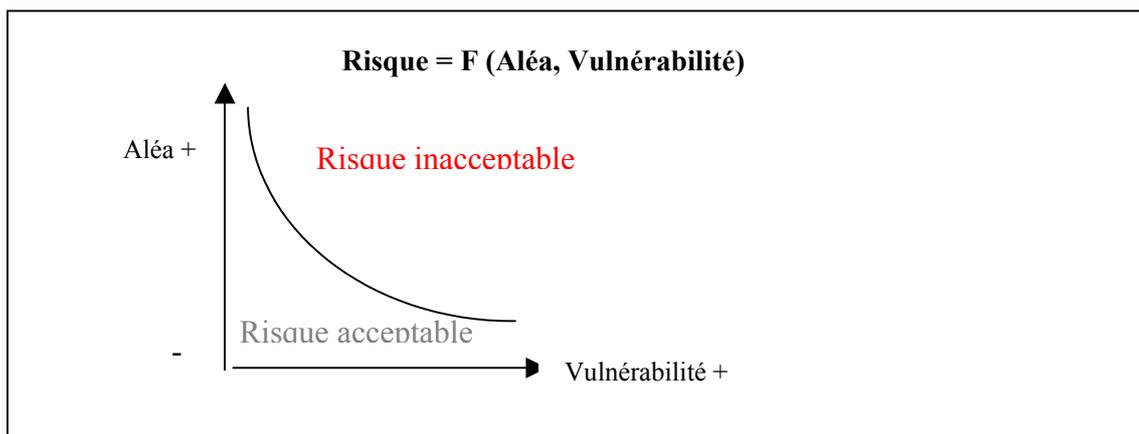
perception du risque, elle permet de comprendre les orientations choisies en matière de gestion sur le territoire camarguais.

2 - Une notion complexe : le risque

2.1 - Précisions sur quelques notions (Aléa, vulnérabilité, risque, résilience, catastrophe)

Le **risque** se définit généralement comme le produit d'un aléa et d'une vulnérabilité. Plus exactement, il est fonction de l'aléa et de la vulnérabilité (**cf figure ci dessous**).

Figure 4 : Le risque



Extrait de : A Dauphiné (2001)

Si l'**aléa** désigne la probabilité d'occurrence d'un phénomène, en fonction de son intensité, de sa durée dans l'espace pris en compte ; la **vulnérabilité** s'évalue en fonction des dommages que cet événement peut engendrer, que ce soit sur les populations, les biens (le bâti privé, les établissements et équipements,...), les activités (industrielles, commerciales, artisanales...) ou encore sur les ressources naturelles.

Le risque prend donc en compte un danger (l'aléa), c'est à dire un phénomène menaçant, sa récurrence, sur un espace considéré comme vulnérable par la présence de biens et de personnes. Dans le cas d'un risque naturel, le danger est directement lié à l'environnement physique. Il résulte alors d'un évènement naturel tel qu'une crue, un séisme, un incendie...

Les différents domaines affectés par le risque peuvent être définis comme étant des enjeux potentiellement dommageables. Dès lors, la difficulté réside dans l'appréciation du degré d'endommagement subi par chacune des composantes de la vulnérabilité affectée par l'aléa. Or, comme le souligne A.Dauphiné (2001), « les sociétés humaines réduisent certains aléas et apprécient différemment leur degré de vulnérabilité au cours du Temps ». Ce qui rend d'autant plus difficile la distinction entre un risque acceptable et un risque inacceptable, dont la limite est fictive et évolue alors en fonction des représentations.

Mais à cette approche de la vulnérabilité s'oppose désormais « celle qui considère la vulnérabilité des sociétés à travers leur capacité de réponses à des crises potentielles » (R. D'Ercole,1994). C'est **la résilience**. Elle mesure la capacité d'un système à persister au-delà d'une perturbation. En d'autres termes, un système est d'autant moins vulnérable qu'il est apte à surmonter une crise, à se rétablir. Plus un système est rigide, plus sa capacité d'adaptation est au contraire amoindrie et par conséquent plus sa vulnérabilité est exacerbée.

Dans tous les cas, « le risque relève du probable et non de la certitude » (A. Dauphiné,2001). Il ne se matérialise pas, à contrario d'**une catastrophe** qui résulte quant à elle toujours de la rencontre de cet aléa et de l'élément vulnérable (souvent lié à la présence humaine). L'évènement dans ce cas n'est plus alors une probabilité mais a bien eu lieu. « Il n'y a donc jamais de concordance, ni temporelle, ni spatiale, ni en intensité, entre le risque et la catastrophe ». (A. Dauphiné, 2001).

Si l'intensité d'une catastrophe peut être facilement identifiée en fonction de son amplitude, de sa durée, de l'aire affecté, de son espacement temporel⁸, elle reste toutefois également très liée à la « notion d'endommagement », qui n'est encore une fois qu'« affaire de perceptions » et qui donc varie assurément selon les cultures, et sans doute selon les niveaux d'urbanisation » (D'Ercole et Pigeon,1999).

⁸ Bailly.A

2.2- L'évolution de la perception du risque inondation en Camargue

Les sociétés humaines ont de tout temps apprécié différemment le risque. Deux choses peuvent expliquer l'évolution de cette notion et celle de la limite établie entre un **risque acceptable** et un **risque inacceptable** : Tout d'abord le niveau de développement des sociétés (d'un point de vue économique, technique et institutionnel), mais surtout la perception même du risque qu'ont les populations en fonction de leur culture, de leur croyance, dans leur quête de sécurité.

Ainsi la notion de risque se substitue-t-elle directement à l'évolution du sentiment de sécurité. La perception du risque s'inscrit donc différemment dans le temps et permet la distinction de périodes marquant son évolution sur un territoire concerné.

En Camargue, durant longtemps, les activités humaines de chasse, de pêche, d'élevage ou de transport se sont parfaitement accommodées d'inondations fréquentes (P. Allard, 1997). Elles étaient alors le mode d'exploitation principal et ne justifiaient en rien la recherche d'une protection efficace contre les crues du fleuve.

Ainsi, la société s'est petit à petit développée, tout en prenant en compte cet aléa naturel, le milieu camarguais ayant su adapter son système d'exploitation à la submersion des terres. Les mas étaient construits sur les bourrelets alluviaux, les surfaces cultivées se trouvaient principalement sur les terrains les plus hauts permettant ainsi l'évacuation rapide de l'eau vers les terres plus basses, tandis que les apports fréquents du Rhône contribuaient à la richesse des terres et des cultures. Si dès le Moyen-Age, le besoin de sécurité, lié au développement des activités sur l'Ile, fait émerger la volonté de se protéger contre les incursions du fleuve, il semblerait que le risque restait malgré tout perçu avec un certain fatalisme, qui expliquerait le peu de mobilisation autour de ces préoccupations à cette époque. Les inondations ordinaires étaient bienfaitrices, les catastrophes, « fatalité divine » (J.Theys). La sécurité résidait dans la confiance qu'on portait à Dieu (Febvre, 1956). La protection ne fait alors l'objet que de simples levés de terres, consolidées après chacune des inondations. Le risque n'est alors qu'évalué en fonction des expériences du passé, « La sécurité reste basée sur la protection contre le risque connu » (Allard, Pailhès, 1998).

Mais bientôt, les progrès techniques et les perspectives de développement économique, avec notamment la mise en place d'un système hydraulique complexe, rendent crucial la protection des investissements en Camargue, et l'idée d'une protection totale apparaît. C'est l'évolution de la perception du risque inondation chez les propriétaires, comme

au niveau des institutions locales et nationales qui initie d'ailleurs en Camargue, l'édification d'une protection contre les crues du Rhône et la construction des digues au milieu du XIX^{ème} siècle. Des aménagements qui étaient justifiés par les conséquences catastrophiques des inondations de 1841, 1843 et de 1856. La protection contre le risque d'inondation n'est dès lors plus le résultat de la simple prise en compte de l'aléa observé mais d'un aléa maximal théorique calculé. (P.Allard, 2000) L'élaboration des plans et la construction même de ces digues par les ingénieurs des Ponts et Chaussées en témoigne. Réputées insubmersibles et protégeant désormais la Camargue des plus hautes crues présumées, elles ont largement contribué au sentiment de sécurité absolue. Un sentiment qui se traduit de nos jours par l'augmentation de la vulnérabilité du territoire face à ce risque.

2.3- Les mesures de la gestion du risque

Pour se prémunir du risque, l'homme a depuis longtemps cherché à réduire l'aléa. Dans le cas du risque d'inondation, sa quête de sécurité a généralement abouti à la suppression des variabilités hydrologiques, au-delà des bornes socialement acceptables. (JP.Bravard, 2000). Ainsi, la construction de digues, de barrages est-elle un des nombreux moyens de protection mis en place. Mais, en croyant maîtriser ce risque, les sociétés humaines ont contribué à augmenter leur vulnérabilité ; l'exemple précédent de la Camargue l'illustre parfaitement.

C'est pourquoi les directives des politiques de gestion actuelle en matière de protection et de prévention, sont devenues fondamentales, puisqu'elles influencent l'organisation territoriale, donc les conséquences de l'endommagement (P.Pigeon,). L'augmentation de la vulnérabilité des sociétés nécessite aujourd'hui une évaluation plus précise du risque auquel elles sont exposées. A l'identification de l'aléa s'impose la détermination des enjeux économiques, sociaux et culturels.

Associée à ces politiques de gestion du risque fondées sur le principe de solutions structurelles, se profile désormais une nouvelle politique de gestion qui s'inscrit dans le cadre du respect du milieu naturel, au nom du développement durable. Elle résulte directement de la prise de conscience d'un risque naturel effectif, qui reste non maîtrisable à 100 % et face auquel les sociétés humaines resteront vulnérables quoiqu'elles fassent pour s'en prémunir. L'homme ne peut rien contre la nature, il peut s'en protéger mais non la

maîtriser. Les aménagements durs induisent des conséquences sans précédent dont il faut savoir aujourd'hui en limiter les impacts et ne plus reproduire les erreurs passées. La tendance est à l'acceptabilité des extrêmes et à leur juste maîtrise.

La gestion du risque est l'arbitrage compliqué entre des intérêts généralement contradictoires. Elle a pour objectif de définir dans quelle mesure il faut accepter ou refuser telle ou telle solution en fonction des conséquences qu'elle entraîne. Elle est objectivement liée directement à la perception du risque.

Or, le risque n'est jamais perçu de la même manière ni dans le temps, ni dans l'espace et encore moins par l'ensemble des individus. Il semble alors intéressant de tenter d'analyser de quelle manière ce risque est aujourd'hui perçu par la population camarguaise mais également par les différents gestionnaires. J'entends ici par gestionnaires, l'ensemble des acteurs, élus, techniciens et personnels administratifs susceptibles d'intervenir localement dans la définition d'orientations dans le cadre de la gestion de ce risque. Mais avant d'étudier la perception actuelle du risque et les conséquences sur la gestion, il est nécessaire d'analyser l'impact des catastrophes dans la mémoire collective d'une part et d'essayer de comprendre les mécanismes de remise en cause des systèmes en place.

II. LE TEMPS DE LA CATASTROPHE

La catastrophe est un moment important pour les sociétés qui ont à les affronter, elle introduit une tension dramatique dans la vie sociale, qui peut être accentuée par le souvenir des catastrophes récentes qui ont laissé des traces comme c'était le cas en 1856. Les inondations de 1840, 1841 et 1843 qui avaient dévasté le pays restaient en mémoire comme en témoigne les articles de journaux et les commentaires des hommes politiques. Mais l'oubli contribue également à la dramatisation, l'absence de références rend les événements plus inquiétants car totalement imprévisibles comme ce fut le cas en 1993, la mémoire des inondations n'était plus présente dans la collectivité et le risque ne faisait plus partie de la culture camarguaise. Il est donc nécessaire de donner quelques détails sur le déroulement des événements avant de les analyser afin de faire ressortir les analogies et les différences entre les catastrophes.

1 - L'inondation de 1856

Dans sa thèse : "Le thème de l'eau dans la vallée du Rhône", Jacques Bethemont distingue 4 types de crues à partir des travaux de Pardé :

- Les crues océaniques hivernales dues aux pluies abondantes sur la partie du bassin située au nord de Montélimar.
- Les crues cévenoles résultant des pluies qui affectent le sud du bassin, et qui remontent jusqu'à Tournon, et plus rarement jusqu'au sud de Lyon : un contraste thermique violent, dû à la rencontre de masses d'air froid venu du nord et d'air chaud porté par les vents du sud, provoque des pluies d'une extrême violence, s'apparentant au phénomène de la mousson.
- Les crues méditerranéennes extensives, qui surviennent le plus souvent entre le 25 octobre et le 15 novembre avec quelques exceptions en début de printemps. C'est en quelque sorte une conjonction des pluies océaniques et méditerranéennes.
- Les crues générales, comme celle de 1856, qui sont une conjonction des trois précédentes.

1-1 Les évènements

En mai 1856, des pluies continues font monter le Rhône comme la Loire. (Il s'agit d'une crue tout d'abord océanique à laquelle s'ajoute, cinq jours plus tard, une crue méditerranéenne (Cf. Mémoire de l'ingénieur en chef des Ponts et Chaussées du Rhône 15 février 1861-Service de la Navigation d'Arles)

Le 16 mai, la Saône déborde à Lyon, et atteint le niveau de 1840. En aval de Lyon, la vallée est inondée. L'eau arrive à 50 centimètres de la ligne de chemin de fer du P.L.M.

Le 19 mai, elle envahit Avignon, Beaucaire, Arles, puis elle décroît les jours suivants... Le 28 mai, la pluie recommence à tomber pendant trente-six heures. A Arles on demande au curé de St Trophime de faire dire des prières pour qu'elle cesse.

Le 30 mai, à Tarascon, les eaux sont à 1 mètre 10 plus élevées qu'en 1840. La digue de la Montagnette sur laquelle passe la voie ferrée, qui relie le château au pied de la colline et barre la plaine en amont de la ville, cède par trois brèches. Une masse d'eau de plus de 2000 mètres cubes par seconde envahit la ville et la voie de chemin de fer est rompue.

Toute la plaine de Tarascon, de Saint-Rémy, la vallée des Baux, le Trébon sont inondés. Le Préfet du Gard adresse aux Ministres de l'Intérieur et des Travaux Publics un télégramme :

« 1er juin midi 30, le chemin de fer est coupé au-dessus de Tarascon.(.. ..). Cette ville est inondée à plusieurs mètres de hauteur Tout le pays est sous les eaux des deux côtés du Rhône; Les digues ayant cédées partout, le désastre est affreux. »

Le 31 mai, au matin, à Arles, le Rhône atteint 5 mètres 60 (0m. 45 de plus qu'en 1840). Mège, chroniqueur local, parle de 5m. 65.

Vers 10 heures, le pont de bateaux est partiellement emporté par le courant... Les quartiers bas de la ville (Roquette, Lices, Cavalerie.), les quais sont submergés. Vers 5 heures,

une brèche de plus de cent mètres se produit entre le pont de Fourques et Trinquetaille, à la pointe de la Camargue. Ce qui reste du pont est entraîné par les eaux et lancé sur des bateaux, des penelles chargées de charbon de la Grand-Combe, qui coulent immédiatement...

« A ce moment, le débordement est complet, immense, inouï. La Camargue et le reste de notre territoire ne présentent plus qu'une vaste nappe d'eau. Des embarcations ont été disposées de suite par l'autorité pour aller porter des secours dans tout le territoire. Dès cet instant, il y avait grand danger à tenter la traversée du Rhône pour aller porter secours à Trinquetaille, qui s'est vu obligé, malgré sa cloche d'alarme de se suffire à lui-même. Les nombreux troupeaux de bêtes à laine qui se trouvent à cette époque encore en Camargue, ont été traversés du côté d'Arles par un bateau à vapeur, dont la ville a payé les frais. Cette inondation qui dépasse même les bornes de celle de 1840, est telle qu'on n'en avait jamais vu de pareille. » (Mège, OP; CIT., p.. 116)

Il faut référer la crue de juin 1856 à la grande crue du siècle dernier, celle de 1755. La crue de 1755, selon Emile Fassin, fut un "grand débordement du Rhône au mois de décembre (.....) on allait en bateau par toutes les rues de la Cavalerie et de la Roquette. Cette mémorable inondation porte dans les annales le nom de "Rhône de Saint-André", suivant l'usage de désigner les événements par le "saint du jour". L'historien Anibert évalue à plus d'un million, somme énorme pour l'époque, les pertes occasionnées à la ville d'Arles par cette désastreuse inondation.

Si l'on en croit les chroniqueurs locaux, notamment Fassin (cf. Emile Fassin, Les années calamiteuses de l'histoire d'Arles, Aix, 1892). La mémoire des catastrophes naturelles semble nourrir l'imaginaire arlésien et si, par son ampleur, l'inondation de 1856 va susciter des réflexes de générosité et de solidarité exceptionnels, une certaine familiarité avec le désastre semble l'inscrire dans la continuité. Depuis le début du siècle, la basse vallée du Rhône compte six grandes crues extraordinaires, qui ont rompu les digues et inondé la plaine. :Ce sont les crues de novembre 1801, de mai 1810, et 1811, de novembre 1840 et 1843, d'octobre 1846. (cf. Kleitz, ingénieur en chef des ponts et chaussées, Rapport du 28 septembre 1863)

Des troupes, retour de Crimée, où la guerre vient de s'achever passent par Arles. Le maire télégraphie à l'Intendant militaire à Nîmes et à Aix pour leur demander de diriger jusqu'à nouvel ordre les militaires de passage sur la ligne de Beaucaire.

Le 1er juin, les eaux ont progressé... Toute la Camargue est envahie jusqu'à l'Etang du Vaccarès... La récolte, prête à être moissonnée, est engloutie.

"Le lendemain matin, de très bonne heure, des embarcations de marins, munies d'approvisionnements nécessaires, se dirigèrent sur plusieurs points de la Camargue et en même temps, le bateau à vapeur le Quilleboeuf, sur lequel se trouvait notre sous-Préfet, accompagné de M. l'Ingénieur, parcourait les rives du Rhône jusqu'aux embouchures pour recueillir les pauvres inondés qui se présenteraient sur son passage."
(Mège, OP. CIT. p. 117)

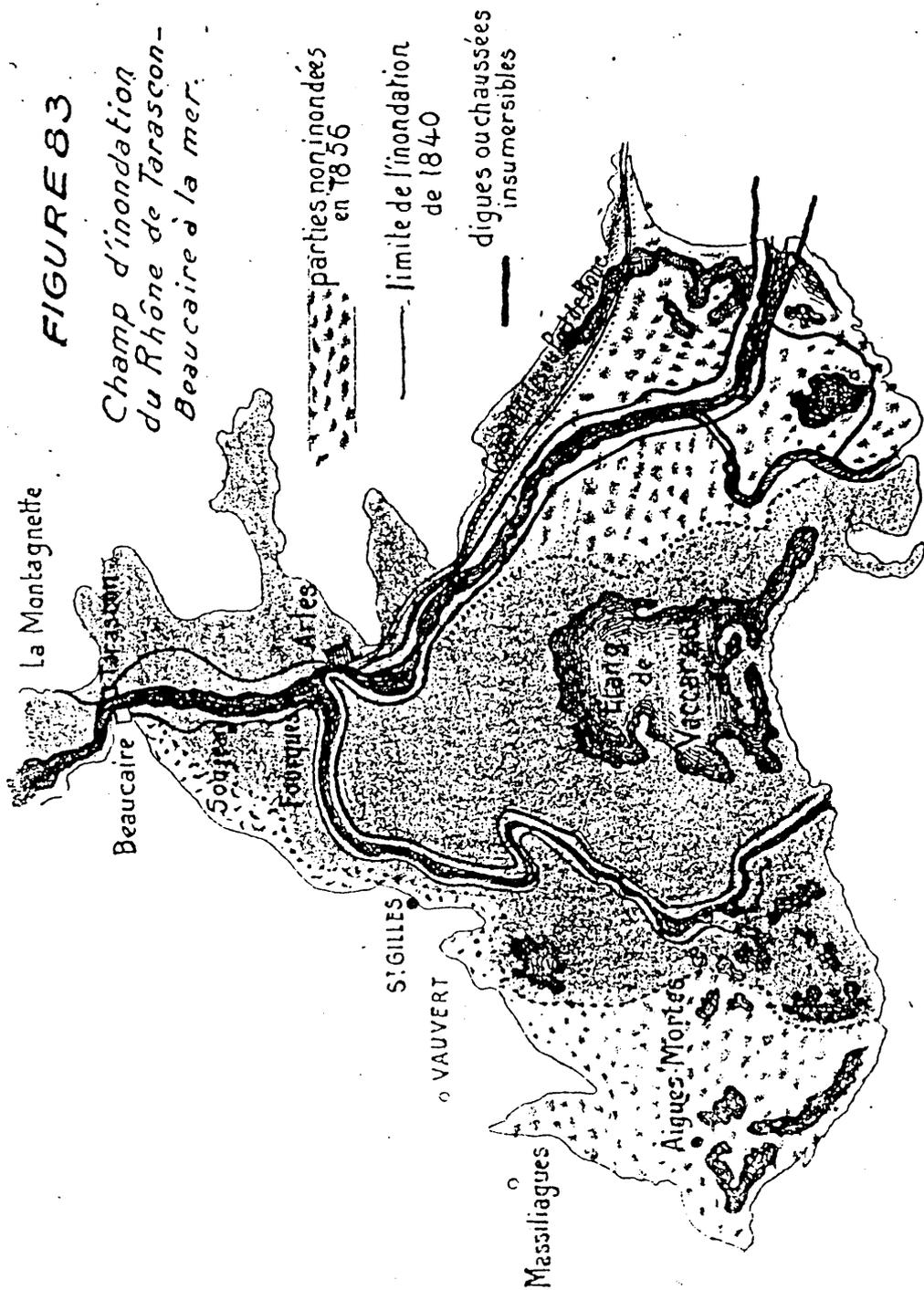
".....En quelques heures, tout a été perdu, et les plaines de Camargue, le Trébon et le Plan-de-bourg sont couvertes d'eau. La perte est immense. Plusieurs millions pour Arles seulement. Les chaussées de Camargue ont servi de refuge à une grande quantité de troupeaux que les malheureux fermiers de Camargue ne savent comment nourrir. "

Sur la rive gauche du Rhône, les eaux couvrent la Coustière de Crau jusqu'au marais de Fos. Le Plan-du-Bourg jusqu'à la mer est submergé. Seule la partie comprise entre le canal de Bouc et le Rhône est préservée au-dessous de Mas-Thibert

"Il fallait prendre un parti et sacrifier ou le Plan-de-Bourg ou les marais de Crau; on n'a pas hésité. De larges saignées faites sur le côté gauche ont laissé passer le trop plein et depuis Arles jusqu'au Mas-Thibert, la Coustière a tout reçu.() ... le grand Plan du Bourg , c'est-à-dire celui qui s'étend du Mas-Thibert à Leyseyllle a été sauvé. C'est là que s'étendent les beaux domaines de Saint-Arcier, Bois-Vieil, Parade, La Porcelette, le Radeau, Poisson-Leyselle. Ainsi, pour circonscrire l'inondation de ce côté, nous la prenons en Crau ,le long du canal de Bouc , depuis Arles jusqu'à Fos, sur une étendue de deux lieues environ de large et dix de long."

FIGURE 83

*Champ d'inondation
du Rhône de Tarascon-
Beaucaire à la mer.*



Référence : PARDE, 1925

1-2 L'attitude des autorités

Le Préfet du département des Bouches-du-Rhône, de Crèvecoeur, est arrivé à Arles dès huit heures du matin. Durant les inondations de 1840, le Préfet n'était arrivé que le 6 décembre, c'est-à-dire « trente-quatre jours à peu près depuis que le danger avait disparu », comme le souligne amèrement Louis Mège dans sa chronique).

Dès son arrivée le Préfet propose au représentant du maire, Rame, des subsides sur ses fonds personnels. Mais la ville n'aura pas à user de cette offre avec l'arrivée inopinée de l'Empereur qui sera le grand fait politique marquant de cette inondation et que nous développerons plus loin.

2 - Les inondations de 1993/1994

Après plus d'un siècle de protection par les digues exhausées au XIXème siècle, et malgré des alertes en 1935 et 1951, la Camargue se retrouve brutalement confrontée au retour des inondations auxquelles les habitants pensaient avoir échappé. Ces inondations spectaculaires ont attiré l'attention des médias, mais il est juste d'ajouter que la région du Rhône avait été souvent confrontée à des inondations depuis plus d'un siècle, par exemple en 1935 comme en 1951 Avignon et ses environs avaient été envahis par les eaux du fleuve.

En 1993 et 1994, deux inondations dites « centennales » ont touché la Camargue à quelques mois d'intervalles, ce qui est très rare.

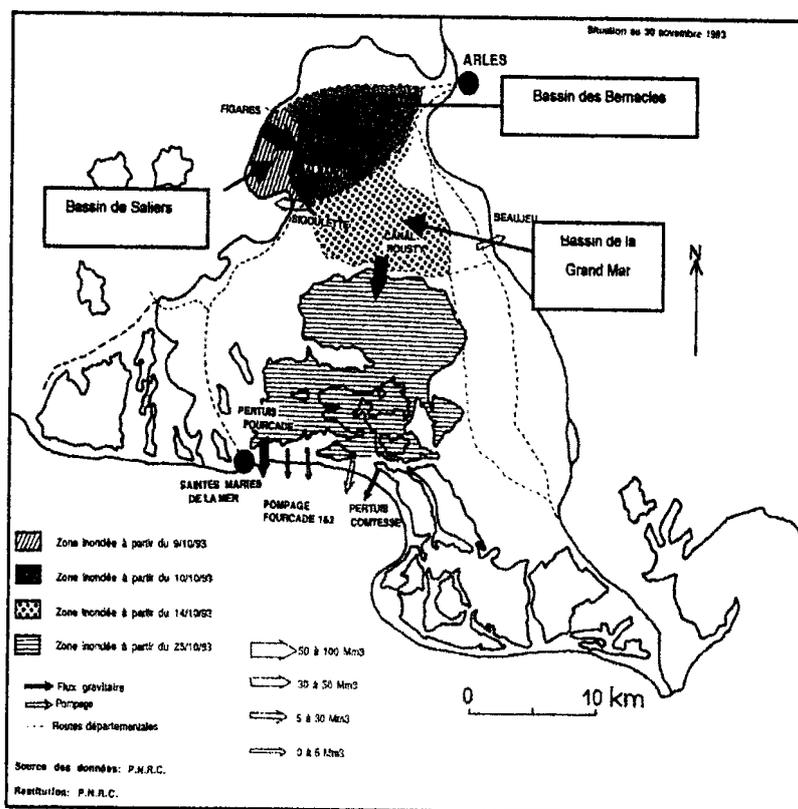
2-1 L'inondation d'octobre 1993

Quatorze brèches se sont formées dans les digues de Camargue lors de la crue d'octobre 1993 (cf : **Figure 5**) et sont à l'origine des inondations. A aucun moment l'eau n'a submergé les digues, c'est parfois un véritable arasement de ces dernières qui a provoqué ces arrivées massives d'eau.

Cinq brèches se sont localisées sur le Grand Rhône, dont deux en rive droite vers le Mas Neuf des Sansouires (8 à 10 mètres d'ouverture) et au niveau de Chamone et de Petit Peloux (environ 10 mètres), trois en rive gauche. Neuf brèches se sont ouvertes en rive gauche du Petit Rhône tandis qu'aucune n'est apparue en rive droite. Deux brèches se sont déclarées juste après Arles, en amont de St Gilles au niveau du Mas de Molin (5 à 6 mètres) et au niveau du Mas de Grille (environ 20 mètres), et sept en amont d'Albaron : Figarès (35 à 60 mètres), la Galante (15 à 17 mètres), Casebrune (environ 20 mètres), Lauricet (environ 35 mètres) et au Mas de la Vigne, trois brèches de 20, 15 et 3 mètres). La brèche de Figarès, la plus importante, s'est avérée être très difficilement colmatable, la digue et le ségonnal ayant été totalement emportés par les eaux.

Les eaux se sont alors répandues selon des axes privilégiés d'écoulement correspondant au micro-relief camarguais et aux principaux canaux. Environ 135 millions de m³ d'eau sont rentrés en Camargue, submergeant 13 000 hectares de terres et de marais par un mètre d'eau en moyenne (PNRC,1993). C'est donc près d'un quart voir un tiers des débits du Petit Rhône qui se s'est engouffré en Camargue. Ecoulées en grande partie par le canal de Rousty, émissaire principal de Camargue, les eaux se sont petit à petit dirigées vers l'étang de Vaccarès, inondant près de 11 000 hectares supplémentaires. L'étang de Vaccarès a ainsi servi de zone tampon à la crue, en recevant près de 90 millions de m³ d'eau. Son niveau, qui a d'ailleurs considérablement augmenté, a atteint la côte de 0,5 mètres NGF le 2 novembre 1993. Bien insuffisant pour écrêter la crue, d'autant qu'à terme son débordement se serait traduit par l'inondation d'éventuelles zones dans sa périphérie, et les vents du Sud-Est empêchant les écoulements, des pompages supplémentaires ont été nécessaires à l'évacuation des eaux excédentaires. Le pertuis de la Fourcade, le seul réellement fonctionnel, ne permettait alors pas l'évacuation des excédents vers la mer. En effet, de fonctionnement gravitaire, il nécessitait un niveau marin relativement bas (inférieur à celui des étangs), alors particulièrement élevé au moment de la crue. Des pompes, d'une capacité totale de 50 000 m³/h ont donc été installées pour évacuer les eaux directement par le Rhône mais également vers la mer. Près d'un mois aura été nécessaire pour que les bassins de Salières et des Bernacles, dont le niveau atteignait 2 m NGF au début des inondations, diminuent de moitié. Celui de la Grand Mar, inondé progressivement, a quant-à lui atteint sa côte maximale de 1 m 34 NGF plus tardivement (20/10). Au total, il aura fallu pomper près de deux mois pour rendre à la Camargue son visage habituel (**cf Figure 5 : carte des flux**).

Figure 5 : Flux et zones inondées. Octobre 1993

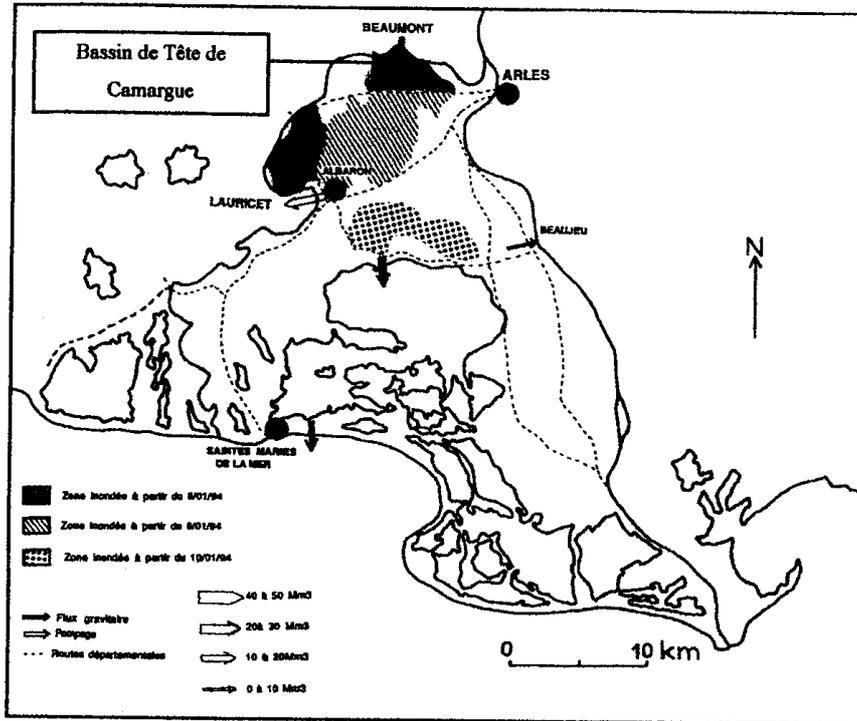


Source : d'après PNRC, 1993

2-2 L'inondation de janvier 1994

Tout juste deux mois après, le 8 janvier 1994, une crue provoque de nouveau la rupture des digues de Camargue. Deux brèches seulement se produisent, celle de Beaumont, à proximité de l'autoroute A 54 et celle de Lauricet. Très importantes (respectivement 80 mètres et 30 mètres de long), elles ont encore une fois permis l'entrée d'une vingtaine de millions de m³ d'eau en submergeant près de 7 000 hectares de terres et de marais.

Figure 6 : Flux et zones inondées en janvier 94



Source : d'après PNRG, 1994

Le coût global des pertes pour ces deux inondations, déclarées catastrophes naturelles, a été évalué à plus de 30 millions d'euros (200 millions de francs). Si les inondations ont permis d'identifier le cheminement des flux, elles ont également fait apparaître la très forte influence du niveau marin au terme de l'évacuation des eaux de crue. Lors des inondations de 1993 et de 1994 les niveaux marins alors élevés, respectivement de 0,62 et 0,60 mètres NGF, ont été dans une certaine mesure à l'origine de la durée des inondations en empêchant l'évacuation vers la mer des eaux ayant pénétré en Camargue. Les vents de secteur Sud/ Sud-Est ont également largement contribué à ce phénomène.

D'une façon générale, les inondations n'ont fait que traduire la caractéristique principale de la Camargue, qui, artificialisée et poldérisée, ne permet que très difficilement l'évacuation naturelle des eaux excédentaires introduites. Il est clair qu'en l'absence de pompages supplémentaires, la Camargue aurait connu des inondations bien plus importantes.

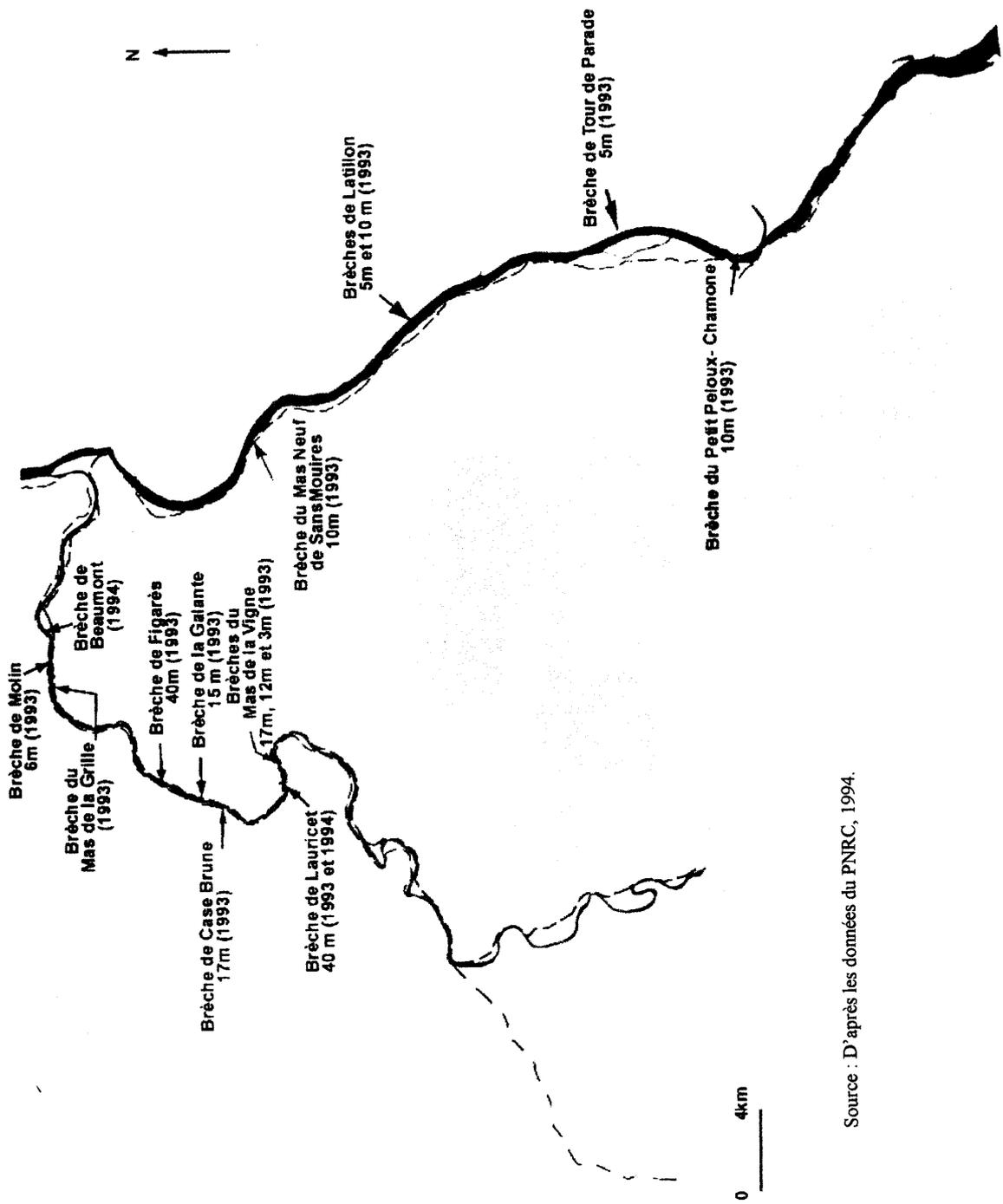
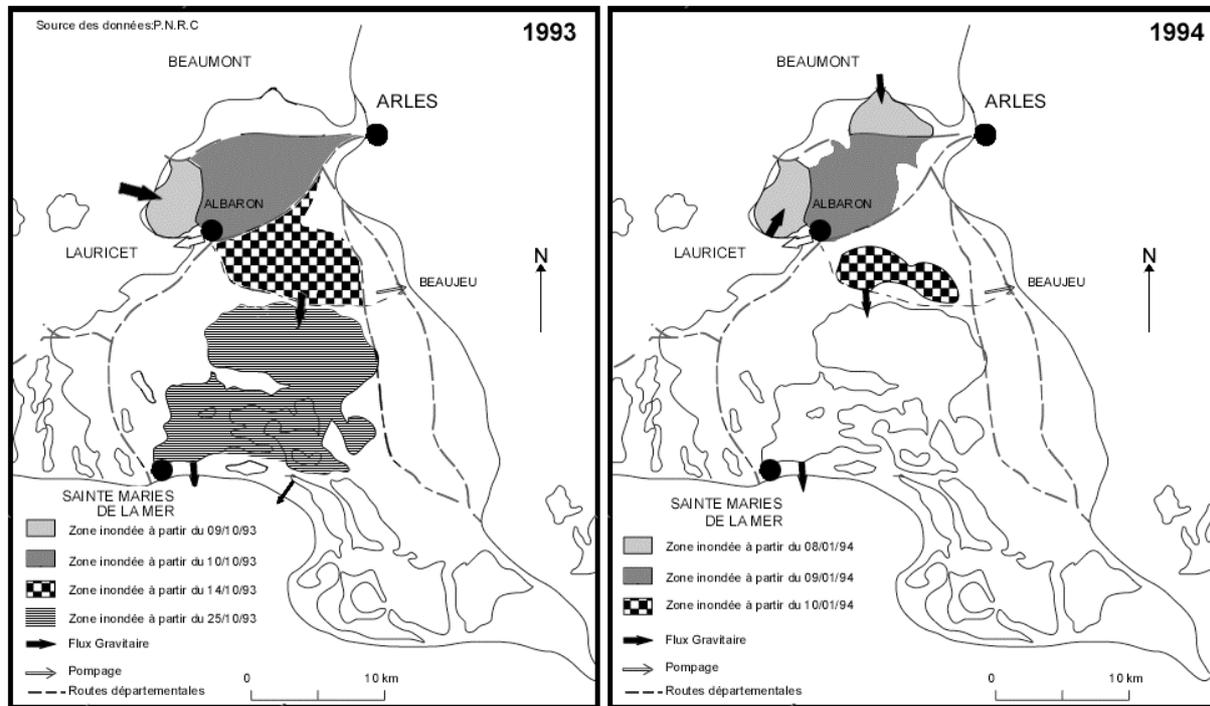


Figure 7 : Brèches survenues en 1993 et 1994
 Source : d'après les données du PNRC, 1994

Figure 8 : Zones inondées lors des crues de 1993 et 1994



Carte Claeys-Mekdade (2000), Source PNRC.

3 - L'analyse des événements à travers la presse de 1856 et de 1993-94

La relation des événements dans la presse met en évidence la mise en place d'une sorte de protocole de la gestion de la crise par le pouvoir politique lors des grandes inondations de 1856. Ce protocole a subi peu de changements, il est désormais attendu par le public en cas de catastrophe exceptionnelle et ne pas le suivre risque de provoquer des réactions de la part des médias et surtout de l'opinion publique.

L'analyse de la presse a été faite à partir d'un corpus d'articles relatant les inondations de 1856 et de 1993-94.

3.1 - Méthodologie

3.1.1 - Choix des journaux : critères et taille

En 1851, à la suite au coup d'Etat de Louis-Napoléon Bonaparte, beaucoup de journaux, surtout à tendance républicaine et légitimiste, ont disparu. Ils restaient malgré tout de nombreux périodiques, mais la plupart n'étaient pas des quotidiens.

La ville de Marseille comptait cependant quatre quotidiens : la Gazette du Midi, légitimiste, le Sémaphore, qui est "une feuille locale très remarquable, un journal de haute tenue, plus libéral qu'attaché aux Orléans" (C.Bellanger et al, 1969), c'est le journal des négociants marseillais, sérieux et bien informé, le Courrier de Marseille, impérialiste, et le Nouvelliste d'appartenance indécise.

Malheureusement dans les Archives municipales de Marseille et les Archives départementales des Bouches-du-Rhône, seuls le Sémaphore et la Gazette du Midi sont conservés. Nous avons donc étudié ces 2 journaux pendant la période de l'inondation. Cela fait une trentaine d'articles qui vont de Juin à Août 1856. Il faut rappeler qu'à cette époque le télégraphe était déjà installé en France depuis une dizaine d'années et que l'agence Havas centralisait et revendait toutes les nouvelles qu'elle collectait grâce à ces correspondants et au

télégraphe. Le Ministre de l'Intérieur contrôlait la presse et la censure était tatillonne, mais si elle ne tolérait pas l'apologie de la République ou la critique de l'Empire, elle laissait les journalistes libres d'écrire leurs articles dans le cadre des lois de censure.

Pour l'époque 1993/1994, nous avons regroupé 300 articles de journaux qui vont de 1993 à 1999. Nous les avons triés en 3 catégories : locaux (journaux de la ville d'Arles), régionaux (le Provençal, la Marseillaise, puis la Provence) et nationaux (le Monde, le Figaro, Libération). Nous les avons ensuite classés en fonction de leur date de parution.

3-1-2 Méthodes informatiques de traitement des données

Nous avons choisi de saisir les articles de journaux de 1856 par le système de reconnaissance vocale : Dragon Naturally Speaking. En effet, il était impossible de scanner les textes en raison de leur mauvais état. Les articles des journaux récents ont pu être scannés.

Les textes, recopiés in extenso, ont été traités avec le logiciel Hyperbase.

Les deux corpus de textes sont très différents, en nombre et en longueur, il n'était donc pas question de faire des comparaisons chiffrées mais plutôt de comparer les grandes tendances qui caractérisent chacune des périodes. Les analyses statistiques complexes, comme les AFC, que nous avons réalisés n'ont pas été reproduites dans ce rapport pour ne pas l'alourdir inutilement, elles sous-tendent cependant le travail d'analyse qui suit.

3.2 – De la punition divine à la « catastrophe naturelle »

Le changement de vocabulaire nous donne une indication historique intéressante sur le regard porté par les journalistes sur les victimes des inondations.

TERMES	Fréquence en 1856	Fréquence en 1993/94
Désastre(s)	32	0
Sinistre	17	2
Fléau	11	0

Calamité	8	0
Catastrophe	2	22
Inondation	82	65

Le vocabulaire utilisé en 1856 est plus chargé d'émotion, les mots de désastre et de sinistres sont fréquemment employés, le mot fléau qui désignait autrefois un châtiment divin est également employé, il ne fait plus partie du vocabulaire du XXème siècle. Pour être exact il faut souligner qu'il existait depuis très longtemps un usage laïcisé du mot, basé cependant sur le sens originel de fléau divin. Au XXème siècle le mot catastrophe, plus neutre et plus technique, est utilisé par les journalistes. Il n'a pas la connotation religieuse du mot fléau.

Termes utilisés pour décrire les habitants victimes des inondations

TERMES	Fréquence en 1856	Fréquence en 1993/94
Victimes	23	4
Malheureux	22	0
Inondés	28	7
Habitants	40	25
Sinistrés	0	22

De même le vocabulaire utilisé pour désigner les victimes est très différent, sauf en ce qui concerne le mot habitant qui est fréquemment utilisé. Le XIXème siècle, là encore, préfère des termes plus chargés d'émotion et de jugement de valeur : victimes, malheureux. Les journalistes du XIXème siècle s'apitoient sur le sort des inondés, les habitants inondés sont des « victimes », ce terme est d'autant plus utilisé qu'il a gardé une connotation religieuse forte, ils sont également « malheureux ». Alors qu'au XXème siècle les habitants sont « sinistrés ». Le mot victime est réservé aux blessés et aux morts. Les journalistes du XXème siècle emploient fréquemment le terme « sinistrés », victimes d'un sinistre, mais ils n'emploient pas le terme « sinistre ». Inversement, les journalistes du XIXème emploient le terme sinistre mais pas celui de sinistrés. Pour le XXème siècle, on peut y voir l'influence de

la terminologie utilisée par les assurances, les « victimes » sont devenues des « assurés victimes d'un sinistre » qui seront plus ou moins bien indemnisés. En les appelants sinistrés on les désigne comme futurs bénéficiaires d'indemnités.

Termes utilisés pour décrire l'aspect humain de la catastrophe

TERMES	Fréquence en 1856	Fréquence en 1993/94
Colère	0	19
Malheur(s)	12	1
Désespérés(ance)	3	1
Cruellement	3	0
Peur	0	2
Pénible	2	0
Douleur	2	0
Abattu	2	0
Choc	2	0
Triste	1	1
Emotion	1	0
Déplorable	1	0
Sombrier	0	1

Les journalistes du XIXème siècle décrivent surtout le malheur des inondés, alors qu'en 1993/94, les journalistes parlent de la colère des sinistrés. Les habitants de 1856 subissent, ceux de 1993 réagissent par la colère et mettent en cause la gestion du risque d'inondation. Rappelons, cependant, que la presse du Second Empire est muselée par la censure. La colère des citoyens ne peut pas s'exprimer librement, les journalistes ne veulent pas tomber sous le couperet de la censure, en outre, ils ne souhaitent pas déplaire aux autorités publiques locales qui représentent l'Etat. A la censure, s'ajoute donc l'autocensure. L'imprégnation religieuse de la société demeure forte comme on le verra plus loin et la compassion vis-à-vis des victimes, la charité font partie de l'éducation de la plupart des Français par l'intermédiaire de l'école et du catéchisme. Les autres religions, très minoritaires ont un discours proche.

La vision du risque au XIXème et au XXème siècle

Cette recherche a été menée dans le but de mesurer le changement de vocabulaire dans la description d'une inondation catastrophique par rapport aux grandes inondations du XVIIIème siècle. En 1755, les explications religieuses prédominaient. En 1791, une querelle oppose le maire d'Arles, Antonelle, révolutionnaire anticlérical, à l'Eglise qui interprète l'inondation comme une punition divine qui frappe les mécréants. Elle organise à Arles une procession derrière le Saint-Sacrement qui attire une grande partie des citoyens, y compris les partisans d'Antonelle. La querelle est répercutée dans la presse nationale car l'évêque d'Avignon, qui n'est pas encore rattachée à la France, s'en mêle. Dans cette querelle deux visions du monde s'opposent : d'un, côté un monde soumis à la volonté d'un Dieu omniprésent qui intervient dans les affaires humaines pour récompenser ou punir les fautes individuelles et collectives (Allard, 1997). Le fléau est l'arme utilisée par Dieu qui veut punir les hommes en les frappant avec des catastrophes naturelles. A cette explication théologique du monde s'oppose l'explication rationnelle de ceux qui croient que Dieu a créé l'univers sensible en utilisant des lois intangibles que l'on peut connaître grâce à la raison rationnelle. La querelle existait déjà au Moyen Age (Berlioz, 1999) mais elle s'est concrétisée au XVIIème siècle avec l'approche scientifique de Galilée, Descartes, Newton. Au XVIIIème siècle, la querelle oppose les Jésuites partisans d'une explication théologique du monde et les Jansénistes, soutenus par les Oratoriens qui penchent plutôt pour une explication rationnelle. Les philosophes des Lumières ont très largement contribué diffusé à cette diffusion d'un modèle scientifique rationnel d'explication de la nature. Il est intéressant de constater la diffusion de ce « désenchantement du monde », selon l'expression de Max Weber. Les inondations régulières de la région du Bas Rhône constituent un excellent test pour suivre cette évolution.

Elle permet de rappeler que la lutte contre les phénomènes naturels passe par l'interprétation qu'une société en donne et que les changements de mentalité se diffusent de manière différente selon les milieux sociaux, le niveau d'instruction, les préférences politiques des individus. En 1856, il semble que la mutation des esprits soit en voie d'achèvement. Il reste quelques traces des explications religieuses dans le vocabulaire des journalistes et des hommes politiques, mais l'interprétation rationnelle a pris le pas, laissant place à une politique de l'Etat plus interventionniste qu'auparavant.

Dans la presse de 1856

Terme	fréquence
Fléau	11
Dieu	8
Calamité	8
Offrande	3
Eglise	3
Délivrance	1
Béniront	1
Cataclysme	1
Prier	1
Religieux	1
Religion	0

Les termes à connotation religieuse sont encore fréquemment employés, on retrouve ce même usage à la Chambre des députés de l'époque lorsque la loi sur la protection des villes arrivera en discussion en 1857. Le mot fléau, en particulier. Cela n'a rien d'étonnant dans une France où la religion catholique demeure une religion d'Etat et dans laquelle l'instruction religieuse est dispensée dans toutes les écoles. Cependant, l'utilisation des mots ne signifie pas que l'explication religieuse demeure présente dans les esprits. Le vocabulaire religieux est beaucoup plus un moyen de dramatiser la catastrophe que de lui donner un sens religieux. On ne trouve pas de texte de journalistes contestant l'analyse rationnelle de la catastrophe.

Comparaison entre les deux époques

TERMES	Fréquence en 1856	Fréquence en 1993/94
Risque(s)	1	33
Sécurité	1	16
Protection	0	22
Maîtriser	3	0
Scientifique	0	5
Danger	6	8
Ingénieur	20	4

Le mot ingénieur est employé vingt fois, soit deux fois et demie plus que le mot Dieu. Mais les autres termes tel que science (1 fois), sécurité (1), scientifique (0), rationnel (0), protection (0), maîtrise (0) sont peu ou pas du tout employés.

L'analyse du vocabulaire qui accompagne le mot ingénieur utilisé par les journalistes du Second Empire se révèle très intéressante. L'ingénieur est celui qui agit concrètement sur le terrain et applique la science. On peut voir, grâce à hyperbase, que les mots qui sont proches de son environnement sont : dirigé, exploitation, entrepris, contrôle, ponts, travaux, résister, chaussées. Ce sont les ingénieurs qui dirigent les travaux de réparation et de protection des chaussées. Ce sont les « agents de la rationalité » envoyés par l'Etat, ils ont pour mission de prévenir les catastrophes et pour cela ils sont chargés de construire des protections adéquates. Les meilleurs ingénieurs des Ponts et Chaussées viennent en Camargue, tout au long de la deuxième moitié du XXème siècle. Et ce sont « leurs analyses qui guident les politiques » pour entreprendre des travaux d'aménagement. (Allard,).

Au XXème siècle, le mot risque est entré dans le vocabulaire. Les journalistes l'emploient fréquemment comme quelque chose d'identifiable et de mesurable. Désormais la catastrophe est identifiée et le risque mesure la probabilité de survenue de l'aléa scientifiquement connu. Pour mémoire le XIXème siècle parle de désastre et de fléau : la vision de la catastrophe s'inscrit encore dans la fatalité avec une connotation religieuse mais surtout le constat des dégâts causés, ce que souligne l'emploi du mot désastre qui dans son usage le plus commun désigne le résultat d'une catastrophe. En 1993/94, le mot catastrophe

est préféré, on désigne plus volontiers le phénomène naturel qui est à l'origine des dégâts. En corollaire, en 1993/94, la protection et la sécurité sont demandés systématiquement, puisque le risque est censé être connu scientifiquement on peut s'en protéger.

Le terme environnement apparaît 12 fois en 93, mais sur les 12 il est 11 fois associé au ministre ou au ministère de l'Environnement. Le mot n'existe pas en 1856 il ne peut donc pas apparaître dans le corpus. Le mot environnement n'apparaît en France qu'à la fin des années 1960. Par contre le terme nature apparaît 13 fois en 1856 et 5 fois en 1993/94. En 1856, le mot ne désigne pas la même chose qu'en 1993. La nature dont il est question ne renvoie pas à l'écologie et à la protection des milieux. En 1993/94 ce terme apparaît 5 fois mais l'acception écologique au sens de protection n'apparaît que 2 fois, les mots écologique et écologie apparaissent respectivement 5 et 1 fois.

Autre terme qui ne désigne pas la même chose à 140 ans de distance est le terme de « protection » qui apparaît 22 fois mais ne désigne jamais la protection de la nature.

Les animaux ne sont pas décrits comme des victimes mais comme des coupables, il s'agit des ragondins, une seule fois sur 9 les journalistes parlent d'eux comme étant affolés et s'inquiètent de leur sort.

En 1856, le terme est employé 6 fois, 3 fois pour désigner des cadavres d'animaux et 3 fois pour signaler que des animaux qui se sont réfugiés sur les hauteurs non inondées, comme les humains. Au XIXème les animaux qui sont cités font partie du capital des exploitations et la perte d'un animal correspond à une perte de richesse pour l'exploitant agricole.

3.3 - Visite de Napoléon III, Balladur et Lepage

Nous allons étudier dans cette partie comment les hommes politiques sont perçus et comment a été décrit leur voyage au XIXème et au XXème siècles. En effet depuis la visite de Napoléon III dans la vallée du Rhône, la catastrophe est devenue un événement médiatique suivi au jour le jour grâce à l'information transmise en temps réel comme aujourd'hui ou en léger décalage comme au XIXème siècle grâce au télégraphe.

Termes désignant le personnel politique

TERME	Fréquence en 1856	Fréquence en 1993/94
Empereur	49	0
Maire	18	36
Préfet	39	28
Etat	2	59
Ministre	14	36
Sénateur	7	9

Au XIX^{ème} siècle les préfets jouent un rôle important, ils sont placés au sommet de l'édifice administratif des régions, ce sont des « empereurs au petit pied » (Garrigues, 2000). « Ils représentent l'autorité de l'Etat et l'imposent au milieu local » (Allard, 1998). Ce sont eux qui gèrent les travaux publics, l'approvisionnement. C'est pour cette raison que le terme de préfet est le plus employé.

A l'inverse, au XX^{ème} siècle, c'est l'Etat qui est le plus souvent mentionné car c'est lui qui accorde les aides. Et les ministres évoqués sont le Premier Ministre, le Ministre de l'environnement et le Ministre de l'aménagement.

Fréquence des citations

TERME	Fréquence en 1856	Fréquence en 1993/94
Napoléon III (Empereur...)	75	
Balladur (Premier Ministre...)		17

On constate que le voyage de l'Empereur a été plus souligné que celui d'Edouard Balladur, alors que le corpus de textes est moins important en 1856 qu'en 1993-94. Rappelons que la presse de 1856 est soumise à la censure et qu'elle cherche à s'assurer les bonnes grâces du pouvoir. Il existe cependant une autre raison à cet engouement de la presse pour la venue de Napoléon III. IL s'agit en effet du premier voyage effectué sur les lieux d'une catastrophe par la plus haute autorité de l'Etat.

Nous avons étudié l'environnement thématique du mot Empereur. Nous avons choisi ce terme et pas Napoléon, S.M ou majesté car c'est le seul qui avait une fréquence suffisante pour pouvoir effectuer cette étude.

Le terme Empereur est associé à gare, visiter, arrivait, arrivée, route, fer (pour chemin de fer), pied. Le voyage de l'Empereur est bien décrit par les journalistes.

Ce mot est également associé à attendu, recevoir, donné, populations, disposition, malheurs, francs, l'Empereur fait le voyage pour aider les habitants inondés et ceux-ci l'attendent et obtiennent des aides.

Ce terme est aussi associé à général, ministre, revue, cortège, accompagné, généraux, préfet, sénateur, maréchal, gouvernement. Autour de Napoléon III on trouve l'appareil de l'Etat et tout son appareil.

En cela, l'Empereur inaugure le « voyage compassionnel », le plus haut personnage de l'Etat alerté en temps réel par le télégraphe Morse installé depuis quelques années en France, régit en prenant le train sur la ligne de chemin de fer, Paris-Lyon-Méditerranée qui vient juste d'être inaugurée.

Acte mémorable : la venue de l'Empereur

Il convient de regarder de plus près la nouveauté que constitue ce voyage de l'Empereur sur le lieu d'une catastrophe naturelle. Cette nouveauté est particulièrement évidente si on compare l'attitude des autorités décrites par les journaux en 1840 et en 1856.

En 1840, après une accalmie de près de 30 ans, le fleuve envahissait à nouveau le territoire arlésien et provoquait de très importants dégâts. Il devait à nouveau envahir le territoire en 1841 et 1843, puis de nouveau en 1856. Cette dernière inondation fut la dernière

du XIX^{ème} siècle, les grands travaux entrepris à la suite de cette catastrophe permit au territoire arlésien d'être protégé jusqu'en 1993.

La crue de novembre 1840 a donc un caractère exceptionnel par son ampleur et par l'effet de surprise produit après la phase d'accalmie qui l'avait précédée. La catastrophe est racontée au jour le jour par l'Album arlésien, journal local. La catastrophe est contée par le menu, les détails abondent. Ainsi est-il fait mention de chevaux de Camargue affolés se présentant à la porte de la Cavalerie au nord de la ville et franchissant les batardeaux pour aller se réfugier dans l'amphithéâtre. Une allège, bateau du port d'Arles, est amarrée à la cheminée d'une maison qui dépasse des flots en Crau. Des actes d'héroïsme sont rapportés. Les secours sont minutieusement décrits.

Cependant, très vite, il ressort que les Arlésiens en sont réduits à leurs propres moyens et que l'Etat n'exerce qu'une lointaine tutelle pour de telles catastrophes, le journaliste n'est même pas sûr que le gouvernement soit au courant :

« Nous ne doutons pas que le gouvernement déjà informé sans doute de la catastrophe qui désole nos contrées, ne s'empresse de venir au secours des malheureux ruinés par elle. »

Pourtant le journaliste attend de l'Etat qu'il donne des signes de l'intérêt qu'il porte aux sinistrés :

« Nous serons heureux d'un témoignage de haute sollicitude que nous invoquons, non seulement pour la ville d'Arles en particulier, mais pour toutes les populations riveraines qui ont notablement souffert du fléau ».

A défaut du gouvernement qui ne peut pas réagir en temps réel faute d'informations suffisantes -le télégraphe Chappe ne véhiculait pas beaucoup de détails⁹- et de moyens de transport rapide, le journal aurait souhaité que le préfet qui représente l'Etat vienne sur place. Or celui-ci ne se déplace sur les lieux que 34 jours plus tard, ce qui entraîne des propos ironiques du commentateur : "Mieux vaut tard que jamais". Les secours sont décrits, la compassion de l'Etat est souhaitée, très vite également le temps de la réflexion sur le système de protection arrive, le journal remet en cause le système qui n'a pas su prévenir la catastrophe, il demande la réunion de toutes les associations de défense en une seule. L'aide de l'Etat est demandée, car les associations ont été organisées dans le cadre de la loi de 1813 et seul l'Etat peut intervenir.

⁹ Le réseau s'étendait sur 5000 km en 1844 et comportait 534 stations. Il fallait 20 minutes pour qu'une information élémentaire parcoure la distance Toulon-Paris... par beau temps.

Il ressort de l'analyse de la description de la catastrophe par un journal local en 1840 que les secours sont organisés localement, l'Etat n'intervient qu'après l'événement pour apporter un soutien financier à la reconstruction, cette action réparatrice ne paraît cependant pas suffisante et il est demandé à l'Etat d'agir pour améliorer la protection. Il s'agit bien d'une France des notables dans laquelle l'Etat demeure éloigné des décisions locales et doit composer largement avec les acteurs locaux¹⁰.

Par rapport à ce schéma de déroulement de la catastrophe tel qu'il est décrit par le journal en 1840, la catastrophe de mai 1856 donne lieu à la mise en place d'un nouveau schéma. Les inondations de 1856 sont une catastrophe nationale. La Loire et le Rhône sont en crue au printemps et provoquent des inondations d'une ampleur sans équivalent de mémoire humaine (encore à l'heure actuelle les crues de 1856 servent de référence pour la Loire et le Rhône).

Les journaux commencent par décrire l'événement heure par heure, mais la mise en place du télégraphe électrique permet à l'agence Havas de centraliser l'information et de la diffuser sous forme de dépêches. L'événement est suivi en direct par les lecteurs des journaux locaux et parisiens. D'autre part la ligne de chemin de fer reliant Paris à la Méditerranée vient d'être achevée mettant le midi de la France à quelques heures de Paris.

Mais cet environnement technique nouveau demandait une volonté politique pour être mis en œuvre. Il revint à Napoléon III de le faire et d'inaugurer une nouvelle manière de traiter médiatiquement les grandes catastrophes. Le journal arlésien local et les journaux départementaux (Le Sémaphore et la Gazette du Midi) en rendent compte.

Dès l'annonce de l'ampleur de la catastrophe, l'Empereur décide de venir sur place exprimer sa compassion aux victimes et dispenser les premiers secours. Il inaugure ainsi le voyage « compassionnel ». Mais déjà, sur place, l'Etat mobilise tous les moyens disponibles, préfet, ingénieurs des ponts et chaussées travaillent avec les autorités communales pour organiser les secours. La venue de l'Empereur stimule toute l'administration locale. En faisant ce voyage, l'Empereur soigne sa popularité comme il l'a déjà fait par ses voyages en province, en 1852 par exemple, et les élections de 1857 approchent¹¹. Mais ce voyage ne peut être réduit à un simple acte de politique électorale et de publicité personnelle. Napoléon III

¹⁰ TUDESQ André-Jean, (1964), "Les grands notables en France (1840-1849), étude historique d'une psychologie sociale", Paris, P.U.F.2 vol.

¹¹ MEJEAN Annie, (1996), "Utilisation politique d'une catastrophe : le voyage de Napoléon III en Provence durant la grande crue de 1856", *Revue Historique*, n°597, Janv-Mars.

inaugure avec ce déplacement dans la vallée du Rhône un comportement que les hommes politiques qui lui succéderont reprendront. A l'isolement des victimes de 1840, largement abandonnées à elles-mêmes par les autorités centrales, du fait de l'éloignement, succède la mise en place d'une intervention des services de l'Etat qui s'affirme comme porteur de la solidarité nationale, représentée par le premier des Français qui distribue des secours matériels et financiers en circulant en barque parmi les victimes à Avignon par exemple : des textes, des poèmes, des gravures et plus tard des tableaux fixent ces instants mémorables.

« Alors tout s'émeut, tous s'inquiètent, on mesure la grandeur du péril sur la grandeur de l'acte. L'effroi succède à la placidité (..) On trouve [dans les circonstances de l'excursion] les épisodes les plus touchants; le courage et la grandeur d'âme, le dévouement et la générosité de Napoléon III y brillent du plus vif éclat. La France entière, sans distinction de parti, fut unanime dans l'admiration de ce grand acte populaire émané de la puissance souveraine. »

C'est le 1er juin, au moment des préparatifs des fêtes du baptême impérial que parvient à Paris, aux Tuileries, par le "télégraphe électrique", la nouvelle des inondations.

Napoléon III décide de se rendre sur les lieux, accompagné par le ministre de l'Agriculture, du Commerce et des Travaux Publics, Rouher.

« Avec cette promptitude de pensée qui distingue tous ses actes, (il) résolut de partir sur le champ pour aller,(.....) porter secours et consolation au malheureux (...) et en même temps examiner par lui-même les effets des débordements des eaux, afin de pouvoir apprécier en toute connaissance de cause, les mesures les plus propres pour empêcher le retour de semblables cataclysmes, si souvent renouvelés. » (Champion OP; CIT; Tome II p., 183)

Le 2 juin, il est à Lyon où il visite les parties de la ville les plus atteintes, acclamé par la foule.

Le 3 juin, il continue sa route, « véritable pèlerinage de charité », par le chemin de fer, le long du Rhône. Dans les localités traversées de la Drôme et de l'Isère, il remet des sommes

d'argent pour les inondés. Partout, « Les populations, avec leurs autorités en tête, se portent sur son passage. »

Il s'arrête à Valence, puis à Avignon qu'il parcourt en barque sous les acclamations de la foule.

Vêtu de son uniforme de Chef des Armées, il passe chaque fois qu'il le peut, en revue les troupes des régiments qui viennent de rentrer de Crimée. Sur proposition de son aide de camp, il distribue quelques médailles... Non seulement aux militaires mais aussi aux civils qui ont fait preuve de dévouement exceptionnel.

L'Empereur poursuit sa route et comme il ne vient dans le Midi que pour visiter le théâtre des inondations du Rhône, c'est Arles et la Camargue qui seront le terme de son voyage, et c'est en vain que les Marseillais l'attendent.

Entre Avignon et Tarascon, le chemin de fer est coupé sur plusieurs points, à hauteur de la digue de la Montagnette. Le convoi impérial monte dans des barques. Il met plus d'une heure pour atteindre la ville et c'est en barque que Napoléon III visite Tarascon où les habitants, réfugiés dans les étages supérieurs de leurs maisons, font descendre des paniers pour profiter des secours.

Puis, l'Empereur reprend le chemin de fer pour Arles où il arrive donc le 3 juin, vers sept heures du soir.

Comme l'avenue de la Gare est submergée, le wagon impérial s'arrête aux Ateliers de réparation des chemins de fer dont la construction vient de s'achever. Rame, premier adjoint qui fait fonction de maire en l'absence du baron de Chartrouse, à Paris, reçoit l'Empereur.

Comme partout, des préparatifs ont été faits pour cette occasion. Dès le matin une proclamation a été affichée sur les murs de la ville :

« Habitants d'Arles!

La Providence ne nous abandonne point dans nos misères : elle nous envoie l'Empereur. Aujourd'hui même il sera dans nos murs. Il vient s'assurer par lui-même de l'étendue de nos désastres et soulager nos souffrances, autant qu'il est donné à l'homme d'adoucir les rigueurs du ciel.

Espérance donc et courage : voici la Fortune de la France ! Vive l'Empereur! »

Après avoir passé la garnison en revue et distribué, comme ailleurs, quelques médailles, sur propositions de son aide de camp, le maréchal de Rostolan, aux militaires qui se sont signalés par leur courage, l'empereur se fait conduire à la tour des Arènes d'où il peut voir l'étendue des inondations.

De cet observatoire, seuls Montmajour et le Mont de Cordes émergent d'un immense lac :

« Du haut de la Tour de Arènes, aussi loin que la vue peut s'étendre, elle ne s'arrête que sur un spectacle de ruine de désolation. La moitié de la Crau, la Camargue presque entière offrent l'aspect d'une mer... » écrit LA GAZETTE DU MIDI, le 5 juin;

Dans la soirée, l'Empereur s'entretient avec toutes les personnes susceptibles de l'éclairer : Rame, représentant la municipalité, de Jonquières, président du syndicat général des chaussées de Camargue et Bernard, l'ingénieur des Ponts et Chaussées qui a été chargé de défendre le projet de dessèchement et d'assainissement de la Camargue.

On insistera dans la presse, les jours suivants, sur l'attention de l'Empereur et les espoirs qu'a suscités sa visite :

« En visitant la Camargue, il accueillit avec beaucoup d'empressement le projet de dessécher et d'assainir cette riche contrée, à laquelle nuit beaucoup le mauvais aménagement des eaux, mais qui deviendra la plus riche et la plus féconde de France, dès que le sol aura été traité dans les conditions indiquées par l'économie agricole. Sa Majesté voulut bien reconnaître l'urgence de tels travaux et donna immédiatement des ordres pour en rendre l'exécution possible dans un bref délai. C'est ainsi que se trouvera probablement réalisée une des entreprises les plus utiles dont la discussion avait seulement préoccupé les gouvernements antérieurs à celui de Napoléon III »
(Charles Robin. OP. CIT. p. II6).

L'Empereur fait remettre 20.000 francs pour les nécessiteux et 200.000 francs pour les inondés.

Le lendemain matin, selon Mège, "Napoléon a daigné de nouveau s'entretenir avec plusieurs personnes sur les besoins et les intérêts de notre population et notamment avec le président du tribunal de Commerce, M. Bizalion qui a appelé toute la sollicitude de S. M. sur la marine d'Arles, nos quais, notre port et tout ce qui est relatif au commerce et à la navigation en général. S. M. a promis de faire étudier et examiner ces importantes questions le plus promptement possible." (Mège, OP. CIT. p. 121)

Avant son départ, L'Empereur décore de la croix de la légion d'Honneur le sieur Lyonnais, gendarme de la ville, déjà décoré de quatre médailles de sauvetage et de la médaille militaire. Dès huit heures, il repart pour Lyon par Avignon, Montélimar et Valence où il passe, à nouveau, les troupe en revue et se fait acclamer par une foule enthousiaste. Puis il rentre à Paris le soir même:

La presse, relayée par une littérature de circonstance va relater cet événement exceptionnel. Le voyage éclair de Napoléon III apparaît comme un fait central qui permet à tous de prendre conscience de la dimension de la catastrophe :

« Alors tout s'émeut, tous s'inquiètent, on mesure la grandeur du péril sur la grandeur de l'acte. L'effroi succède à la placidité (..) On trouve [dans les circonstances de l'excursion] les épisodes les plus touchants; le courage et la grandeur d'âme, le dévouement et la générosité de Napoléon III y brillent du plus vif éclat. La France entière, sans distinction de parti, fut unanime dans l'admiration de ce grand acte populaire émané de la puissance souveraine. »

A Arles, le jour même du départ de Napoléon III, le Conseil municipal vote une adresse à l'Empereur pour marquer sa reconnaissance dont le ton dithyrambique est à mettre au compte de l'enthousiasme du moment :

« ...Dans votre existence politique, marquée pourtant de prodiges, un fait imprévu est venu ajouter à l'étonnement du monde ; le 31 mai, de désastreuse mémoire, le fléau de l'inondation répandait ses ravages à l'extrémité de votre Empire ; le 3 juin, votre Majesté est venue nous apporter les consolations, les bienfaits, l'espérance. Un pareil fait n'a point d'analogie dans l'histoire. (.....)

Sire, la Providence a ses décrets mystérieux, mais toujours adorables ! elle envoie les fléaux ; elle fait descendre aussi les miséricordes. Heureux les hommes qu'elle a choisis pour ouvrir les trésors de ses bontés. Les peuples s'inclinent devant la majesté de leur mission, et quand le présent finit pour eux, avec ses bénédictions et son amour, il les livre à l'admiration de l'avenir.(...) »

L'Empereur parti, les Arlésiens se félicitent d'avoir su lui présenter la gravité des pertes et obtenir des secours importants :

« L'Empereur, en 1856, arrivait ignorant l'étendue de nos désastres, prêt à répandre des bienfaits, mais ne sachant encore quelle devait en être la destination et la mesure des désastres. Ce fut peut-être un mérite de l'administration locale de mettre pleinement sous ses yeux le tableau douloureux de nos souffrances et de lui faire connaître comment et jusqu'à quel point nos intérêts avaient besoin de ses bontés C'est ainsi que M. de Chartrouse obtint de l'Empereur 25.000 fr., pour le rétablissement du pont de bateaux et 250.000 fr., pour servir de complément aux sommes déjà allouées en vue de la construction d'un pont fixe. C'est un don du ciel qu'un bon prince, mais il n'est pas sans avantage que les magistrats d'une ville veillent aux intérêts municipaux et ne laissent pas échapper une seule occasion de les servir. » (DIX ANS D'UNE ADMINISTRATION MUNICIPALE, août 1865, Arles, Imp. Dumas et Dayre, 1865)

La visite d'Edouard Balladur d'après la presse en 1994

Par rapport à cet acte mémorable et novateur que constitue la venue de l'Empereur en 1856, la visite de Balladur en 1994 marque moins les esprits, et peu de lignes lui sont consacrées, même si les médias sont là pour en rendre compte. En outre la colère des victimes apparaît dans les commentaires.

Sa visite n'est pas aussi bien perçue par les journalistes et les sinistrés, comme le montre les extraits suivants « Balladur en visite, les Camarguais en colère », « Le Premier Ministre n'aura guère vu les habitants qui, à l'heure de sa conférence de presse, étaient 200 à manifester à Saliers leur « profonde colère. »

On peut donc voir que le Premier Ministre a souvent été critiqué. Le régime de la presse est démocratique et donc les journalistes peuvent s'exprimer librement. Même quand il

débloque des fonds pour venir en aide aux sinistrés les journalistes ne sont pas contents
« Balladur a parlé d'une aide de quelques dizaines de millions de francs. C'est insuffisant ».

Déjà, avant lui, Mac-Mahon avait eu de mauvaises surprises en se rendant à Toulouse lors de la grande inondation de 1875. Les Toulousains l'avaient accueilli en criant « vive le Président de la République », ce qui était exact sur le plan institutionnel, les inondations survenant après le vote de l'amendement Wallon en janvier 1875, mais ce qui avait dû déplaire fortement au Président qui rêvait de rétablir la monarchie en France. D'autre part les réponses institutionnelles et techniques sont plus longues à apporter au XXème siècle qu'au XIXème. En 1856, temps des secours et de la compassion précèdent de très peu le temps des interrogations et de la remise en cause du système de protection. En 1856, il n'était pas question que sous l'Empire Autoritaire les populations protestent contre l'Etat, l'eussent-elles fait que, par autocensure, les journaux ne l'eussent point rapporté.

Comparaison entre la presse locale, régionale et nationale en 1993/94

Dans notre étude, les journaux de 1856 sont régionaux. Pour le XXème siècle les articles ont été relevés dans des journaux locaux (journaux de la ville d'Arles), régionaux et nationaux. Une étude comparative a donc été menée pour comparer le traitement de l'information selon l'aire d'influence du journal et son lectorat. La recherche a porté sur les titres et les contenus des articles. Il ressort de ce travail que les journaux locaux s'intéressent surtout aux « travaux », aux « digues » et aux « maires » des villes touchées. Leurs informations sont précises et concrètes. Par contre ils emploient moins les termes « d'inondation », « Camargue » et « sinistrés ». Par contre les journaux régionaux (la Marseillaise, la Provence) s'intéressent plus à « l'inondation », à la « Camargue » et aux « sinistrés ». Le terme « digue » est moins utilisé. Mais surtout, certainement dégagé des contraintes politiques locales, ces journaux évoquent très souvent des « associations », de la « solidarité » et de la « colère ». Le rôle des acteurs locaux non institutionnels est ainsi très largement souligné. Les journaux nationaux reprennent largement ce langage polémique et évoquent en termes généraux la « Camargue », le « Rhône », les « brèches », les « entrées d'eau ». La communication entre les pouvoirs publics et les acteurs locaux devient ainsi plus difficile, plus polémique comme nous allons le voir dans la partie suivante.

III. Après la catastrophe

1 – Conséquences de l'inondation de 1856

1.1 - Une nouvelle gestion de la catastrophe

Compassion, solidarité, secours, l'Empereur a montré aux sinistrés ainsi qu'à tous les Français que l'Etat se préoccupe de la sécurité de tous. Mais l'Empereur ne se contente pas de cette mise en lumière du rôle de l'Etat, dans les jours qui suivent, l'Empereur annonce un programme général de défense contre les fleuves¹² et dans le cas d'Arles et de la Camargue il lance les travaux pour terminer la digue à la mer et l'exhaussement des digues de manière à les rendre « insubmersibles ».

Auparavant l'Etat était intervenu pour distribuer des indemnités en fonction des pertes subies et du niveau de richesse des victimes. Une exemption d'impôt pour une année permet de soulager les propriétaires des domaines inondés. Une souscription nationale est lancée afin de permettre de compléter les indemnités versées par l'Etat. En définitive les sommes perçues sont cependant relativement modestes, on peut estimer à 52000 francs les indemnités perçues et à 60000 francs le dégrèvement d'impôts. Il est vrai que les pertes en Camargue affectaient surtout les récoltes et beaucoup moins le bâti qui se situait sur les bourrelets des anciennes berges du Rhône ce qui permettait de diminuer la vulnérabilité de l'habitat. D'après les états de pertes qui ont pu être conservés, ce sont essentiellement les productions qui sont affectées par les inondations, le bâti subit moins de dégâts. Comme le note Louis Mège en 1856 :

"Si énorme que soit cette perte, nous devons à la nature des lieux d'avoir été moins maltraités que dans la vallée supérieure du Rhône, quant au capital. Les pertes de cette nature, consistant presque toutes en détériorations, ne forment que le dixième environ de la perte totale. La destruction des propriétés bâties ne s'est heureusement élevée qu'à un chiffre relativement insignifiant."¹³

¹² Lettre de Plombières, 19 juillet 1856. L'Empereur annonce une politique de grands travaux de protection contre les fleuves.

¹³ Louis Mège, M236, déjà cité.

Dans l'arrondissement d'Arles l'essentiel des dépenses de réparation de l'Etat portaient cependant sur la remise en état des infrastructures comme le canal de navigation d'Arles à Bouc par exemple.

Ces réparations une fois financées, l'action de l'Etat ne s'arrêta pas. Sous l'impulsion de Napoléon III une politique de prévention fut mise en place.

En février 1857, dans son discours d'ouverture au corps législatif, Napoléon III affirme la volonté de l'Etat de mener une politique de prévention destinée à assurer la sécurité de tous les Français.

1.2 - La lettre de Plombières

L'Empereur dans ses discours et dans ses actes a conforté le rôle des pouvoirs publics, des gravures puis des tableaux le montrent en train de secourir des personnes isolées par les eaux, dans ses discours il a exprimé la compassion de la nation, représentée par lui-même aux sinistrés et il a donné des secours pris sur sa cassette personnelle.

Cependant son action ne s'est pas arrêtée à cette manifestation de solidarité qu'il serait aisé d'assimiler à une simple opération de propagande. L'Empereur avait déjà utilisé les chemins de fer sur un réseau encore incomplet pour décider les Français à accepter l'Empire en 1852. L'Empereur tenait son pouvoir du suffrage universel qu'il avait rétabli après son coup d'Etat. De décembre 1851. Il fallait donc qu'il demeure populaire pour assurer l'élection des candidats favorables à l'Empire. Mais cette explication politique classique, même si elle demeure un élément très important de l'action de l'Empereur (article de Méjean) ne reflète pas la réalité des réformes voulues par Napoléon III, elle occulte une action en profondeur de l'Etat qui s'inscrit dans le long terme et redéfinit le rôle de l'Etat pour de nombreuses années. L'émotion suscitée par la catastrophe, la dramatisation créée et entretenue par la presse nationale et locale en temps direct relayée et avivée par la venue de l'Empereur vont en effet être utilisées pour mettre en place une politique de travaux publics de grande ampleur afin de protéger les villes et les grandes vallées fluviales des inondations.

La lettre de Plombières datée du 19 juillet 1856 au moment où l'Empereur prenait les eaux, est plus qu'une simple déclaration de politique opportuniste. L'Empereur définit une nouvelle véritable politique de protection selon des normes définies par les ingénieurs des Ponts et

Chaussées, il se permet même de donner des précisions sur les méthodes à employer et sur l'organisation du travail des ingénieurs. Cet intérêt de l'Empereur pour les grands travaux se retrouvera dans les grands aménagements urbains : loin de se contenter de donner carte blanche à Haussmann comme on a pu le penser parfois, Napoléon III est intervenu directement dans les aménagements de Paris en traçant notamment les grands boulevards. Au-delà de l'implication personnelle et des contraintes politiques propres à la nature du régime, à l'Empire plébiscitaire pour reprendre l'expression de René Rémond, le Second Empire, en cette circonstance redéfinit la place de l'Etat dans son rôle de protecteur des citoyens. Cette politique nouvelle de l'Etat est le point d'aboutissement d'un processus d'intervention que les régimes issus de la Révolution ont commencé à mettre en place. Certes l'Etat monarchique intervenait, mais son intervention se faisait hors de tout cadre législatif et elle demeurait soumise à la volonté du monarque. La plupart des problèmes d'aménagement et en particulier de protection contre les inondations étaient réglés localement, quelquefois au niveau des Parlements, comme dans le cas de l'arrêt du Parlement d'Aix de 1543 fixant les règles de fonctionnement des associations de la Camargue. Les différents régimes issus de la Révolution française créent un cadre législatif propre au fonctionnement des associations de défense, la protection des populations devient une affaire d'Etat, rappelons que l'article 2 de la Déclaration des Droits de l'Homme affirme le droit du citoyen à la sûreté. La loi de 1807 donne un cadre législatif à la gestion de la protection contre les inondations. La loi définit les obligations des riverains et le mode de calcul des cotisations¹⁴. Dans le cas d'Arles la loi de prairial an XIII Loi du 4 prairial an XIII (1805) avait déjà réorganisé le système de protection divisé en de nombreuses associations de riverains qui construisaient et entretenaient leurs digues.

Napoléon 1er constate en préambule de la loi sur la réorganisation des associations locales :
« Considérant que le territoire de ces deux communes (Arles et Notre-Dame de la Mer) est exposé à être submergé par le défaut d'entretien et réparation des chaussées et digues qui servent à contenir les eaux du Rhône dans son lit et à les préserver des inondations de ce fleuve et du ravage de la mer. Faute, par les associations existantes d'y avoir pourvu depuis plusieurs années, que les canaux appelés Vidanges, servant à faire couler les eaux qui submergent les terres, ainsi que les canaux de dérivation qui y amènent les eaux du Rhône et de la Durance pour les fertiliser, sont également en mauvais état pour la même cause; considérant que les progrès de la détérioration de tous ces ouvrages n'ont été occasionnés

¹⁴ article 33 de la loi du 16 septembre 1807: "Lorsqu'il s'agira de construire des digues à la mer ou contre les fleuves, rivières et torrents navigables ou non, la nécessité en sera constatée par le gouvernement et la dépense supportée par les propriétaires protégés dans la proportion de leur intérêts aux travaux sauf le cas où le gouvernement croirait qu'il est juste et utile d'accorder le secours sur les fonds publics..."

que par le peu d'harmonie qui régnait dans les principes d'après lesquels ces associations étaient régies et qu'il est important de les amener à un régime uniforme qui avec les encouragements et les secours qui pourraient leur être fournis, leur permette de se livrer plus efficacement à la restauration du territoire de la plus vaste étendue, et sous tous les rapports aussi précieux à l'Etat qu'aux particuliers ».

La loi organisait donc une commission centrale qui était chargée de coordonner sous l'autorité du préfet les actions de construction et d'entretien des chaussées du Rhône.

C'est ce système qui a été remis en cause en 1849 à la suite des inondations à répétition de 1840, 1841, 1843 et qui a conduit à la création du Syndicat des Chaussées de la grande Camargue qui a fondu en une seule association les 6 associations existantes.

L'intervention de Napoléon III a donc consisté à donner une nouvelle impulsion à ce cadre déjà en place.

Lettre de L'Empereur au Ministre de l'agriculture, du Commerce et des travaux publics, datée de Plombières le 19 juillet 1856.

Monsieur le Ministre, après avoir examiné avec vous les ravages causés par les inondations, ma première préoccupation a été de rechercher les moyens de prévenir de semblables désastres. D'après ce que j'ai vu, il y a dans la plupart des localités des travaux secondaires indiqués par la nature des lieux, et que les ingénieurs habiles mis à la tête de ces travaux exécuteront facilement. Ainsi, rien de plus aisé que d'élever des ouvrages d'art qui préservent momentanément d'inondations pareilles, les villes telles que Lyon, Valence, Avignon, Tarascon, Orléans, Blois et Tours. Mais quant au système général à adopter pour mettre, dans l'avenir, à l'abri de si terribles fléaux nos riches vallées traversées par de grands fleuves, voilà qui manque encore et ce qu'il faut absolument et immédiatement trouver.

Aujourd'hui chacun demande une digue, quitte à rejeter l'eau sur son voisin. Or, le système des digues n'est qu'un palliatif ruineux pour l'Etat, imparfait pour les intérêts à protéger, car, en général, les sables charriés exhausse sans cesse le lit des fleuves, et les digues tendant sans cesse à le resserrer, il faudrait toujours élever le niveau des digues, les prolonger sans interruption sur les deux rives, et les soumettre à une surveillance de tous les moments. Ce système, qui coûterait seulement pour le Rhône plus de cent millions, serait insuffisant, car il serait impossible d'obtenir de tous les riverains cette surveillance de tous les moments, qui seule pourrait empêcher une rupture, et, une seule digue se rompant, la catastrophe serait d'autant plus terrible que les digues auraient été élevées plus haut. Au

milieu de tous les systèmes, un seul m'a paru raisonnable, pratique, d'une exécution facile et qui a déjà pour lui l'expérience.

Avant de chercher le remède à un mal, il faut bien en étudier la cause. Or, d'où viennent les crues subites de nos grands fleuves? Elles viennent de l'eau tombée dans les montagnes, et très peu de l'eau tombée dans les plaines. Cela est si vrai que, pour la Loire, la crue se fait sentir à Roanne et à Nevers vingt ou trente heures avant d'arriver à Orléans ou à Blois. Il en est de même pour la Saône, le Rhône et la Gironde, et dans les dernières inondations, le télégraphe électrique a servi à annoncer aux populations plusieurs heures ou plusieurs jours d'avance le moment assez précis de l'accroissement des eaux.

Ce phénomène est facile à comprendre : quand la pluie tombe dans une plaine, la terre sert, pour ainsi dire, d'éponges; l'eau, avant d'arriver au fleuve, doit traverser une vaste étendue de terrains perméables, et leur faible pente retarde son écoulement. Mais lorsqu'indépendamment de la fonte des neiges le même fait se représente dans les montagnes, où le terrain, la plupart du temps composé de rochers nus ou de graviers, ne retient pas l'eau, alors la rapidité des pentes porte toutes les eaux tombées aux rivières, dont le niveau s'élève subitement. C'est ce qui arrive tous les jours sous nos yeux quand il pleut : les eaux qui tombent sur les toits des maisons et qui sont recueillies dans les gouttières forment à l'instant de petits cours d'eau. Eh bien, les toits sont les montagnes, et les gouttières et les vallées. Or, si nous supposons une vallée de deux lieues de largeur sur quatre lieues de longueur, et qu'il soit tombé dans les vingt-quatre heures, 0,10 mètre d'eau sur cette surface, nous aurons dans ce même temps 12 800 000 mètres cubes d'eau qui se seront écoulés dans la rivière, et ce phénomène se renouvellera pour chaque affluent du fleuve : ainsi, supposons que le Rhône ou la Loire ait dix grands affluents, nous aurons le volume immense de 128 000 000 de mètres cubes qui se seraient écoulés dans le fleuve en quelques heures, mais ce volume d'eau peut être retenu de manière à ce que l'écoulement ne se fasse qu'en deux ou trois fois plus de temps, alors, on le conçoit, l'inondation sera rendue deux ou trois fois moins dangereuse.

Tout consiste donc à retarder l'écoulement des eaux. Le moyen d'y parvenir est d'élever dans tous les affluents des rivières ou des fleuves, au débouché des vallées et partout où les cours d'eau sont encaissés, des barrages qui laissent dans leur milieu un étroit passage pour les eaux, les retiennent lorsque leur volume augmente, et forment ainsi en amont des réservoirs qui ne se vident que lentement. Il faut faire en petit ce que la nature a fait en grand. Si le lac de Constance et le lac de Genève n'existaient pas, la vallée du Rhin et la vallée du Rhône ne formeraient que deux vastes étendues d'eau; car, tous les ans, les lacs ci-dessus, sans pluie extraordinaire, et seulement par la fonte des neiges, augmentent leur

niveau de 2 ou 3 mètres; ce qui fait pour le lac de Constance, une augmentation de 2 milliards et demi de mètres cubes d'eau, et pour le lac de Genève de 1 milliard 770 millions. On conçoit que cet immense volume d'eau, s'il n'était pas retenu par les montagnes qui, au débouché de ces deux lacs, l'arrêtent et n'en permettent l'écoulement que suivant la largeur et la profondeur du fleuve, une effroyable inondation aurait lieu tous les ans. Eh bien, on a suivi cette inondation naturelle, il y a plus de cent cinquante ans, en élevant dans la Loire un barrage d'eau dont l'utilité est démontrée par le rapport fait à la Chambre en 1847, par M. Collignon, alors député de la Meurthe. Voici comment, il en rend compte :

"La digue de Pinay, construite en 1711, est à 12 kilomètres environ en amont de Roanne. Cet ouvrage, s'appuyant sur les rochers qui resserrent la vallée et enveloppant les restes d'un ancien pont que la tradition fait remonter aux Romains, réduit en cet endroit le débouché du fleuve à une largeur de 20 mètres; sa hauteur au-dessus de l'étiage est également de 20 mètres; et c'est par cette espèce de pertuis que la Loire entière est forcée de passer dans les plus grands débordements.

L'influence de la digue de Pinay est d'autant plus digne d'attention qu'elle a été créée, comme le montre l'arrêt du Conseil du 23 juin 1711, dans le but spécial de modérer les crues et d'opposer à leur brusque irruption un obstacle artificiel tenant lieu des obstacles naturels, qui auraient été imprudemment détruits dans la partie supérieure du fleuve. Eh bien, la digue de Pinay a heureusement rempli son office au mois d'octobre dernier : elle a retenu les eaux jusqu'à une hauteur de 21,47 mètres au-dessus de l'étiage; elle a ainsi arrêté et refoulé dans la plaine du Forez une masse d'eau qui est évaluée à près de 100 millions de mètres cubes, et la crue avait atteint son maximum de hauteur à Roanne quatre ou cinq heures avant que cet immense réservoir fût complètement rempli.

Si la digue de Pinay n'avait pas existé, non seulement la crue serait arrivée beaucoup plus vite à Roanne, mais encore le volume d'eau roulé par l'inondation aurait augmenté d'environ 2500 mètres cubes par seconde; la durée de l'inondation aurait été plus courte, mais l'imagination s'effraie de tout ce que cette circonstance aurait pu ajouter au désastre déjà si grand dont la vallée de la Loire a été le théâtre.

D'ailleurs, l'élévation des eaux en amont de la digue de Pinay n'a produit aucun désordre; bien loin de là : la plaine du Forez ressentira pendant plusieurs années l'action fécondante des limons que l'eau, graduellement amoncelée par la résistance de la digue y a déposés.

Tel a été le rôle de cet ouvrage, qu'une sage prévoyance a élevé pour notre sécurité et nous servir d'exemple. Or, il existe dans les gorges d'où sortent les affluents de nos fleuves un grand nombre de points où l'expérience de Pinay peut être renouvelée économiquement si les

points sont bien choisis, utilement pour modérer l'écoulement des eaux, et sans inconvénient et, le plus souvent, avec un grand profit pour l'agriculture.

Au lieu de ces digues ouvertes dans toute leur hauteur, on a proposé de construire aussi des barrages pleins, munis d'une vanne de fond et d'un déversoir superficiel. Les réservoirs ainsi formés pouvant retenir à volonté les eaux d'inondation, permettraient de les affecter, dans les temps de sécheresse, aux besoins de l'agriculture et au maintien d'une utile portée d'étiage pour les rivières."

L'édit de 1711, dont parle M. Collignon, indique parfaitement bien le rôle que les digues sont appelées à jouer. On y lit le passage suivant :

"Il est indispensablement nécessaire de faire trois digues dans l'intervalle du lit de la rivière où les bateaux ne passent point : la première aux piles de Pinay, la seconde à l'endroit du château de la Roche, et la troisième aux piles et culées d'un ancien pont qui était construit sur la Loire au bout du village de Saint-Maurice; et, avec le secours de ces digues, les passages étant resserrés, lorsqu'il y arrive de grandes crues, les eaux qui s'écoulaient en deux jours auraient peine à passer en quatre ou cinq. Le volume des eaux, étant diminué de plus de la moitié, ne causera plus de ravages pareils à ceux qui sont survenus depuis trois ans."

En effet, en 1856 comme en 1846, les digues de Pinay et de la Roche ont sauvé Roanne d'un désastre complet.

Remarquons, en outre, que suivant M. Boulangé, ancien ingénieur en chef du département de la Loire, la digue de Pinay n'a coûté que 170000 francs, et celle de la Roche 40000 francs, et il ne compte qu'une dépense de 3400000 francs pour la création de cinq nouvelles grandes digues et de vingt-quatre barrages dont il propose la construction sur les affluents de la Loire. D'ailleurs, M. Polonceau, ancien inspecteur divisionnaire des ponts et chaussées, qui admet en partie le même système, pense qu'on pourrait faire ces mêmes digues en gazon, en planches et en madriers, ce qui serait encore plus économique.

Maintenant, comme il est très important que les crues de chaque petit affluent n'arrivent pas en même temps dans la rivière principale, on pourrait peut-être, en multipliant dans les uns ou en restreignant dans les autres le nombre de barrages, retarder le cours de certains affluents, de telle sorte que les crues des uns arrivent toujours après les autres.

D'après ce qui précède et d'après l'exemple de Pinay, ces barrages, loin de nuire à l'agriculture, lui seront favorables par le dépôt de limon qui se formera dans les lacs artificiels et servira à fertiliser les terres.

Là où les rivières charrient des sables, ces barrages auraient l'avantage de retenir une grande partie de ces sables, et, en augmentant le courant au milieu des rivières, d'en rendre

le thalweg plus profond. Mais quand même ces barrages feraient quelque tort aux cultures des vallées, il faudrait bien en prendre son parti, quitte à indemniser les propriétaires, car il faut se résoudre à faire la part de l'eau comme on fait la part du feu dans un incendie, c'est-à-dire sacrifier des vallées étroites peu fertiles au salut des riches terrains des plaines.

Ce système ne peut être efficace que s'il est généralisé, c'est-à-dire appliqué aux plus petits affluents des rivières. Il sera peu coûteux si l'on multiplie les petits barrages au lieu d'en élever quelques uns d'un grand relief. Mais il est clair que cela n'empêchera pas les travaux secondaires qui doivent protéger les villes et certaines plaines plus exposées.

Je voudrais donc que vous fissiez étudier ce système le plus tôt possible sur les lieux mêmes par les hommes compétents de votre ministère.

Je voudrais qu'indépendamment des digues qui doivent être élevées sur les points les plus menacés, on fit à Lyon un déversoir semblable à celui qui existe à Blois; il aurait l'avantage de préserver la ville et d'augmenter beaucoup la défense de cette place forte.

Je voudrais que, dans le lit de la Loire, on élevât pendant les basses eaux, et parallèlement au cours du fleuve, des digues faites en branchages, ouvertes en amont, formant des bassins de limonage, ainsi que le propose M. Fortin, ingénieur des ponts et chaussées. Ces digues auraient l'avantage d'arrêter les sables sans arrêter les eaux, et de creuser le lit de la rivière.

Je voudrais que le système proposé pour le Rhône par M. Vallée, inspecteur général des ponts et chaussées, fût sérieusement étudié avec le concours du gouvernement suisse. Il consiste à abaisser les eaux du Rhône à l'endroit où il débouche du lac de Genève, et à y construire un barrage. Par ce moyen on obtiendrait, selon lui, un abaissement des hautes eaux du Léman utile au Valais, au pays de Vaud et à la Savoie, une navigation meilleure du lac, des embellissements pour Genève, des inondations moins désastreuses dans la vallée du Rhône, une navigation meilleure de ce fleuve.

Enfin je voudrais que, comme cela existe déjà pour quelques-uns, le régime des grands fleuves fût confié à une seule personne, afin que la direction fût unique et prompte dans le moment du danger. Je voudrais que les ingénieurs qui ont acquis une longue expérience dans le régime des cours d'eau pussent avancer sur place et ne pas être distraits tout à coup de leurs travaux particuliers; car il arrive souvent qu'un ingénieur qui a consacré une partie de sa vie à étudier soit des travaux maritimes au bord de la mer, soit des travaux hydrauliques à l'intérieur, est tout à coup, par avancement, employé à un autre service, où l'Etat perd le fruit de ses connaissances spéciales, résultat d'une longue pratique.

Ce qui est arrivé après les grandes inondations de 1846 doit nous servir de leçon : on a beaucoup parlé aux Chambres, on a fait des rapports très lumineux, mais aucun système n'a

été adopté, aucune impulsion nettement définie n'a été donnée, et l'on s'est borné à faire des travaux partiels qui, au dire de tous les hommes de science, n'ont servi, à cause de leur défaut d'ensemble, qu'à rendre les effets du dernier fléau plus désastreux.

Sur ce, je prie Dieu, Monsieur le Ministre, qu'il vous ait en sa sainte garde.

Napoléon.

1.3- Naissance de l'Etat protecteur

Dans ce texte, Napoléon III définit les principes d'action de l'Etat en s'appuyant clairement sur les compétences des ingénieurs des Ponts et Chaussées. La volonté de prévention est manifeste, elle concerne l'ensemble du pays, même si les villes sont prioritaires, car il s'agit en premier lieu de protéger les vies humaines. Comme les ingénieurs, il est conscient que le système de digues ne peut assurer une protection totale, car il y a ensablement et surélévation progressive du lit du fleuve, il y a ajouté l'impossibilité selon lui d'assurer un entretien sans défaillance humaine de la part des associations chargées de l'entretien. D'autre part, il s'appuie sur le télégraphe dont le réseau vient à peine d'être mis en place au moment où il écrit sa lettre.

L'Etat affirme ainsi ses nouvelles fonctions : il est le seul à disposer des compétences scientifiques et techniques, il crée les infrastructures nouvelles de communication avec le télégraphe, et d'autre part, il a une vision globale des problèmes d'aménagement en les replaçant dans le cadre national, voire plus large dans le cas du Rhône, puis qu'il évoque la Suisse. On trouve en filigrane dans ce texte la notion de bassin versant que les ingénieurs envisageaient déjà depuis longtemps (Métailié, 1993) et que Belgrand avait développé pour assurer la protection de Paris. Cette vision d'ensemble, est l'apanage de l'Etat qui grâce à ses corps d'ingénieurs peut appréhender la situation. Cela se traduit par la nécessaire mise en phase de l'administration, qui au-delà de l'organisation départementale du corps des ingénieurs des Ponts et Chaussées est invitée à dépasser ce cadre administratif pour l'adapter à la nature du problème, par exemple en ayant des ingénieurs spécifiques pour les grands fleuves. Cela existait déjà dans le cas du Rhône : un Service spécial de navigation du Rhône avait été créé par arrêté du 18 juillet 1840, le Rhône était divisé en 3 secteurs et un ingénieur en chef coordonnait l'ensemble. Il est intéressant de noter que cette vision d'ensemble d'un système de protection ne néglige pas les aspects financiers des projets, le coût de l'endiguement est chiffré et rapporté à son inefficacité, d'autre part la perspective économique n'est pas absente, les petits barrages préconisés devant être profitables à l'agriculture.

Ce texte marque le début d'une nouvelle volonté politique en matière d'aménagement de la France, le cadre géographique envisagé est national et non plus local.

Cette volonté politique se traduit concrètement durant l'année 1857 au travers d'un débat législatif sur la protection contre les crues. Les rapports des députés vont dans le sens demandé par l'Empereur, le but affiché est celui de la protection des populations par une politique de prévention organisée par l'Etat en s'appuyant sur les sciences et les techniques modernes. L'argument économique n'est pas oublié, les inondations de la Loire et du Rhône en 1856 ont coûté 28 millions de francs à l'Etat (d'après Champion). La stratégie politique du pouvoir est certainement présente en filigrane dans les débats comme elle l'était dans les commentaires des journalistes dévoués à la cause de l'Empire dans une presse muselée. On ne peut non plus laisser de côté la dimension de l'action sociale qui devait compléter voire se substituer à la charité privée, cette approche était défendue notamment par Le Play dans ses écrits. Elle se retrouve dans les propos de l'Empereur lors de son discours au corps législatif de janvier 1857, il annonce en même temps les limites de cette politique:

« Eclairer et diriger, voilà notre devoir. Le pays prospère, il faut en convenir, car, malgré la guerre et la disette, le mouvement du progrès ne s'est pas ralenti. (...) Néanmoins, il y a une grande souffrance dans une partie du peuple, et tant que la Providence ne nous enverra pas une bonne récolte, les millions donnés par la charité privée et par le Gouvernement ne seront que de faibles palliatifs. »

Ces propos sont à rattacher au contexte de l'époque et à la découverte de la « question sociale » sous la Monarchie de Juillet et durant la Révolution de 1848. Ils ont leur importance historique et se rattachent aux efforts du Second Empire pour essayer d'intégrer le monde ouvrier dans la nation. Ils marquent une étape dans l'histoire sociale de la France.

Cependant, s'il convient de rappeler que l'action de l'Etat obéit souvent à des impératifs complexes, dans le cas des inondations il nous paraît que le discours de l'Etat sur la nécessaire intervention des pouvoirs publics dans la gestion de la protection marque une étape dans l'histoire des rapports entre l'Etat et la société civile. Il marque une extension du champ de compétence de l'Etat et le discours qui le sous-tend est étonnamment moderne, comme la lettre de Plombières le montre ainsi que les rapports présentés aux députés :

"Rétablir purement et simplement les lieux dans leur état primitif, ce serait laisser le pays exposé à des catastrophes semblables à celles que nous déplorons aujourd'hui (...) après le devoir de réparer les désastres publics, l'administration a celui de rechercher et d'étudier les moyens d'en prévenir le retour." (Rapport Louvet).

Il nous semble qu'à partir de ce moment, l'Etat moderne tel que nous l'entendons encore aujourd'hui s'est mis en place. L'Etat exprime la volonté générale, lui seul peut définir une politique d'aménagement territorial, ce sont ses experts qui analysent les situations, l'Etat qui prend les décisions par décret ou par la voie législative, c'est encore l'Etat qui supervise les travaux par l'intermédiaire d'un corps d'experts spécialisés : les ingénieurs des Ponts et Chaussées dans le cas des inondations. On peut ajouter que dans le même temps les principes de l'action de l'Etat s'inscrivent très clairement dans le champ de la raison scientifique et technique. Comme nous l'avons signalé, tout était en germe depuis la Révolution et les interventions de l'Etat obéissaient à déjà à ces principes organisateurs, telle la loi de 1842 organisant le réseau de chemin de fer français qui avait été préparée par l'ingénieur des Ponts et Chaussées Legrand. Comme en beaucoup d'autres domaines, le Second Empire, porté par la Révolution industrielle et ses conséquences redéfinit le rôle de l'Etat et l'installe dans la modernité. Ce mouvement n'est pas propre à la France, la Grande-Bretagne avait déjà montré la voie aux autres pays européens.

En une phrase lapidaire l'Empereur réaffirme l'intention de l'Etat lors de son discours lu au corps législatif (sénateurs et députés réunis) en février 1857.

« Redoublons d'efforts pour porter remède à des maux au-dessus de la prévoyance humaine (.....) Tout me fait espérer que la science parviendra à dompter la nature. Je tiens à honneur qu'en France les fleuves, comme la révolution, rentrent dans leur lit, et qu'ils n'en puissent plus sortir. »

Le 28 mai 1858 était votée une loi sur la protection des populations avec l'ouverture d'un crédit de 20 millions de francs destinés à financer les travaux.

1.4 - L'action de l'Etat et le rôle des ingénieurs des Ponts et Chaussées

1.4.1 Une action immédiate : la construction de la digue à la mer (1857-59)

L'action de l'Etat dans le cas du bas Rhône fut très rapidement mise en oeuvre. Elle put se concrétiser très vite dans les semaines qui suivirent. Les grands propriétaires s'étaient mis d'accord sur la construction d'une digue à la mer, la première mesure prise par l'Etat fut donc de décider par le décret du 19 août 1856 de construire cette digue destinée à protéger le sud de la Camargue des remontées marines qui accompagnaient souvent les crues sous l'influence des vents. Ce projet d'aménagement conçu de longue date n'attend plus, dans les cartons des ingénieurs, que son financement. Ce projet ne rencontrant pas d'opposition apparente, il peut donc être réalisé sur le champ, sans qu'il soit nécessaire de passer par de longues études, expertises et contre-expertises qui ont déjà été faites. C'est le seul projet dans ce cas et c'est un avantage décisif. Second point important pour mieux comprendre la décision de construction de la digue : l'analyse de son utilité. L'argument agricole de l'utilité de la digue prévalait au moment de la conception du projet. L'inondation s'y insère parfaitement. Le Préfet des Bouches-du-Rhône résume fort bien, à la fin du mois de juin, l'analyse qui doit être faite de la situation.

“Tout porte à croire que l'inondation qui vient de s'étendre sur le delta du Rhône, va le débarrasser du sel qui s'opposait à la culture d'une grande partie de sa surface et la construction immédiate de la digue du littoral maritime en empêchant un nouvel envahissement des eaux salées dans l'intérieur de l'île permettrait ainsi de tirer un certain avantage de l'inondation qui a d'ailleurs causé de grands désastres dans la contrée ¹⁵.”

À toute chose malheur est bon pourrait-on dire. L'ingénieur de Gabriac va même jusqu'à considérer que *“tout le sel a disparu”* et qu'il *“faut en profiter car pareille circonstance ne se représentera plus avant longtemps”*. Cette analyse se révélera, bien entendu fausse, mais elle a pesé lourd dans la décision.

Si on envisage maintenant la construction de la digue à la mer sous l'angle d'un processus de décision ¹⁶, il apparaît que ce projet présente toutes les caractéristiques favorisant une décision rapide, même si elle n'est pas forcément logique dans les circonstances d'une inondation de la

¹⁵ Lettre à Rouher, Ministre de l'Agriculture, AN, cote F 10 4189.

¹⁶ Approche que nous empruntons à la théorie des organisations. John MARCH & Herbert A. SIMON, (1965), *Les organisations*, trad. 1969, Dunod.

Camargue par le fleuve. D'un côté, une catastrophe tout à fait extraordinaire fait subir aux populations un fort traumatisme, l'Empereur lui-même lui accorde une grande importance. Il est prêt à agir vite pour marquer les esprits, démontrer l'efficacité de son pouvoir, et sa sollicitude envers ses administrés. D'un autre côté, un projet d'aménagement conçu de longue date n'attend plus, dans les cartons des ingénieurs, que son financement. Ce projet ne rencontre pas d'opposition, il peut donc être réalisé sur le champ, sans qu'il soit nécessaire de passer par de longues études, expertises et contre-expertises qui ont déjà été faites. C'est le seul projet dans ce cas et c'est un avantage décisif.

Il n'est, par conséquent, pas faux de considérer que la digue à la mer a été décidée suite à l'inondation de 1856 et à cause de cette inondation, mais cette interprétation est largement incomplète. L'inondation de 1856, mais surtout l'exploitation qui en a été faite par l'Empereur Napoléon III, représentent pour le projet une opportunité de prompt réalisation que ses défenseurs s'empressent de saisir. La digue est donc construite au cours de l'année 1857¹⁷.

La digue à la mer, entièrement financée par l'Etat, fut promptement terminée, dès 1859, grâce à une subvention de 500000 francs. Cet ouvrage, considéré comme vital et qui avait fait l'unanimité des propriétaires camarguais en 1850, subit lui aussi des avatars liés à la présence de nouveaux protagonistes en Camargue. Une fois la digue construite, un syndicat de gestion devait prendre en charge son entretien et gérer l'ouverture des pertuis pour permettre l'écoulement des eaux ou laisser entrer de l'eau de mer dans les étangs inférieurs. Pour dresser les rôles des cotisations, il fallait construire un cadastre sur la base de la loi de 1807. Les propriétaires concernés attendirent 32 ans avant de créer le syndicat, obligeant ainsi l'Etat à entretenir et à gérer cet ouvrage¹⁸.

Que s'était-il passé ? Les propriétaires des salines, désireux de conserver la salinité des étangs inférieurs de la Camargue au niveau le plus élevé possible, de manière à pouvoir exercer leurs activités, avaient attaqué l'Etat en justice pour le contraindre à laisser entrer de l'eau de mer en Camargue par les pertuis de la digue. Ce procès allait durer jusqu'en 1892, date à laquelle les saliniers touchèrent enfin une indemnité conséquente de 252000 francs. Durant tout ce temps, les propriétaires, qui ne souhaitaient pas se retrouver mêlés à ce procès, trouvèrent que le meilleur

¹⁷ Pour un coût total d'environ 500 000F, relativement bas si on le compare au coût total de l'endiguement du Rhône en Camargue trois fois plus important. [Masson ; 1914]

¹⁸ PAILHES Sigolène, (2000), *La digue à la mer ou les mésaventures de l'État en Camargue, Provence Historique*, fascicule 200, avril-mai-juin 2000, pp. 189-206.

moyen de ne pas payer l'entretien de la digue et l'indemnité était de s'abstenir de se mettre en conformité avec la loi de 1807. En l'absence de cadastre, les rôles ne purent être établis et le syndicat ne fonctionna pas. Il ne prit corps qu'après la condamnation de l'Etat. Dans cette affaire, le désir de l'Etat de protéger les Camarguais contre les eaux marines s'était heurté aux puissants intérêts d'entreprises internationales. Dans ce combat, l'Etat ne se trouva aucun allié local. Les propriétaires se trouvèrent protégés à bon compte, les pêcheurs, grâce à l'ouverture des pertuis continuèrent à pouvoir pêcher des espèces méditerranéennes.

Ainsi donc, la première mesure prise par le pouvoir, pour spectaculaire qu'elle fut, ne correspond pas exactement à la demande des acteurs locaux. Les réticences voilées avant sa réalisation effective éclate au grand jour après l'achèvement de la digue. Les supposés bénéficiaires de l'opération refusent d'assurer l'entretien de l'ouvrage. Il apparaît ainsi un problème majeur de gestion du temps, lorsque l'Etat veut réagir très vite pour ne pas décevoir les citoyens et affirmer son pouvoir, les mesures prises ne correspondent pas toujours à une réelle demande et peuvent ainsi ne pas être portées au crédit de l'Etat. Dans le cas de l'achèvement de la digue à la mer, l'installation d'une industrie chimique et la modernisation des salines dans le Sud-Est de la Camargue en 1855 entraînaient de fait une redéfinition du système hydraulique camarguais. Les saliniers souhaitaient faire entrer en Camargue de l'eau salée et les agriculteurs souhaitaient s'en protéger (Picon, 1978). La digue devenait un objet de conflit supplémentaire entre agriculteurs et saliniers. L'Etat réalisait donc trop vite un projet qu'il aurait fallu redéfinir en fonction de changements récents.

1.4.2 L'exhaussement des digues de la Camargue (1857-69)

Dans le cas de la protection de la Camargue, les ingénieurs des Ponts et Chaussées ont été les spécialistes incontournables vers qui l'Etat se tournait pour obtenir l'expertise des catastrophes et auxquels il confiait toute la politique de prévention au fur et à mesure de son élaboration. Le problème posé était complexe : les grandes propriétés qui se livraient à l'agriculture spéculative et investissaient dans des équipements très coûteux, comme les pompes à vapeur pour l'irrigation, avaient besoin d'une protection maximale pour ne pas perdre leurs capitaux, les saliniers, moins menacés étaient moins exigeants en matière de protection, d'autre part certains propriétaires souhaitaient une protection limitée, laissant passer les grandes inondations de manière à permettre au Rhône de déposer du limon fertile tous les 10 ou 15 ans. Les ingénieurs des Ponts et Chaussées quant à eux se posaient la question de l'utilité d'une défense insubmersible de la Camargue car elle

n'était pas une zone urbaine à protéger en priorité. D'autre part, une question technique restait en suspens, comment calculer la hauteur des digues de manière à les rendre infranchissables par le Rhône ?

Les ingénieurs des Ponts et Chaussées qui eurent à s'occuper de ces problèmes, à l'exception de François Poulle, ne restèrent que quelques années sur place. La plupart d'entre eux réussirent une brillante carrière et leur affectation dans les Bouches-du-Rhône ne représentait qu'une étape parmi d'autres. Bien peu eurent le temps, comme François Poulle, d'étudier le terrain et en particulier d'essayer de comprendre les enjeux de l'aménagement d'un territoire en tenant compte de ses habitants, de leurs habitudes, et en faisant pour cela un véritable travail d'anthropologie autant qu'un travail d'expert des questions techniques. Le rapport écrit par François Poulle en 1817 annonçait une grande ambition, celle d'aménager la Camargue pour en faire une terre de conquête riche des espoirs agricoles de l'époque¹⁹. La protection du delta apparaissait pour cet ingénieur comme la seule solution permettant d'aménager un nouveau système hydraulique utilisant le petit Rhône comme réservoir contre la sécheresse estivale dans le projet de 1817, ou comprenant une prise d'eau gravitaire à Comps au nord de Beaucaire dans le projet de 1837, ou anticipant une irrigation grâce à des pompes à vapeur comme dans le projet commandé par le Directeur général Legrand. Le projet annoncé en 1817 nécessitait le nivellement de la Camargue qui sera accompli par Poulle en 1837. D'autre part, le canal d'Arles à Bouc dont Poulle s'occupait depuis 1816 et qu'il eut directement en charge à partir de 1835, devait être protégé du Rhône car les grandes inondations lui causaient d'importants dégâts et celles des années 1840 faillirent lui être fatales. Il ne fallut pas moins de 1,2 million de francs de réparations pour la remise en état du canal d'Arles à Bouc à la suite de l'inondation de 1840. Rappelons que ce canal devait permettre aux marins d'Arles de s'affranchir des contraintes de la navigation sur le bas Rhône.

Pour François Poulle, la protection contre les inondations était impérative. Dans les rapports qu'il faisait annuellement pour le Conseil général des Bouches-du-Rhône, après avoir accédé au titre d'ingénieur en chef, Poulle prenait le parti de proposer le développement de la Camargue selon des techniques modernes d'aménagement des sols. Ce parti pris, d'autant plus fortement exprimé qu'il avait choisi, au détriment de sa carrière, de rester dans la région, il ne le retrouvait pas chez les propriétaires avec la même intensité et il leur reprochait fréquemment ce conservatisme. Dans son rapport annuel du 3 sept 1842 pour le Conseil général, il écrivait :

¹⁹ F. A. POULLE, 1817-1827, *Étude de la Camargue ou statistique du Delta du Rhône*, p. 108, Arch. dep. 13, cote B270.

«...l'amélioration de cette partie du delta du Rhône, n'est pas près d'être réalisée. Elle ne tente point assez les propriétaires pour les engager à la poursuivre...Peut-être conviendrait-il, dans l'intérêt du public que le gouvernement appelât lui-même les spéculateurs²⁰ ...»

D'autres rapports étaient également très critiques sur les associations qui n'avaient jamais reçu d'argent de l'Etat ni de la commune et désormais et attendaient tout de lui sans rien faire.

Pour les autres ingénieurs qui eurent à s'occuper des problèmes du bas Rhône, même si leur présence fut plus brève, la nécessité de protéger la Camargue leur apparut une nécessité incontournable.

Soit qu'ils fussent les auteurs de projet d'aménagement du delta comme les ingénieurs en chef Gorsse en 1813, Garella en 1828, Surell en 1847, Surell et Montricher en 1850, Bernard et Perrier en 1859 et 1863, Bernard et Ducos en 1865. Soit qu'ils en fussent convaincus après avoir analysé la situation d'une manière plus large, en particulier pour ceux qui appartenaient au service du Rhône (créé en 1840) et qui, envisageant le problème des inondations d'un point de vue global, en déduisaient que la Camargue devait être spécifiquement protégée. Ce fut le cas de l'ingénieur en chef du service du Rhône Charles Kleitz, responsable du nivellement du Rhône en 1858 qui servit de modèle au nivellement de la France selon la méthode de Bourdalouë. Charles Kleitz analyse les conséquences de la crue de 1856, à la demande de l'Etat et à la suite de la lettre de Plombières de l'Empereur, il écrivait, dans une lettre adressée à l'ingénieur Rondel à Avignon, le 24 octobre 1857

« M. l'inspecteur général Belin m'annonce qu'on prépare un projet de loi relatif aux travaux destinés à éviter ou amoindrir les dommages causés par les inondations...Il demande donc de présenter les projets de défense des centres de population qui n'ont pas encore été soumis à l'Administration, et de donner une indication et une estimation des travaux à exécuter utilement dans l'intérêt des plaines riveraines²¹. »

Il étudiait les possibilités de protéger les riverains du Rhône. Dans une lettre adressée au même correspondant, le 26 octobre 1857, il développait une argumentation économique :

²⁰ POULLE F., Rapport du 3 septembre 1842, B98, Archives municipales d'Arles

²¹ Archives départementales de Vaucluse, 3 S 436 Rapports, états des dégâts sur l'inondation de 1856

“ Pour apprécier l'utilité de la consolidation des digues insubmersibles, il faudra mettre la dépense à faire en regard des avantages qu'elle procurerait en empêchant leurs dégâts qui accompagnent les ruptures des digues...

Supposons, par exemple, que les dommages causés entre Lyon et Beaucaire par la rupture des digues actuelles (en y comprenant bien entendu les frais de réparation) ne se soient élevés en 1856 qu'à 5 millions; comme on ne saurait réduire au-dessous de 25 ans, l'intervalle probable entre deux crues de cette intensité, il est bien évident qu'il ne faudrait pas dépenser plus de 4 millions pour empêcher ces ruptures, tandis que les travaux d'exhaussement et de consolidation coûteront certainement beaucoup plus du double²². ”

En ce qui concerne la Camargue, Kleitz eut une position changeante. Il ne pensait pas que la protection par des digues insubmersibles était la meilleure solution. Paradoxalement l'ingénieur qui allait dresser les plans d'exhaussement des digues était peut-être celui qui était le moins convaincu du bien fondé de cette mesure. En premier lieu il croyait aux bienfaits du colmatage :

« le premier élément de cette question, c'est la connaissance du dommage que les inondations causent à l'agriculture. Ce dommage serait évidemment bien exagéré si, des pertes en récoltes on ne déduisait pas les améliorations que les colmatages apportent au sol et les agriculteurs ne paraissent pas fixés sur le résultat final à attribuer aux effets des inondations...

Les digues insubmersibles rendent le colmatage impossible, lorsqu'elles cèdent le courant provoque des dégâts en ravinant le sol²³ ...»

De même il émettait des doutes à propos de la Camargue :

« il y aurait à examiner si l'endiguement de la Camargue, favorable aux propriétaires actuels, ne s'oppose pas à l'accroissement et à l'amélioration des terrains cultivables dans l'avenir »

Il y allait même de l'intérêt général :

²² Idem

²³ KLEITZ, Extrait du rapport de l'Ingénieur en chef à M.M. les préfets des départements à l'occasion de la session des conseils généraux de 1857, (le 31 juillet 1857)

« En fait les circonstances locales ont une influence dominante et un système uniforme, comme s'il s'agissait de créer tout l'endiguement d'un seul jet, serait impossible. Les mesures générales nous paraissent pour le moment devoir se borner à ne pas étendre dans le seul intérêt de l'agriculture, les digues insubmersibles existantes, à les fortifier et les exhausser dans les parties transversales qui les rattachent, par l'amont, aux terrains insubmersibles, et à abaisser les parties d'aval pour que leur submersion cause moins de dégâts; enfin à se borner à l'avenir à défendre les plaines contre les courants de grandes crues et à les mettre à l'abri de la submersion par les crues ordinaires et fréquentes, au moyen de digues très basses consistant le plus souvent en de simples bourrelets en terre. »

Plus grave, la sécurité de tous exigeait que les plaines du bas Rhône servent à recevoir le trop plein d'eau. C'était réaliser les projets de l'Empereur qui souhaitait des systèmes de digues à déversoir de manière à freiner le courant du fleuve, c'était, à terme, la condamnation de tout projet de développement en Camargue :

« En considérant l'énorme volume qui est sorti par les brèches en amont de Tarascon, en aval de Beaucaire, en tête de la Camargue, il me paraît probable que nous serons amenés à admettre, dans nos prévisions pour des crues supérieures la nécessité de faire servir les vastes plaines qui bordent cette partie du Rhône et notamment la Camargue, au dégorgeement du trop plein qui ne pourrait être contenu entre les digues²⁴. »

Heureusement pour les Camarguais, Kleitz ne tenait pas à imposer ses solutions aux agriculteurs qui ne le souhaitaient pas :

« Mais c'est aux agriculteurs plutôt qu'aux ingénieurs qu'il appartient de résoudre la question de l'utilité des endiguements en général; le rôle de ceux-ci se borne à en fournir les éléments statistiques.²⁵ »

La Camargue serait protégée...il est vrai que les intérêts à protéger étaient considérables, les grands propriétaires forains avaient de l'influence, le baron de Chartrouse député et maire d'Arles

²⁴ 3 S 436 , Service spécial du Rhône Lettre de Kleitz à M. Rondel Ingénieur à Avignon datée du 15 décembre 1856.

²⁵ KLEITZ, Extrait du rapport de l'Ingénieur en chef à M.M. les préfets des départements à l'occasion de la session des conseils généraux de 1857, (le 31 juillet 1857)

était favorable à l'Empereur, les salines représentaient un enjeu financier considérable : les "agriculteurs" camarguais avaient des arguments susceptibles de convaincre les pouvoirs publics.

Une autre argumentation a joué un rôle considérable durant quelques années, il s'agit de l'aménagement du grand Rhône pour le rendre navigable. Les ingénieurs souhaitaient faire disparaître la barre de hauts fonds située aux embouchures. Cet obstacle empêchait les navires de haute mer de remonter jusqu'à Arles. L'endiguement du fleuve aurait pu permettre de faire sauter l'obstacle. Rien n'y fit, la marine arlésienne disparut et l'argument du maintien de la navigation maritime disparut avec elle²⁶.

De la crue extrapolée à la crue théorique : une nouvelle manière de calculer le risque ?

La décision de protéger la Camargue en exhaussant les digues fut prise par décision ministérielle du 5 juillet 1858. Il restait une difficulté à surmonter : comment calculer la hauteur des digues ?

La protection contre les crues depuis le début du siècle était calculée d'après les plus grandes hauteurs d'eau connues, d'où l'importance que les ingénieurs attachaient à la connaissance des aléas du passé et des hauteurs d'eau atteintes. Après avoir réalisé un exhaussement uniforme de 0,35 m à la suite de la crue de 1810, le problème était posé de savoir de quelle hauteur augmenter les chaussées. En 1849, l'ingénieur Surell, chargé de ce travail, paraît avoir calculé comme on le faisait alors en extrapolant les hauteurs nouvelles à partir des hauteurs connues, et il proposa une augmentation de hauteur variable selon la distance à la mer, de 1,5 m à la Pointe de Trinquette à 0,7 m au niveau de la Tour Saint-Louis²⁷. Les digues étaient de plus en plus basses en allant vers l'embouchure.

Ce projet n'ayant pas été réalisé, il fallut attendre les années 1860 pour que les travaux commencent après l'inondation de 1856. Nous ne savons pas comment ont été calculées les nouvelles hauteurs des digues. Plusieurs indices laissent penser que le mode de calcul fut différent. Même si, sur le moment l'ingénieur ordinaire Bernard, du service du Rhône, proposa des

²⁶ ALLARD Paul, (1982), *La disparition des marins d'Arles*, p.103-121, "Provence Historique", août 1982.

²⁷ 3S413 Rehaussement des digues de la Camargue rive droite du grand Rhône. Avant projet

exhaussements de 0,9 m à la hauteur de Barcarin²⁸ au-dessus de la crue de 1856 car cette marge de sécurité lui paraissait raisonnable.

Il semble que l'idée de se protéger contre une crue maximale théorique ait malgré tout fait son chemin.

Déjà, en 1844, l'ingénieur Poulle avait émis l'idée de procéder différemment. Constatant que les chaussées ne cédaient que lorsqu'elles étaient surmontées, il écrivait :

« De là naît la nécessité de les rehausser pour les mettre à la hauteur, non seulement des plus hautes inondations connues, mais de celles qu'on présume pouvoir se manifester tôt ou tard²⁹. »

Charles Kleitz, responsable du service du Rhône, dans une analyse de la crue de 1856 pour le compte du Conseil général des Bouches-du-Rhône, déclarait, après avoir analysé la durée de la pluie et les niveaux des affluents :

« Mais la pluie n'a duré que 48 heures et les affluents de la rive droite n'ont eu que des crues ordinaires. L'Isère seule s'est élevée à un mètre au-dessus de 1840 (...) La crue de 1856 ne saurait donc être admise comme limite probable de celles d'automne (...) Il faut désormais prévoir des crues d'automne à des niveaux plus élevés³⁰. »

En 1861, l'inspecteur général des Ponts et Chaussées Emile Belin fut chargé de la direction du service des études et travaux relatifs aux inondations dans le bassin du Rhône. En 1862, il notait :

«.....on se trouvait à peu près complètement dépourvu de renseignements nécessaires, la production et le mouvement des crues n'ayant jamais été observés du point de vue du problème qu'il s'agissait de résoudre³¹..»

²⁸ 3S412, Archives départementales de Vaucluse, Rapport de l'ingénieur ordinaire à l'appui des travaux à faire pour la construction de la chaussée de Barcarin sur la rive droite du Rhône, Arles le 31 juillet 1856, signé E. Bernard. En définitive l'exhaussement fut de 1,8 mètre à 0,9 mètre.

²⁹ POULLE F., rapport du 31 juillet 1844, B99, Archives municipales d'Arles.

³⁰ Recueil des Délibérations et des voeux du Conseil général des Bouches-du-Rhône, publié sous la direction de M. Auguste PRAT, secrétaire du Conseil général, Marseille, imprimerie Senès, 1856, 219 pages pour 1856 et 280 pour 1857, Archives municipales d'Arles: B106. Période 1856-1857 p. 99 à 103.

³¹Rapport de l'inspecteur général des Ponts et Chaussées du 30 novembre 1862, Archives nationales, carton F 14 7562.

Ces écrits sont trop peu nombreux pour permettre d'affirmer que désormais la protection contre les crues ne relevait plus d'un calcul rétrospectif, mais s'appuyait sur l'analyse du potentiel hydraulique d'un bassin versant. Toutefois ils montrent à quel point les ingénieurs, soucieux de répondre à la demande de construire des digues insubmersibles, cherchaient des solutions techniques efficaces. Il resterait à comparer les options de ces ingénieurs avec celles de l'ingénieur Eugène Belgrand qui dans un ouvrage publié en 1872, *La Seine*, proposait un ensemble de règles pour prévoir les inondations de la Seine³².

En définitive les digues furent exhaussées d'après les calculs des ingénieurs des Ponts et Chaussées de manière à être insubmersibles dans le cas de la plus grande crue théorique possible. En 1856, le débit du Rhône avait atteint 11500 m³, sans que tous les affluents aient été à leur maximum, les digues furent donc construites pour supporter 13500m³.

Les propriétaires financèrent les travaux pour les deux tiers sur un total de 1,6 millions de francs. Le calcul se fait au prorata du cadastre dressé en 1851 sur les zones inondables.

Il y eut malgré tout de nombreuses difficultés avec les propriétaires, le marquis de Barbentane essaya d'empêcher les travaux sur sa propriété en arguant que les chaussées étaient à lui. L'exhaussement n'en fut pas moins achevé en 1869.

Le calcul de la plus grande crue théorique est certainement faux dans l'absolu, d'une part les moyens de l'époque ne permettaient pas de connaître tous les paramètres, d'autre part le climat variant dans le temps, aucun calcul ne permet réellement de prévoir les crues maximales.

Cependant, les calculs des ingénieurs pour imparfait qu'ils soient à nos yeux, ont été suffisamment efficaces pour construire un système de digues qui a résisté aux crues du Rhône jusqu'en 1993. Les grandes crues de 1886, 1935, 1951 qui affectèrent la vallée du Rhône ne vinrent pas à bout des digues de l'île de Camargue. Les inondations de 1993 et 1994 sont dues à un défaut d'entretien d'après la commission d'enquête (référence) et non pas à une insuffisance structurelle des digues. La contrepartie de cette protection a certainement été un sentiment de sécurité et l'oubli de la menace du fleuve ainsi qu'un entretien de plus en plus limité car le coût pouvait paraître d'autant plus élevé que le danger s'éloignait dans le temps.

1.5 – Le règlement de 1883

³² BRUNOT A., COQUAND R., 1982, *Le corps des Ponts et Chaussées*, CNRS. Voir aussi, F14 2165, Archives nationales.

Pour gérer les chaussées, un nouveau règlement fut mis en place par un décret du 3 juillet 1883. Il reprend de nombreux éléments du règlement de 1849. Ce règlement était commun aux syndicats des chaussées de Tarascon, du Trébon, du Plan-du-Bourg et de la Grande-Camargue. En premier lieu, il consacre la suprématie des grands propriétaires dans la gestion du système de défense. L'assemblée générale se compose en effet des propriétaires qui paient au moins 50 francs d'impôts fonciers pour les propriétés possédées dans le périmètre de l'association. En outre chaque propriétaire a d'autant plus de voix que son revenu cadastral est élevé, sans toutefois excéder 10 voix. Les autres propriétaires peuvent se regrouper pour atteindre l'équivalent de 50 francs d'impôts fonciers et être représentés. La prédominance des grands propriétaires est ainsi assurée, ce sont eux qui contrôlent le Syndicat des Chaussées de la grande Camargue.

L'association est administrée par un syndicat élu de 15 membres. Il est renouvelable par cinquième tous les ans après tirage au sort et ils sont rééligibles. Le Directeur est élu par les syndics pour trois ans.

Il est à noter que les délibérations du Syndicat ne deviennent exécutoires qu'après l'accord du Préfet. D'autre part si le Syndicat est chargé de l'exécution des travaux, de leur contrôle et de nommer les gardes-digues, il doit faire rédiger les projets de travaux par l'ingénieur du service du Rhône, ceux-ci doivent ensuite être examinés par l'ingénieur en chef et soumis au Préfet. Les choix techniques ne relèvent donc pas du Syndicat. L'Etat se réserve le droit de contrôler par l'intermédiaire du Préfet et d'imposer ses choix techniques grâce aux ingénieurs des Ponts et Chaussées. De même le budget doit être soumis aux mêmes contrôles de l'ingénieur et du Préfet. Par ailleurs les délits et contraventions sont constatés par des procès-verbaux dressés par le Conducteur des Ponts et Chaussées ou par tout autre agent de police,

Le règlement de 1883 conservait un certain nombre de dispositions du Décret Impérial de 1813 qui organisait l'entretien des chaussées. Tous les propriétaires riverains des chaussées ou qui en bénéficiaient devaient cotiser. Toute une série d'interdictions étaient à respecter : interdiction de faire des trous dans les chaussées, de planter des arbres sur les flancs, de cultiver à moins de 2 mètres du pied de la chaussée, la circulation était soumise à l'autorisation du préfet, de même les prises d'eau. En cas de menace lors d'une crue du Rhône tous les habitants de la commune de 16 à 60 ans seront réquisitionnés par le maire et seront tenus d'aller travailler sur les chaussées selon les indications des syndics. Le maire pourra également requérir tous les véhicules nécessaires pour les transports des secours, hommes et bestiaux. Des amendes étaient prévues en cas de refus.

En définitive, l'association disposait du pouvoir de faire le cadastre pour calculer les cotisations de ses membres, mais toutes ses activités étaient soumises en principe au contrôle des

ingénieurs des Ponts et Chaussées et de l'Etat par l'intermédiaire du Préfet. Cette tutelle était rendue nécessaire, du point de vue de l'administration, pour éviter les relâchements dans le contrôle de l'état des chaussées que tous les rapports jugeaient déplorables, et pour harmoniser les travaux le long du Rhône pour le garder navigable et assurer une protection continue.

Les cotisations pour les propriétaires pouvaient très élevées : dans la classe cadastrale la plus exposée des 10 classes déterminées en 1851 par un expert (BOSQ, 1853) elles atteignaient le cinquième des revenus de l'exploitation. A ce coût il fallait ajouter l'entretien du réseau hydraulique d'irrigation et de drainage. Barral (1876) au XIXème siècle estime qu'en moyenne les grands propriétaires consacraient un dixième de leurs revenus à la gestion hydraulique.

Conclusion

Cette recherche a donc porté sur l'analyse du système ancien, antérieur aux années 1840 et sa remise en cause après les inondations des années 1840 et la catastrophe de 1856. On peut la résumer en quelques points de la manière suivante :

-Le système ancien est caractérisé par l'adaptation de la vulnérabilité de l'économie camarguaise à la fréquence importante des inondations (36 inondations entre 1603 et 1790). La grande propriété permet de répartir les risques entre la production céréalière, l'élevage des moutons, la pêche dans les étangs, le ramassage des roseaux, la récolte du sel, la cueillette des plantes destinées à fabriquer la soude. Les associations de défense regroupent les grands propriétaires elles sont régies par un arrêté du Parlement d'Aix de 1543, et assurent une protection limitée contre les crues annuelles.

-Ce système est « amélioré » en application de la loi de 1805 qui prévoit un contrôle des pouvoirs publics et la création d'un comité central.

-L'ensemble du système est cependant remis en cause dans les années 1840 et surtout à la suite de l'inondation catastrophique du printemps 1856. Les demandes des propriétaires ne concernent plus seulement comme autrefois les réparations et les aides à la reconstruction des digues. Elles portent désormais sur la nécessité d'une protection accrue car l'économie disent la plupart de ces propriétaires est hors d'état de supporter les coûts des catastrophes. Les grands projets d'aménagement de la Camargue ont entraîné des investissements

importants en pompes et machines diverses et les détenteurs de capitaux, tous extérieurs à la Camargue, attendent des bénéfices rapides sous peine de reporter leurs investissements ailleurs. En employant une terminologie récente, on peut dire que la vulnérabilité du système a considérablement augmenté et sa capacité de résilience a diminué (Allard, 2000).

-L'Etat, soucieux d'assurer la protection des intérêts économiques, intervient et oblige les propriétaires dès 1849 à se regrouper en un seul syndicat : le Syndicat des Chaussées de la Grande Camargue.

-Pour autant, les grands propriétaires ne participent pas tous à ce passage à une agriculture spéculative, certains ne souhaitent pas une protection complète contre les inondations, des inondations peu fréquentes, peuvent amener des dépôts de limon favorables à l'agriculture. C'est vraisemblablement ce qui explique que les travaux d'exhaussement des digues ne commencent pas avant la catastrophe de 1856.

-La catastrophe de 1856 révèle les divisions locales entre les grands propriétaires. Elle est l'occasion d'une intervention de l'Etat qui va prendre une forme originale que l'on peut qualifier de novatrice. On peut la décomposer en 5 temps :

-En premier lieu Napoléon III inaugure le voyage « compassionnel », prévenu par télégraphe, il peut arriver rapidement sur les lieux grâce au chemin de fer (le PLM a été achevé en 1856). Il peut donc témoigner de la solidarité de l'Etat et des Français au travers de sa personne.

-En deuxième lieu, il donne les premiers secours financiers, il écoute les plaintes et va parler directement aux gens du peuple. Napoléon III soigne ainsi sa popularité mais à travers ces actes apparaissent de nouveaux comportements devenus désormais incontournables.

-En troisième lieu, quelques jours plus tard, il réagit en proposant un programme national de protection contre les inondations. Il s'agit de la lettre de Plombières du 19 juillet 1856 dans laquelle il définit les grandes lignes d'une politique d'endiguement des fleuves et de protection modulée selon les coûts des travaux et la gravité des risques encourus. Seules les villes doivent être protégées complètement, le reste est modulable.

-En quatrième lieu, une loi est votée en 1857. Dans son discours au corps législatif Napoléon III déclare : « Je tiens à honneur qu'en France les fleuves, comme la révolution, rentrent dans leur lit, et qu'ils n'en puissent plus sortir ». Il redéfinit ainsi en termes politiques grandiloquents le rôle de l'Etat.

-En cinquième lieu, l'Etat intervient directement, ce qui se traduit dans le cas de la Camargue par l'achèvement des travaux de la digue à la mer pour protéger le sud de la

Camargue et par ailleurs par les travaux d'exhaussement des digues qui commencent en 1859 et sont achevés en 1869. L'Etat participe pour un tiers au financement.

Ainsi se dessine une nouvelle gestion politique de la catastrophe, toujours actuelle, lorsque celle-ci a un caractère exceptionnel ou que la presse et l'opinion publique lui attribuent un caractère exceptionnel, en cinq temps :

-le temps des secours immédiats

-l'expression compassion nationale exprimée par les représentants de l'Etat

-le temps des réparations matérielles

-la remise en cause des systèmes anciens de prévention

-la mise en place d'un nouveau système de gestion

-Tous ces travaux sont menés par les ingénieurs des Ponts et Chaussées qui depuis quelques années avaient développé de nouvelles conceptions sur les causes des inondations et la manière d'y remédier. L'ingénieur Surell avait mis en cause dès 1841 dans un ouvrage devenu célèbre le déboisement des montagnes (cet argument était déjà utilisé depuis longtemps), et des ingénieurs comme Kleitz et Belin s'interrogeaient sur la manière de calculer les crues, en expliquant en utilisant sans la nommer l'idée de bassin versant et celle de crue théorique maximale.

Le système de protection mis en place et achevé en 1869 a tenu durant plus de 140 ans, donnant ainsi l'impression aux Camarguais d'une protection absolue. C'était celle qui était souhaitée par les ingénieurs de l'époque certes, mais on a appris depuis qu'aucun système ne peut prétendre protéger complètement.

C'est ainsi que les activités économiques de la Camargue ont pu prospérer, le blé laissant la place à la vigne submergée lors du phylloxéra et le riz triomphant après la Seconde Guerre Mondiale. Toutes les autres activités, y compris celles de protection de la nature, ont certainement été influencées, voire rendues possibles pour certaines d'entre elles, grâce à cette

protection devenue transparente au fil du temps. Ce système était sous le contrôle de l'Etat par l'intermédiaire des ingénieurs des Ponts et Chaussées et du préfet mais il laissait aux propriétaires des grands domaines la charge de l'entretien, il y avait là, peut-être, l'amorce d'une fragilité future, car le financement de l'entretien s'ajoutait au coût très élevé du système hydraulique d'irrigation et de drainage. La catastrophe de 1856 a permis de révéler l'inadaptation de l'ancien système de protection et de mettre en place, avec de nombreuses difficultés, un nouveau système de protection qui répondait à la nouvelle demande de protection des riverains et aux préoccupations sécuritaires de l'Etat. C'est ce système qui a été remis en cause lors des inondations de 1993-94.

2 - Après les inondations de 1993 et 1994 :

Depuis la dernière grande inondation de 1856 et les travaux de réhaussement des digues du Rhône achevés en 1869, les Camarguais n'ont plus eu à subir la colère du fleuve. Octobre 1993 et Janvier 1994 mettent fin à ce siècle de protection sans faille.

2.1- Des inondations révélatrices de changement social³³

Les 9 et 10 octobre 1993, des brèches s'ouvrent en plusieurs points de la digue de la rive gauche du petit Rhône. La plus importante, la brèche de Figarès nécessite plusieurs jours d'intervention pour être colmatée. L'eau pénétrant en Camargue envahit les zones de Saliers, et de la Grand Mar. Plus de dix jours sont nécessaires pour évacuer ces 148 M de m³ d'eau. Le 8 janvier 1994 une première brèche s'ouvre au niveau de Lauricet (à quelques kilomètres en aval de Figarès), puis une seconde au niveau de Beaumont (à quelques kilomètres en amont de Figarès). Les superficies submergées sont plus faibles que lors des inondations d'octobre (6 à 7 000 hectares, contre 23.500 hectares en octobre). L'évacuation de l'eau a été plus rapide, facilitée par le mistral. Lors de ces inondations, 96 familles furent évacuées (Sautter, 1994).

2.1.1- Quelques brèches dans le système « socio-hydraulique » : les grands êtres mis en accusation

L'eau n'a pas submergé les digues, elle y a creusé des brèches, pouvant atteindre 50 mètres de long. Ces considérations ne relèvent pas uniquement de perspectives hydrauliques ou techniques, mais concernent aussi les pôles socio-économiques et juridiques. Ce n'est pas une crue qui en étant plus forte que d'accoutumé trahit ses porte-parole, car de précédentes crues

³³ Nous reprenons ici l'analyse proposée par Cécilia Claeys-Mekdade (2000, 2003).

de même ampleur n'avaient pas ébranlé les digues du Rhône. La crue de 1993-1994 était exceptionnelle, mais non pas sans précédent³⁴. Par contre ce sont les digues, ces grands êtres dans la *cité industrielle*, qui ont perdu de leur *grandeur*, c'est-à-dire qui ont perdu en solidité et en efficacité. En cet hiver 93-94, elles n'ont pas su contenir une crue d'une ampleur pourtant précédemment affrontée.

Cette perturbation du système *socio-hydraulique* camarguais produit une controverse qui évacue rapidement la thèse de la *défaillance* due à des éléments contingents. L'ordre *socio-hydraulique* instauré, résultant de la cohabitation et de la complémentarité de trois pôles est mise en question³⁵. Cette crue en montrant l'affaiblissement des digues dévoile plus largement l'affaiblissement du *compromis* camarguais.³⁶

Les crues de 1993 et 1994 furent plus qu'une *défaillance* momentanée des grands êtres en place. Et la prise de parole qu'elles incitèrent appelle non seulement à un réajustement des grandeurs, mais aussi plus profondément à une remise en cause des bases du *compromis* camarguais et de ce fait de son système *socio-hydraulique*.

Les premières prises de parole sont le fait des victimes des inondations, constituées en comité des sinistrés. Ce comité est composé d'individus touchés par l'inondation (principalement les villages de Saliers et de Gimeaux et leurs environs), ainsi que de proches voisins, guettant l'eau s'approchant de leurs portes. L'association se désigne comme le porte-parole des sinistrés

³⁴ Il est en effet précisé dans le rapport de la mission interministérielle sur les inondations de la vallée du Rhône (Dambre et al. 1994) que des débits voisins de celui des crues de 1993 ont été observés en 1935 et dans une moindre mesure en 1951. Le débit de la crue de 1993 (9800m³/s) est d'une fréquence cinquantennale. La crue de 1994 a été certes de plus grande ampleur avec un débit atteignant 11000m³/s et une fréquence centennale, toutefois les inondations de 1994 furent de moindre ampleur, du fait d'une évacuation naturelle de l'eau, facilitée par le mistral et un niveau de la mer plus bas.

³⁵ Ces trois pôles, sont rappelons-le : (1) Un système latifundiaire et sa logique agricole sont protégés des colères du fleuve par de hautes digues et approvisionnés en eau par un système complexe d'irrigation et de drainage pompant l'eau douce du fleuve et la rejetant en parti dans le fleuve, en partie dans les étangs centraux ; (2) une industrie salinière, pompe dans la mer une eau à taux de salinité déjà élevé ; (3) une réserve naturelle, gérée par un interlocuteur neutre, la société d'acclimatation, devenue ensuite la Société Nationale de Protection de la Nature (S.N.P.N.), déploie une politique de gestion relevant de la non intervention ou tout au moins de l'intervention « légère » dans une perspective protectionniste (Picon 1978).

³⁶ On peut ici dire du système socio-hydraulique Camarguais qu'il relève d'un *compromis*, au sens où l'entendent les Economies de la Grandeur (Boltanski et Thévenot 1991) c'est-à-dire un dispositif qui reste orienté vers un *bien commun* sans pour autant que ce dernier soit précisément défini, si ce n'est pas son aptitude à ne pas aller à l'encontre des différents *mondes* impliqués, dans la mesure où les objets équivoques que sont l'eau et les marais, tour à tour, doux, salés ou saumâtres, tour à tour agricoles, industriels et naturels contribuent à *frayer* ce *compromis* en outre, la forte imbrication qui caractérise ce système socio-hydraulique rend difficile, voire impossible, l'identification d'êtres ou d'actions relevant strictement d'un domaine et/ou d'une grandeur. Les digues et le système d'irrigation sont des objets techniques dont la gestion complexe appelle une réglementation spécifique et dont l'utilisation produit des formes socio-économiques originales. De même, la gestion de l'eau

auprès des pouvoirs publics. Le comité des sinistrés, au départ sans statut juridique aucun, est vite reconnu par les pouvoirs publics, dans la mesure où il constitue un interlocuteur unique et facilement identifiable par ces derniers. Les premières actions des membres du comité des sinistrés sont celles de l'urgence, appelant à la solidarité. Sont ensuite soulevées les questions d'indemnisation et de ce fait de responsabilité. Commence alors un processus de recherche d'un responsable de ces inondations, dont la presse s'est largement fait l'écho.

Cette logique de recherche d'un responsable est un scénario classique déjà observé lors de précédentes recherches (Duclos 1987, Roqueplo 1987). Si cette logique de désignation d'un « bouc émissaire » semble être une constante à travers les différentes époques, elle n'a pas toujours eu le même sens. On l'a vu, jusqu'au XVIII^e siècle, la fatalité et le châtement divin sont considérés comme des explications suffisantes des catastrophes. Dieu déchaîne les éléments pour réprimander les pêcheurs : gérer le risque est de l'ordre du divin. La réponse apportée prend la forme de prières et de dons substantiels à l'église. Lorsque la question de la responsabilité est soulevée, il s'agit d'identifier le pêcheur attirant les foudres divines, un bouc émissaire est désigné. La communauté châtie alors ce pêcheur au nom de Dieu (Allard & Pailhès 1996). Dans cette logique, le blâme des victimes elles-mêmes et plus généralement des pauvres était récurrent (Duclos 1987).

Depuis le XVIII^e siècle, les représentations et la gestion du risque ont largement évoluées. L'explication d'une catastrophe naturelle en termes de fatalité et de châtement divin ne tient plus qu'une faible part dans la gestion des risques. De nos jours, lors de catastrophes naturelles ou techniques, la recherche du ou des responsable(s) est devenue un leitmotiv. On trouve comme jadis le même mécanisme de « réflexe symbolique », pour reprendre l'expression de Denis Duclos (1987). Mais à cette dimension culturelle viennent aussi se greffer des préoccupations politiques et économiques. Ce qui fait dire à Philippe Roqueplo (1987) au sujet des risques « naturels » que « notre nature est devenue « technonature » et elle est aussi fortement imbibée de politique que l'antique nature l'était de religion ».

Cette réponse aux catastrophes "naturelles" en termes de recherche d'un responsable est étroitement liée à l'évolution des modes de gestion du risque. Il s'agit d'une évolution technique, mais aussi plus largement d'une évolution socioculturelle. Concernant la

relève d'une logique économique (production agricole et salinière), mais produit une zone d'un intérêt biologique remarquable, intéressant (en tant que processus d'*intéressement*) la sphère scientifique.

Camargue, Paul Allard et Sigolène Pailhès (1996) ont montré, comment une société locale est passée d'un rapport religieux au risque inondation à une vision rationnelle de la maîtrise du fleuve. Totalement endiguée en 1869, la Camargue n'a plus dès lors connu d'inondation notable. Le risque a été maîtrisé, puis oublié. Comme le suggère Jacques Theys (1987), un risque considéré par une société comme maîtrisé, est aussi un risque qui n'est plus toléré.

En 1993 et 1994, lorsque les Camarguais se trouvent submergés, ils ne tolèrent pas cette situation. En Camargue, non seulement la colère de Dieu n'est plus une explication suffisante des inondations, mais les caprices de la nature ne sont pas non plus dans un premier temps, mais dans un premier temps seulement, un argument jugé satisfaisant. Il leur faut désigner un responsable. Sous l'impulsion du comité des sinistrés, les accusations se sont rapidement tournées vers les propriétaires fonciers. Les propriétaires, et tout particulièrement les riziculteurs, sont accusés d'avoir creusé des percées dans les digues pour développer leur système d'irrigation.

Ces forages, réalisés sans autorisation, auraient affaibli les digues. Ce membre du comité des sinistrés raconte par exemple : « (...) *Nous les photos, avec ma femme pendant les crues, on allait faire des photos des brèches, parce qu'on voyait très bien. Y'avait les digues, les sacs lâchés par les hélicoptères, et puis au milieu, pouf, chaque fois, une canalisation, vous voyez. Nous on a fait passer ces photos, alors elles sont passées dans la presse* ».

Cette accusation se lit effectivement jusque dans les gros titres de la presse nationale : « Camargue : les vraies failles de la digue. C'est en irriguant que la Camargue s'est noyée » titre Libération pour son édition du week-end des 30 et 31 octobre 1993.

Quant au rapport interministériel du 5 avril 1994, il évoque la présence de 200 conduites traversant la digue, précisant que « *ces conduites ne sont pas toutes répertoriées* ». Si ce même rapport conclut avec prudence que « *l'état de semi-abandon de cette digue est la cause des nombreuses brèches constatées* » (Dambre et al. 1994), il est cependant mentionné au sujet des conduites que « *la plupart constituent des points faibles, notamment lorsqu'elles ont été posées après terrassement jusqu'en pied d'ouvrage, sans fonçage, ce qui semble être le cas général* » (Dambre et al. 1994).

Les porte-parole du comité des sinistrés mettent aussi en cause le mauvais fonctionnement du syndicat de gestion des chaussées de Grande Camargue. Ce sont les gestionnaires du syndicat,

donc de nouveau les propriétaires fonciers à qui les statuts du syndicat des digues octroient un pouvoir important³⁷, qui sont désignés comme responsables. L'accusation porte sur leur négligence et leur réticence à financer le nécessaire entretien des digues. Cette accusation est aussi reprise dans la presse locale et nationale. On y parle à ce titre de manque de clarté dans les comptes de ces structures. La presse signale que la comptabilité des associations fait l'objet d'une procédure de contrôle par la chambre régionale des comptes qui a, selon son président Alain Serieyx, "d'ores et déjà" émis de nombreuses "réserves" (Le Provençal, Le Méridional, Midi libre du 3 décembre 1993). Le rapport interministériel du 5 avril 1994, mentionne à ce sujet que la situation du syndicat « *est irrégulière, ses délibérations étant systématiquement annulées depuis plusieurs années par le tribunal administratif de Marseille* » (Dambre et al. 1994).

En réponse à ces attaques, les propriétaires fonciers cherchent les responsables au sein du monde animal. Les ragondins, les blaireaux, les renards et autres animaux fouisseurs sont accusés de détériorer les digues en y creusant leurs terriers. Si les différents protagonistes s'accordent pour reconnaître l'impact négatif des animaux fouisseurs sur la solidité des digues, la thèse des ragondins ne suffit pas à innocenter les propriétaires fonciers. L'accusation adressée au monde animal ne paraît pas être une explication suffisante pour le comité des sinistrés. En effet, en désignant le responsable supposé, on cherche aussi le financeur potentiel. Ceci peut expliquer que la thèse des ragondins ne peut suffire. Bien qu'elle ménage les tensions locales, cette accusation présente un inconvénient de taille, elle s'attaque à une entité non solvable.

Le rapport interministériel, mentionne bien l'effet des animaux fouisseurs, mais seulement à la fin d'un paragraphe faisant état des endommagements résultant d'activités anthropiques, la riziculture et la construction de bâtiments : « *Son pied, côté terre, est souvent en piteux état, celui-ci étant fréquemment érodé par les riverains pour accroître la surface cultivable des rizières. Il a aussi été constaté que cette digue avait été entaillée en plusieurs endroits pour permettre l'implantation d'un bâtiment ou d'une maison. En outre, elle présente de nombreuses déformations par suite des tassements provoqués par les multiples terriers d'animaux (ragondins, blaireaux, lapins ...) et aussi par la végétation arbustive* » (Dambre et al. 1994).

³⁷ Les statuts du syndicat de gestion des digues octroient à ses membres un pouvoir proportionnel à la taille de son exploitation.

Peaufinant leur défense, les propriétaires se tournent vers la C.N.R. (Compagnie Nationale du Rhône)³⁸. La C.N.R. est tenue pour responsable par les propriétaires camarguais dans la mesure où la construction de plusieurs barrages sur le Rhône aurait perturbé le régime du fleuve et que la gestion de ces barrages se devait de compenser ces perturbations par une gestion des flux d'eau et par extension une prévention des crues. La C.N.R. se retranche derrière les finalités agricoles, hydroélectriques et de transports de ses installations, qui ne la chargent pas de la gestion des crues du Rhône. Les accusations adressées à la C.N.R. sont restées sans suite.

Le rapport interministériel (Dambre et al. 1994) innocent officiellement la C.N.R., en concluant que « *les crues du Rhône d'octobre 1993 et de janvier 1994 sont dues principalement à de fortes précipitations sur la partie aval du bassin* », après avoir rappeler la grandeur de ces aménagements au regard de la cité industrielle³⁹ et l'effet neutre de ces aménagements sur les crues : « *Les barrages construits par la CNR sur le Rhône n'ont pas un rôle de stockage d'eau comme les barrages écrêteurs de crue. Ils sont transparents vis-à-vis de celles-ci* » (Dambre et al. 1994).

Les différentes accusations des propriétaires ont en commun d'appréhender l'inondation comme une défaillance du système *socio-hydraulique* relevant de facteurs contingents, comme les animaux fouisseurs, ou de facteurs extérieurs au *compromis* camarguais, comme la gestion du fleuve par la C.N.R. en amont de l'île. Il s'agit de mettre le *compromis* camarguais à l'abri des suspicions et de ne pas le soumettre à une nouvelle épreuve pouvant affecter la composition du système *socio-hydraulique* et la hiérarchie des êtres qui le composent.

Mais les thèses des propriétaires, accusant les animaux fouisseurs et la C.N.R., ne convainquent pas les membres du comité des sinistrés qui persistent à pointer du doigt les canalisations illicites et la mauvaise gestion du syndicat des chaussées de Grande Camargue, et donc *in fine* les grands propriétaires fonciers. Les porte-parole des sinistrés rejettent ou considèrent comme insuffisante la perspective d'une *défaillance* résultant de facteurs contingents (les animaux fouisseurs) ou de facteurs extérieurs à la Camargue (la C.N.R.).

³⁸ La C.N.R., société d'intérêt général " a reçu en 1934 la concession générale de l'aménagement du Rhône pour tirer le meilleur parti possible du fleuve au triple point de vue de la production d'électricité, de la navigation et des utilisations agricoles de l'eau (...) Ces travaux sont exécutés par aménagements successifs d'une vingtaine de kilomètres de longueur en moyenne, qui transforment le fleuve en un gigantesque escalier dont les douze marches sont délimitées par des barrages, des usines hydroélectriques et des écluses " (C.N.R. 1971).

2.1.2- La puissance publique, un responsable « bon payeur »

Dans la perspective d'une recherche de responsable, l'action du comité des sinistrés ne s'est pas limitée à la dénonciation des propriétaires fonciers. D'un point de vue économique, la désignation des propriétaires comme seuls responsables aurait rapidement abouti à une impasse. Elle aurait compromis la déclaration des inondations comme catastrophe naturelle, rendant plus aléatoire et plus complexe, la prise en charge des dégâts par les assurances des sinistrés. Si l'on peut dire, le statut de catastrophe naturelle « arrange tout le monde ». Les sinistrés peuvent bénéficier du remboursement de leur assurance, les gestionnaires des digues n'ont pas à verser d'indemnités, la C.N.R. n'est pas mise en cause, et donc par son intermédiaire, la politique nationale d'aménagement des fleuves et de production hydraulique « garde la tête haute ».

Seule une poignée d'irréductibles contestent le principe de catastrophe naturelle. Ils sont quatre sinistrés à avoir entamé des procédures judiciaires contre l'Etat. L'un d'entre eux explique ainsi leur démarche : *« Nous sommes quatre à avoir attaqué l'Etat. En disant que les associations syndicales qui étaient chargées de l'entretien des digues étaient des associations syndicales autorisées, forcées même je crois, et qu'elles dataient de Napoléon III, et qu'elles étaient sous tutelle de l'Etat. Ces associations ont failli à leur mission, et elles sont responsables. L'Etat étant tutelle, ne s'étant pas rendu compte que ces associations portaient en brioche, en dernier recours, l'Etat est responsable. Donc, nous avons attaqué l'Etat au tribunal administratif. (...) On attaque sur cette raison-là. En disant que l'Etat, il avait un devoir. Bon, ça fait partie des rôles de l'Etat la justice, la police et la protection des biens et des personnes. Il a failli à cette mission. D'autant qu'il avait un représentant technique qui était le service de navigation, qui assistait à toutes les réunions de l'association forcée. (...) (enquêteur : Et là, au niveau du procès, pourquoi vous êtes seulement quatre ?) On était quinze au départ. Vous savez quand ça a pété, on a attaqué fin 93, début 94. Quand ça a pété, tout le monde, nous, nous étions convaincus de ce qui s'était passé. Par contre on nous a convaincus, on nous a foutu une pression énorme, parce qu'on aurait été des salauds si on*

³⁹ « La productibilité totale de ces ouvrages, en hydraulité moyenne, est de 14,9 Twh/an », « la navigation de bateaux de 1500 tonnes et de convois poussés de 3000 tonnes, à 3 m d'enfoncement », « prélever un débit maximal de 100 m³/s permettant d'irriguer 130000 ha » (Dambre et al. 1994).

avait dit ce qu'on pensait, si on avait attaqué, parce que l'état de catastrophe naturelle aurait pu ne pas être prononcé. Et tous ces malheureux, avec leur réfrigérateur, ... (...) Alors on nous a foutu une pression énorme. Une fois que ça a été déclaré catastrophe naturelle, on a attaqué. Mais, il y a des gens qui ont fait marche arrière, voilà. (...) A partir du moment où l'état de catastrophe avait été prononcé, ben, les gens ont été indemnisés par leurs assurances. Donc, il n'y avait plus de préjudice ». De quinze au début, ces irréductibles sont passés à quatre après la déclaration de catastrophe naturelle. Ils n'ont pas été suivis ni soutenus par le comité des sinistrés.

Par ailleurs, et toujours d'un point de vue économique, on voit mal comment une poignée de propriétaires fonciers, subissant qui plus est le déclin de la riziculture, aurait pu à elle seule financer la remise en état de près de 160 kilomètres de digues, endommagées certes par des canalisations illégales, mais aussi simplement usées en grande partie par un siècle de loyaux services. Plus encore, le principe d'une gestion relevant de la seule compétence des agriculteurs propriétaires était cohérent tant qu'ils étaient les seuls occupants des lieux, mais, ils ne sont plus aujourd'hui les seuls bénéficiaires de la protection des digues du Rhône. En effet, depuis l'après-guerre, en plus de l'installation de nouveaux habitants, la fréquentation touristique de la Camargue s'est développée de façon exponentielle, drainant chaque année des milliers de visiteurs, profitant le temps d'une visite, de la protection offerte par les digues du Rhône⁴⁰.

C'est là un argument fort que les propriétaires ont su mettre en avant. Le président de l'association des propriétaires fonciers proches du Vaccarès et président du comité des propriétaires au Parc de Camargue argumente ainsi : *« Ce qu'il faut voir, c'est que ces digues ont été faites à la charge des propriétaires et des exploitants du sol, c'est-à-dire le monde agricole et paysan. Ce n'est plus du tout comme autrefois maintenant. Maintenant, il y a toutes sortes de commerces, même d'industries, la compagnie des Salins du Midi c'est énorme, etc. (...) Et moi, je prétends que les digues sont devenues des ouvrages de protection civile. Les digues, c'était à l'origine pour protéger les exploitations agricoles et la propriété. Mais maintenant, c'est une sorte de protection civile, pour protéger des choses qui n'ont rien à voir avec l'agriculture ».* Bref, les digues ne relèveraient plus uniquement de quelques gros intérêts privés, mais de l'intérêt public.

⁴⁰ A titre indicatif, en 1997, plus de 90 000 personnes ont visité le Parc ornithologique du Pont de Gau (route des Saintes Maries de la mer) (Source : Comité Départemental du Tourisme).

Conscients des limites économiques de la désignation des propriétaires fonciers comme seuls responsables, les porte-parole des sinistrés se tournent vers les pouvoirs publics, démarche à laquelle adhèrent sans hésitation les propriétaires fonciers eux-mêmes. L'association interpelle donc la municipalité, qui s'en remet, pour sa part, à l'Etat. L'Etat est ainsi pointé en dernier recours comme le responsable. Il est désigné comme responsable, en tant qu'il est l'initiateur du cadre juridique et technique régissant le syndicat de gestion des chaussées de Grande Camargue, mais aussi plus largement en tant que garant de la sécurité des biens et des personnes. Et force est de constater que quelques soient les particularismes locaux, en Camargue comme ailleurs, les processus de désignation d'un responsable aboutissent bien souvent à l'interpellation de l'Etat (Roqueplo 1987).

Dans ce contexte, le comité des sinistrés passe d'une stratégie de dénonciation à une stratégie de proposition. Les fondateurs du comité des sinistrés font en effet partie des premiers à formaliser une demande de restructuration du système de gestion des digues. Dès le 12 octobre 1993, les porte-parole du comité des sinistrés rédigent et diffusent une pétition, demandant la création d'un groupe d'étude :

« Considérant qu'il appartient de droit aux habitants de la Camargue de s'assurer de la sécurité tant de leur personne que de leurs biens, ils demandent instamment que soit mis en place un groupe d'étude comprenant des élus, des représentants de l'association de gestion des digues, ainsi que des membres du comité des sinistrés, pour proposer une réforme du système obsolète d'entretien des digues du Rhône et envisager les moyens d'indemnisation »
(Pétition du comité des sinistrés, du 12 octobre 1993)

Cette pétition obtient près d'un millier de signatures (Midi Libre du 8 novembre 1993). Elle est suivie par la rédaction d'un courrier au Ministre de l'Environnement, le 9 décembre 1993. Réitérant son constat d'obsolescence du système de gestion des digues et sa demande de réforme de ce dernier, le comité des sinistrés formule dans ce courrier des propositions concrètes, suggérant la création d'un syndicat mixte :

*« Monsieur le Ministre,
La récente crue du Rhône a mis en évidence les limites d'un système de protection mis en place il y a 150 ans, et l'incurie d'une association syndicale forcée qui manifestement n'assume plus la mission qui lui a été confiée.
Considérant qu'il appartient aux collectivités locales, départementales, régionales et à l'Etat d'assurer la mission de sécurité des populations habitant le delta ainsi que de leurs biens, l'« Association des Camarguais » demande :*

*La dissolution du Syndicat des chaussées de Grande Camargue,
La création d'un syndicat mixte qui aura pour mission de gérer l'ensemble des actions hydrauliques
de la Camargue, la remise en état et l'entretien des ouvrages de protection contre les crues. »*
(courrier du comité des sinistrés, renommé « Association des camarguais », adressé au Ministre de
l'Environnement, le 9 décembre 1993)

Les deux mois d'écart entre la pétition et le courrier ont permis aux porte-parole du comité des sinistrés, devenu entre temps l'Association des Camarguais de peaufiner et de préciser leurs demandes. En décembre, les dénonciations des canalisations illicites dans les digues ne font plus les gros titres dans la presse, et les sinistrés ont, pour un temps au moins, de nouveau les pieds au sec. Autant de facteurs qui ont contribué à passer de la contestation à la proposition.

Les porte-parole des sinistrés maintiennent et argumentent leur désignation de l'association de gestion des digues comme une structure « *obsolète* ». Toutefois, ils ne demandent plus la création d'un groupe d'étude. Appréhendé dans la pétition comme un interlocuteur nécessaire, le syndicat de gestion des digues, n'a plus dans ce courrier droit au chapitre du fait de son « incurie » et de sa mission non assumée. L'accusation n'est pas directement portée contre un individu ou un groupe d'individus (les propriétaires), mais de façon plus impersonnelle vers une structure, le syndicat des chaussées de grandes Camargue. Mieux encore, l'argumentation est inversée : Ce n'est pas le syndicat qui est responsable des inondations, mais ce sont les inondations qui ont « *mis en évidence les limites d'un système de protection* ».

Ce renversement de perspective permet alors d'orienter l'argumentaire vers la responsabilité civile des pouvoirs publics. Car ce que signifie l'enchaînement sans transition des deux premières phrases de cette lettre, c'est que « qui que soit » ou « quoi que soit » à l'origine de l'inondation, les pouvoirs publics se doivent de toute façon d'assurer la sécurité de leurs administrés.

Vient ensuite, la proposition des porte-parole des sinistrés qui révèle de façon plus large leur projet pour un collectif camarguais rénové :

- Tout d'abord, la dissolution du syndicat de gestion des chaussées de grande Camargue : Exit donc la maîtrise des digues, et indirectement de l'eau, par les grands propriétaires fonciers.

- Ensuite, prise en charge de la gestion des digues, mais aussi de « l'ensemble de la gestion hydraulique de la Camargue » par un syndicat mixte : Ce qui signifie le passage d'une gestion privée à une gestion publique.

Si le comité est à l'origine de la désignation des grands propriétaires comme responsables des inondations, il s'adresse pourtant en dernier lieu aux pouvoirs publics, vers lesquels vont alors s'orienter les revendications et les propositions de l'association. L'Etat, bien qu'ayant financé les interventions d'urgence se montre réticent pour une prise en charge des digues de Camargue. L'enjeu est de taille, dépassant le seul cadre camarguais. Il est en effet difficile pour l'Etat, mais aussi la Région et le Département de créer un précédent, pouvant les entraîner à moyen terme à devenir les gestionnaires de milliers de kilomètres de digues réparties sur l'ensemble du territoire français. L'Etat, la Région et le Département s'engagent alors sur le principe d'une aide financière, tout en refusant de devenir gestionnaires des digues, tâche qu'ils confient aux communes concernées.

Le comité des sinistrés voit sa proposition en partie mise en œuvre, avec la création d'un syndicat de gestion des digues en 1996, syndicat intercommunal, à défaut d'être mixte. L'actuel directeur du syndicat intercommunal raconte ainsi la création de la structure : « *La proposition du rapport Dambre⁴¹ était de dissoudre les associations qui sont incompetentes et créer une structure publique qui soit capable de faire un diagnostic des digues et d'assurer la maîtrise d'ouvrage d'un programme de renforcement ou de remplacement. Et cette structure, le rapport Dambre le dit en toutes lettres, c'est le syndicat mixte. Alors aussitôt le Préfet a réuni tout son monde. C'est-à-dire la Région, le Département, les Communes, et il leur a dit voilà, je ferme la porte et je veux que vous vous mettiez d'accord pour créer un syndicat mixte (rire). Euh, les discussions n'ont pas duré une matinée ou un après-midi, elles ont duré 3 ans. Pour finalement déboucher sur un syndicat intercommunal, puisqu'à l'époque, la Région n'a pas voulu rentrer dans le syndicat, au titre qu'elle ne l'avait jamais fait et qu'elle ne voulait pas créer de précédent. Et, le Département a dit si la Région rentre pas, moi j'y vais pas non plus. Donc les maires se sont retrouvés entre eux. Et c'est pour ça que c'est un syndicat intercommunal qui a été créé et non pas un syndicat mixte. Oh, c'était mieux que rien* ».

⁴¹ Rapport interministériel, précédemment évoqué, du mois d'avril 1994.

Le SIDRHEMER (Syndicat Intercommunal des Dignes du RHône et de la MER), composé des communes d'Arles, de Port Saint Louis et des Saintes Maries de la mer, est donc une version édulcorée des ambitieuses propositions du comité des sinistrés. Il s'agit d'un syndicat intercommunal, et non pas mixte, qui limite son action à la rénovation des digues de Camargue. L'entretien des digues n'est en effet pas pris en compte par ce dernier suite au refus des communes de Port Saint Louis et des Saintes Maries de la mer. Quant à la gestion de l'ensemble des actions hydrauliques de la Camargue prônée par le comité des sinistrés, la perspective n'a visiblement pas été abordée lors de la création du SIDRHEMER.

En 1999, le syndicat intercommunal est finalement transformé en un syndicat mixte (Communes, Conseil Général, Conseil Régional), en partie grâce à l'élection du Maire d'Arles à la présidence du Conseil Régional. Le directeur du syndicat évoque ainsi la question : « (enquêteur : L'élection de Michel Vauzelle à la Région a eu une influence ?) Ah, ben bien sûr. Si vous voulez, même dans sa campagne électorale, Michel Vauzelle avait annoncé que, s'il était élu, il ferait rentrer la Région dans le SIDRHEMER. Il a été élu, et il l'a fait. Ça s'est pas passé très facilement, ça, il l'a fait. C'était pas évident ».

Le SIDRHEMER devient donc le SYMADRHEM (SYndicat Mixte d'Aménagement des Dignes du RHône et de la Mer) et élargit son domaine d'intervention en prenant finalement en charge l'entretien des digues. Quant à la gestion de l'ensemble des actions hydrauliques de la Camargue demandée par le comité des sinistrés, toujours aucun mot n'est soufflé à ce propos. L'Etat et les collectivités territoriales se montrent finalement « bons payeurs ». Et la transformation du syndicat intercommunal en un syndicat mixte s'accompagne même d'une augmentation de leur participation, comme l'indique le tableau ci-dessous.

Répartition du financement des nouveaux syndicats de gestion des digues de Camargue :

	SIDRHEMER		SYMADHREM	
	Investissement	Fonctionnement	Investissement	Fonctionnement
Etat	40%	0%	40%	0%
Région	22,5%	0%	30%	33%
Département	25%	33%	25%	33%
Communes	12,5%	67%	5%	34%
Total	100%	100%	100%	100%

2.1.3- La fin des « seigneurs » de Camargue ?

« Les gens qui étudient les crises n'ont pas à décider de qui est responsable, mais à prêter une grande attention à la double situation : « c'est toi le coupable » et, en réponse, « je suis un bouc émissaire, ce n'est pas moi, c'est l'autre », fait remarquer Bruno Latour (1994). « ... le passage, poursuit-il plus loin, la façon de se « refiler » l'accusation révèle évidemment la structure du collectif » ... et ses éventuelles modifications, peut-on ajouter.

Au sein du collectif camarguais, le processus d'accusation est riche de sens. Ces accusations ne dénoncent pas uniquement les forages sauvages ou le manque de volonté dans la gestion et le financement des digues. Il ne s'agit là que de la partie visible de l'iceberg. En s'attaquant directement aux propriétaires fonciers, les porte-parole des sinistrés remettent en cause la légitimité de ces derniers, touchant aux bases mêmes de la structure latifundiaire, un des piliers du système *socio-hydraulique* camarguais.

L'enjeu dépasse le seul cadre de la gestion du risque. Les inondations jouent le rôle d'un révélateur, voire d'un détonateur, faisant émerger des conflits latents. Pour que les propriétaires fonciers soient désignés comme responsables, pour que leur grandeur soit remise en cause, le contexte social devait s'y prêter. Car enfin, qui sont les principaux sinistrés ? Ceux qui habitent à proximité des brèches et/ou dans les zones les plus exposées aux inondations, c'est-à-dire proches, voire en dessous du zéro marin⁴². Or les zones inondées correspondent à la Camargue périurbaine (Camargue Major), zone progressivement abandonnée par la logique latifundiaire, au bénéfice d'un processus de parcellisation.

De plus, les habitations touchées par l'inondation ont majoritairement été construites après les années 1950. Elles rendent compte de l'arrivée en Camargue de nouvelles populations déjà évoquées et du départ de la main d'œuvre des mas anciens (en particulier suite à la mécanisation de la riziculture) pour une installation à leur compte ou une reconversion vers les secteurs secondaire ou tertiaire⁴³. Ces deux formes d'installation en Camargue composent un nouveau type d'habitants relativement autonomes par rapport au système latifundiaire traditionnel. Or, c'est cette relative autonomie par rapport au système latifundiaire qui a

⁴² Un ou deux mètres de hauteur sont en Camargue une bonne altitude qui peut protéger des inondations.

⁴³ La population agricole en Camargue a baissé de 37,7% en 20 ans (D.D.A.).

permis à ces « nouveaux Camarguais », via le comité des sinistrés, de tenir le rôle de « lanceur d'alerte » (Chateauraynaud 1996).

Si on suit l'analyse de Francis Chateauraynaud (1996), le « lanceur d'alerte » « n'est pas forcément tenu par des obligations », il peut « agir en dehors ou rompre avec un réseau d'obligations, qui peut s'avérer défaillant, insuffisant voire inexistant, pour s'engager dans la « captation » du ou des phénomènes qu'il juge dangereux ». C'est en ce sens que le comité des sinistrés constitué d'individus relativement autonomes par rapport au système latifundiaire traditionnel a pu pointer du doigt la responsabilité des propriétaires, c'est-à-dire s'attaquer aux maîtres des lieux jusqu'alors incontestés.

Ces accusations portées aux grands propriétaires fonciers relèvent de ce que l'on désignera à la suite de Boltanski et Thévenot (1991), comme un *dévoilement critique* du *compromis* camarguais. Ce dévoilement consiste en la mise à jour des « vraies » motivations des êtres engagés qui relèveraient « en fait » de l'intérêt particulier et non pas de l'intérêt général. En désignant les canalisations illicites percées dans les digues comme responsables des inondations et en dénonçant la gestion obscure du syndicat des chaussées de grandes Camargue, les porte-parole des sinistrés dévoilent que les propriétaires, ces grands êtres supposés, auraient « en fait » mis à mal le *compromis* camarguais afin d'atteindre leur intérêt particulier : le profit. Ce dévoilement des intérêts particuliers a amené en un premier temps les sinistrés à formuler une demande de *réajustement des grandeurs* :

- *Dévoilement et demande de réajustement relevant de la cité industrielle* : En endommageant les digues à force de canalisations illicites, c'est-à-dire en affaiblissant la solidité et donc l'efficacité de ce grand être dont ils avaient la responsabilité, les propriétaires ne se seraient pas montrés dignes de leur grandeur industrielle.
- *Dévoilement et demande de réajustement relevant de la cité domestique* : La grandeur domestique n'aurait pas été assurée par les propriétaires car la recherche de leur intérêt les aurait amenés à négliger leur responsabilité, leur devoir, à ne pas se montrer digne de confiance, en manquant d'attention à l'entretien des digues, en gérant de façon obscure le budget de la « maison », en l'occurrence, le syndicat des digues.
- *Dévoilement et demande de réajustement relevant de la cité verte* : En se rendant responsables des inondations, les propriétaires n'auraient pas assuré leur grandeur verte

revendiquée, mettant à mal « l'équilibre » et la richesse écologique de l'étang du Vaccarès⁴⁴.

Ainsi, ces différentes accusations, ce dévoilement critique, s'attachent à montrer que les grandeurs revendiquées ne sont « en vérité » pas assurées par les propriétaires qui leur préfèrent leur intérêt particulier, le profit personnel et immédiat⁴⁵. Cependant, le processus d'accusation activé par le comité des sinistrés donne l'impression d'une rupture de logique, voire d'abandon de la critique, avec la désignation, *in fine* de la responsabilité de l'Etat.

Pourquoi s'évertuer à dénoncer les canalisations des riziculteurs, la gestion occulte des digues par les propriétaires, pour finalement se retourner contre l'Etat ? L'intérêt économique partagé par le plus grand nombre que fut l'obtention d'une déclaration de catastrophe naturelle est une première explication qui reste insuffisante.

Le passage d'une accusation des propriétaires à une interpellation des pouvoirs publics n'est pas, contrairement aux apparences, un abandon de la critique. Il s'agit plutôt d'un *déplacement de l'épreuve*. Et en effet, tant que le processus d'accusation met en avant la responsabilité des propriétaires, il relève d'une demande de *réajustement des grandeurs*, sans remettre en cause le *principe supérieur commun*, en l'occurrence, le fameux *compromis* camarguais. Or, une simple demande de réajustement des grandeurs permet de prendre en compte de nouveaux êtres, mais ces derniers seront soumis à l'*épreuve* du *compromis* camarguais existant, pour être éventuellement intégrés et hiérarchisés au sein du système *socio-hydraulique*. Par contre, la désignation de la responsabilité civile de l'Etat permet de sortir du collectif camarguais et de son *compromis* complexe, pour mettre en œuvre un nouveau type d'*épreuve* prenant place dans un *monde civique*. Après avoir été critiqués, les « seigneurs de Camargue » sont tout bonnement court-circuités. Dans cette perspective, de nouveaux êtres, en l'occurrence les nouveaux Camarguais, peuvent non seulement poser leur candidature mais qui plus est, imposer le registre de l'*épreuve*.

Les évolutions entre le texte de la pétition et celui du courrier au Ministre, écrits par les porte-parole des sinistrés, montrent bien ce déplacement de l'*épreuve* : Dans le premier texte, des

⁴⁴ Le paradoxe de la désignation des inondations, événements a priori « naturels », comme des perturbateurs de l'équilibre écologique est à noter. Ce point sera développé dans le dernier chapitre.

⁴⁵ Cette recherche de profit est bien attribuée à l'intérêt particulier de ces derniers et non pas à une possible grandeur marchande. Une épreuve marchande aurait certainement été difficile à soutenir tant, mise à part la recherche de bénéfice, le principe supérieur commun n'est pas respecté.

êtres relevant du *monde civique* sont ajoutés au collectif camarguais (demande de création d'un groupe d'étude réunissant les élus, le comité des sinistrés et le syndicat de gestion des chaussées de grande Camargue), tandis que dans le second texte, les êtres du *monde civique* sont tout simplement substitués à ceux du *compromis* camarguais : la demande de dissolution du syndicat des chaussées de grande Camargue et de création d'un syndicat mixte appelle à une gestion publique non seulement des digues, mais aussi de l'ensemble des actions hydrauliques de la Camargue. Ce qui reviendrait à conférer à une structure publique le pouvoir de redéfinir les normes *socio-hydrauliques* camarguaises.

Un article de Midi Libre du 8 novembre 1993, écrit par le président du comité des sinistrés, fait office d'annonce officielle, de premier avertissement, du déplacement de l'épreuve. Le titre et le sous-titre, « *Inondations en Camargue : la colère des « petites gens » : appel pressant à la solidarité. Et mise en cause de la « gestion » de la Camargue. Parfum de jacquerie, contre certaines féodalités* », se réfèrent explicitement à la *grandeur civique*. Dans cet article, le registre de la *cité civique* est déployé dès les premières lignes relatives aux indemnisations et à la répartition des aides : « *Le comité entend défendre tous les dossiers. Surtout les plus modestes, rappelant que la Camargue n'est pas seulement faite de grandes manades et de vastes rizières* ». Puis, quelques paragraphes plus loin, on peut repérer une seconde étape de montée en généralité : « *Nous allons exiger une réforme, profonde. Quelque soit la formule retenue pour l'entretien des digues, syndicat mixte, SIVOM, on veut que l'on nous garantisse la sécurité civile. Ce qui n'a pas été le cas cette fois-ci.* ». Une troisième étape de montée en généralité suit immédiatement : « *La Camargue est devenue une terre de féodalités. Sept ou huit « gros » y détiennent tout, contrôlent tout. Cela ne peut plus continuer. C'est un problème de démocratie locale. On ne peut pas négliger les petites gens de Camargue. Ecrire une nouvelle page est devenu important et urgent* ». Sur un air de révolution, « *parfum de jacquerie* », les mots sont jetés : « *démocratie* » contre « *féodalité* ». Car à l'épreuve de la *cité civique*, les grands du *compromis* camarguais sont déchus au rang de petits êtres.

« *Démocratie* » contre « *féodalité* » ou « *gauche* » contre « *droite* » ? Au début du même article de presse, il est mentionné que « *Michel Vauzelle, l'élu socialiste d'Arles participe à la séance de travail, « sans y mélanger la politique »* ». Sans y mélanger la politique, certes, mais les métaphores révolutionnaires utilisées dans cet article par le président du comité des

sinistrés, d'influence socialiste⁴⁶, la présence d'un élu socialiste (à l'époque dans l'opposition municipale), l'accusation d'un système « féodal », des « grands manadiers et riziculteurs », électorat de choix pour la droite, peuvent difficilement relever de pures circonstances fortuites.

Les élections municipales, un an après les inondations, furent remportées par l'union de la gauche. Trois mois après son élection, le nouveau Maire socialiste, Michel Vauzelle, convoque un conseil municipal extraordinaire, un dimanche matin : c'est le début de l'automne et aussi des fortes pluies caractéristiques du régime méditerranéen. L'ordre du jour de cette séance extraordinaire est : (1) « *Délibération sur la procédure d'urgence de convocation du conseil Municipal pour la réunion en date du 24 septembre 1995 conformément aux dispositions de l'article L.121.10 du Code des Communes* », (2) « *Délibération de principe sur les enjeux camarguais* » et (3) « *Adhésion de la Ville d'Arles au Syndicat mixte de gestion des digues du Rhône et de la mer - approbation du statut de ce syndicat* ».

Lors de cette séance, ancienne et nouvelle municipalité, droite et gauche, s'affrontent sur la pertinence d'une procédure d'urgence. C'est l'occasion d'évaluer la grandeur de chacun en matière de protection civile : « *(Un élu de l'opposition) : Vous utilisez la procédure d'urgence pour nous convoquer ce matin. (...) Alors l'urgence, la loi la définit tout à fait précisément, c'est l'article f. 121 bis, dans ses deux derniers alinéas. (...) Vous devez justifier aujourd'hui qu'il était nécessaire de gagner 48 heures sur les délais normaux. Vous ne le faites pas, et je ne vois pas comment vous pouvez le faire avec la qualité de délibération que je viens de découvrir aujourd'hui. Donc aujourd'hui je fais toute réserve sur la validité de ce conseil municipal, et je vous demande Monsieur le Maire de bien vouloir renvoyer à une séance ultérieure après avoir communiqué valablement les pièces à l'opposition et avoir obtenu l'accord des commissions, notamment sur le problème du syndicat mixte. (...) Vous voulez faire plus de la communication aujourd'hui que de l'efficacité, c'est votre problème. (Le Maire) : M. *, depuis 12 ans vous étiez au pouvoir municipal et les Arlésiens, qu'ils habitent à Trinquetaille, qu'ils habitent à Mas Thibert ou en Camargue, attendaient que les priorités soient celles de la mise en sécurité des personnes et des biens. Quelles ont été les actions des conseillers municipaux pendant 12 ans pour assurer cette sécurité ? Nous découvrons*

⁴⁶ Lors d'un entretien, le président du comité des sinistrés précise en effet : « *Je ne m'en suis jamais caché parce que je crois qu'on a pas à renier ce qu'on est, et certainement pas ses idées. Je traîne avec moi l'image de*

aujourd'hui que certains endroits sont systématiquement inondés dès qu'il tombe deux gouttes d'eau, nous avons découvert dans certains secteurs une situation tout à fait catastrophique. Et aujourd'hui vous contestez qu'il y ait urgence. Il est tombé 140 millimètres de pluie dans la nuit du 8 au 9 septembre, ceci me permet de demander au préfet de déclarer catastrophe naturelle. Et vous trouvez qu'il n'y a pas urgence et qu'on pourrait attendre quelques jours et pour mon Dieu, discuter. Mais nous sommes là pour discuter, et nous pensons qu'il y a urgence. C'est de notre responsabilité, et elle est d'autant plus lourde que rien n'a été fait pendant 12 ans. Il ne s'agit pas de médiatisation ou de gesticulation, mais d'une attitude responsable de la municipalité face à la commune ».

Est-ce ainsi ? Le processus d'accusation faisant suite aux inondations n'a-t-il été qu'un tremplin électoral pour porter la gauche au pouvoir ? Certes, les inondations n'ont pas été en la faveur du Maire sortant. Certes, la mise en visibilité et le succès de l'action de quelques responsables associatifs connus comme homme de gauche ont été favorables à l'opposition municipale. Mais « les petites gens en colère » ont-ils pour autant cédé la place aux politiciens ? Le processus d'accusation qui a permis de rendre visible la présence de nouveaux êtres et l'affaiblissement des grands êtres camarguais aboutit-il seulement à une joute électorale ? La montée en généralité opérée a-t-elle échappée aux porte-parole associatifs ?

L'évolution des discours, plusieurs années après les inondations, pourrait de prime abord laisser paraître que la « colère des petites gens » contre les « seigneurs » de Camargue ne fut qu'un feu de paille. Interrogé en 1999 sur les responsables des inondations, ce membre de l'ancien comité des sinistrés explique : « Alors, il y a eu un tas de polémiques, en disant, en plus, les propriétaires riverains du Rhône avaient établi des tuyaux de pompage pour aller au Rhône à travers la digue, et pour que ça coûte moins cher, n'avaient pas établi ces canalisations dans les normes qui permettent de ne rien risquer. Euh, il y a, je pense, un peu du vrai, un peu d'exagération, mais c'est vrai qu'il y a des cas de prise d'eau qui sont mal faites. Mais je pense que la brèche qui s'est produite à Lauricet, elle n'était pas due à une installation de pompage, je crois, hein. Il y a eu des polémiques, même dans la presse parisienne, il y a eu des articles. De toute façon, là aussi, si la digue avait été surveillée correctement. Donc, il y a eu un manque de surveillance d'abord, et puis d'entretien évidemment. Mais l'un découle de l'autre ». Un autre membre du bureau de l'association dit aujourd'hui : « Bon la responsabilité, ça c'est pas mon problème ».

l'homme de gauche, que je revendique. Ce sont des convictions qui sont très personnelles. J'ai par le passé soutenu ardemment, le plus que je pouvais une alternance nécessaire à mon avis sur Arles ».

Actuellement, les membres de l'ancien comité des sinistrés sont davantage préoccupés par le bon fonctionnement du nouveau syndicat mixte de gestion des digues et par l'avancement des travaux. Un autre membre de l'association précise : *« Alors se renvoyer la balle entre les uns et les autres, non. Se renvoyer la balle entre un producteur qui a fait un pompage d'eau, il a mis un tuyau, ça fait un trou dans la digue, non c'est pas normal. Alors qu'une concertation régionale, même des subventions nationales sont nécessaires. Et c'est un petit peu le truc qu'a monté Vauzelle, pour arriver à faire que les entretiens de digues qui soient fiables. Avec enrochement, pose de grillages pour pas que les ragondins ou les nuisibles puissent creuser, là c'est positif »*.

L'analyse montre cependant que la remise en cause, ou tout au moins les tentatives d'ébranlement du pouvoir des grands propriétaires, n'est pas abandonnée, mais transférée de revendications économiques (recherche du responsable pour financer la réfection des digues), vers des préoccupations socioculturelles. La rapide transformation du comité des sinistrés en association des Camarguais atteste de cette évolution des revendications.

Le président, membre fondateur de l'association, explique ces changements : *« Donc, on s'est dit, il nous faut créer une deuxième association qui prendra le relais du comité des sinistrés, qui pourra continuer de se préoccuper du syndicat mixte, de l'entretien des digues. Parler toujours au nom des sinistrés trois ans après, cela aurait été un peu ridicule, en tout cas peut-être difficile à comprendre. Mais c'était aussi pouvoir se préoccuper des problèmes d'environnement, des problèmes culturels en Camargue. Donc avoir tout simplement le droit de s'exprimer »*.

D'abord adressée aux sinistrés, l'association s'ouvre rapidement à l'ensemble des habitants de la Camargue et élargit le champ de ses préoccupations et de ses revendications. L'intitulé « association des Camarguais » est des plus révélateurs. Le président de l'association s'en explique ainsi : *« Le but, c'était de pouvoir avoir une parole qui puisse durer. Donc on a transformé le comité des sinistrés, en l'association des Camarguais. Et on s'est dit l'association des Camarguais, c'est bien parce que c'est tous les gens qui vivent en Camargue. On s'est dit, n'essayons pas de trouver quelque chose d'original ou de très compliqué. Et deuxièmement, c'est un clin d'œil à ceux qui imaginent que la Camargue c'est eux, en parlant notamment des grands propriétaires, quelques-uns d'entre-eux. Et donc, on pourra pas nous*

contester, parce qu'on vit en Camargue, d'être Camarguais. Donc appelons-la l'association des Camarguais ».

Ainsi, la remise en cause du pouvoir des grands propriétaires n'est pas abandonnée par l'association, mais reformulée dans un registre socioculturel plus large. Ce registre socioculturel relève du « *vivre en Camargue* » et du « *être camarguais* » évoqué dans l'extrait d'entretien.

Quant à une éventuelle récupération politique, un des leaders associatifs ayant émergé lors de la mobilisation relative aux inondations exprime sa fierté de ne pas avoir succombé à la tentation : « *M.Vauzelle m'a proposé d'être adjoint au maire, sur l'environnement. J'ai refusé. On m'en a d'ailleurs beaucoup fait reproche dans le milieu socialiste. J'ai refusé par respect du tissu associatif, sur le plan moral et personnel. Je ne pouvais pas rentrer dans le conseil municipal. D'abord parce que j'aurais servi à rien, j'aurais pas eu droit au chapitre. Deuxièmement le tissu associatif est contre le pouvoir, on est au-delà du clivage droite/gauche. Moi je suis un homme de gauche, mais dans l'association il y a aussi des personnes de droite. (...). Nos revendications sont celles de la démocratie locale, alors ça aurait pas été logique que je fasse partie de la municipalité. C'était une façon de nous faire taire. Ça n'a pas marché ».*

La situation camarguaise est celle d'une société locale munie d'un système de normes ancien, adapté à une situation sociale, à un collectif donné. Cette situation sociale s'est progressivement modifiée, de nouveaux candidats postulant pour entrer dans le collectif. Or jusqu'aux inondations de 1993 et 1994, le système de normes, que j'ai désigné ici comme système *socio-hydraulique*, restait quant à lui inchangé.

La double inondation de 1993-1994 apparaît comme une date charnière. Non pas qu'elle impulse des changements sociaux succédant à plusieurs siècles d'immobilisme, l'histoire montre que même les plus grandes révolutions ne sont pas, contrairement à la définition du dictionnaire des « *changements brusques* », mais sont, pour reprendre l'analyse de Tocqueville (1856), le « *procédé violent et rapide à l'aide duquel on a adapté l'état politique à l'état social, les faits aux idées et les lois aux mœurs* ». Bien sûr, il est plus qu'excessif de comparer la mobilisation associative faisant suite aux inondations camarguaises à la Révolution Française, mais le déroulement des événements présente quelques similitudes. L'analyse montre que les mobilisations relatives aux inondations ont servi de révélateur, voire d'accélérateur, des

changements sociaux en cours. Les inondations ont révélé l'inadéquation des normes en place, remettant en cause l'ordre *socio-hydraulique*.

Parallèlement, l'Association des sinistrés s'était transformée en Association des Camarguais et, forte du même constat que la mission interministérielle, revendiquait une meilleure représentativité des habitants du delta au sein de la fondation privée du Parc Naturel. Après avoir obtenu trois sièges au sein de cette fondation, elle faisait valoir l'illégalité d'une telle structure privée dont le budget était alimenté, pour 95%, de fonds publics. Suivie par le conseil d'état, le ministère de l'intérieur, et le président du Parc, Michel Vauzelle Président de la région PACA, cette revendication a abouti en 2003 : Par arrêté interministériel du 14 janvier 2003, la responsabilité de la gestion du Parc Naturel est confiée à un groupement d'intérêt public (GIP) où les intérêts locaux sont plus largement représentés mais où la majorité des sièges sont occupés par des représentants des collectivités territoriales et de l'état.

Ainsi, le dévoilement par les inondations d'une crise latente dans la gestion hydraulique de la Camargue a débouché sur la remise en question d'un pouvoir local jugé inadapté au changement social contemporain.

2.2- La mise en place et les orientations d'une nouvelle politique de gestion

Si la lutte et la protection contre les inondations font l'objet depuis fort longtemps de directives de l'Etat, la prévention en matière de gestion du risque inondation revêt quant à elle un caractère relativement nouveau puisque ce sont les différents évènements catastrophiques des années 90 (1992 : Vaison-la-Romaine, 1993/94 : La Camargue...) qui sont à l'origine de l'émergence d'une nouvelle réglementation en la matière.

Bon nombre d'élus, de services, d'institution sont désormais impliqués dans la gestion de ce risque, soit directement du fait de leurs fonctions, soit de manière plus indirecte, en tant qu'acteurs sur le territoire concerné. Ces « institutions » s'articulent normalement entre elles et sont organisées de manière à essayer de rendre cohérente cette gestion aux différentes échelles nationale, régionale, départementale et locale. Malgré tout,

l'hétérogénéité des services, les contraintes, les objectifs de chacun ainsi que les moyens d'y contribuer compliquent bien souvent cette « nébuleuse politico-administrative ».

2.2.1- Pour une gestion publique

Se protéger des eaux est un droit reconnu aux sociétés riveraines dès le début du XIX^{ème} siècle. La loi du 16 septembre 1807 (art. 33), qui l'évoque clairement, établit le principe de prise en charge des travaux de protection et d'entretien (soumis à autorisation préfectorale) par les riverains, qui peuvent être regroupés en associations syndicales (cf : 1^{ère} partie). Dès le XX^{ème} siècle, le caractère d'intérêt général que revêtent de tels aménagements et le coût financier qu'ils représentent rendent nécessaire l'implication des collectivités territoriales en matière de défense contre les eaux. La loi 73-624 du 10 juillet 1973, relative à la défense contre les eaux, modifiée par la loi 87-565 du 22 juillet 1987, fixe alors les conditions de leur intervention, tandis que l'Etat peut s'engager financièrement dans cette lutte. Du point de vue de la prévention, deux décrets-lois de 1935 et 1937 (code du domaine public fluvial) soulignaient déjà l'importance de la conservation des champs d'expansion et du libre écoulement des eaux et imposaient une nouvelle réglementation par le biais de la constitution des Plans de Surfaces Submersibles (PSS). Dès lors, toute construction faisant obstacle à l'écoulement des eaux est soumise au régime de déclaration. Il faudra attendre la loi n°82-600 du 13 juillet 1982 (relative à l'indemnisation des catastrophes naturelles), modifiée par la loi n° 87-565 du 22 juillet 1987 (relative à l'organisation de la sécurité civile et à la prévention des risques majeurs) pour que la réalisation des Plans d'Exposition aux Risques (PER), dans lesquels sont intégrées les dispositions des PSS, soient obligatoires. Ces plans définissent les mesures de prévention à mettre en œuvre en identifiant les secteurs à plus ou moins fort aléa compte tenu des hauteurs d'eau, des vitesses d'écoulement et de la connaissance des crues historiques. Ils aboutissent à l'établissement d'un zonage mettant en évidence les zones inconstructibles. Ces plans viennent en complément des mesures de prévention élaborées par l'arrêté interministériel du 27 février 1984 qui organisait notamment les modalités de l'annonce de crue. Jusqu'aux années 90, ces lois représentent les principaux textes législatifs relatifs à la prévention en matière d'inondation.

Mais, suite aux événements catastrophiques de l'époque, la volonté ferme de l'Etat en matière de gestion des zones inondables donne lieu à **la circulaire du 24 janvier 1994** du

ministère de l'Intérieur et de l'Aménagement du Territoire. Elle détermine les principes de la politique à mener dans ce domaine, en interdisant les implantations humaines dans les zones les plus dangereuses, en évoquant la nécessité de préserver les capacités d'écoulement et d'expansion des crues, ainsi que celle de sauvegarder l'équilibre des milieux dépendant des petites crues et la qualité des paysages. Elle précise notamment les modalités de mise en œuvre de ces principes et demande la réalisation d'une cartographie des zones inondables. A ces différentes prescriptions s'ajoutent celles de la **loi Barnier du 2 février 1995** sur le renforcement de la protection de l'environnement qui établit l'obligation de l'élaboration d'un Plan de Prévention des Risques Naturels Prévisibles (PPR) (Art. 16 à 22 de ladite loi) et la possibilité de recourir sous certaines conditions à l'expropriation pour risque naturel majeur (Art. 11 à 15). Ces plans définissent les zones plus ou moins exposées au risque en fonction de la nature et de l'intensité de ce dernier. Ils se veulent des documents réglementaires étudiés par le préfet et conduits par les services de l'Etat. Approuvés par arrêté préfectoral après enquête publique, ils sont imposables à un tiers et doivent être annexés au POS conformément à l'Art.L.126-1, du code de l'urbanisme. Certains projets d'exposition aux risques d'ores et déjà établis, peuvent être reconnus comme projet d'intérêt général (PIG) par le préfet (selon l'art. R 111-2 du code de l'urbanisme). Ils doivent alors être impérativement mis en œuvre dans les documents d'urbanisme (POS, SDAU...), qui seront si nécessaire modifiés ou élaborés à cet effet, sous la responsabilité des collectivités locales.

En Camargue, ce sont les inondations de 93-94, qui sont à l'origine d'une actualisation de la politique de gestion. Parallèlement à la mise en œuvre de la nouvelle réglementation en matière de prévention et de gestion des risques, l'Etat, qui à l'époque s'était engagé financièrement, au terme des indemnisations qu'il accorda, de part la déclaration de catastrophe naturelle, initia de nombreuses études. Elles se devaient d'affiner l'évaluation des risques et de déterminer les orientations à prendre en terme de protection afin d'assurer une meilleure sécurité. Tandis que la protection assurée jusqu'alors par les digues, montrait ses limites et ses faiblesses, la nécessité d'engager de nouvelles décisions politiques fut alors établie.

2.2.1- Pour une gestion publique

Ainsi, suite aux inondations, et sous la pression du gouvernement d'Edouard Balladur, une commission d'experts, sous la direction de M. Dambre fut nommée. Elle devait établir les causes réelles des inondations et soumettre des propositions visant à l'amélioration des structures de gestion existantes. Dès avril 1994, la commission rendait son rapport détaillé, qui soulevait sans ambiguïté différents points rentrant fondamentalement en cause dans l'origine des inondations.

Tout d'abord, il apparaissait clairement que les digues demeuraient inefficaces face aux crues du Rhône. Construites au XIX^{ème} siècle et considérées comme insubmersibles, elles s'avéraient totalement désuètes. Réalisées d'après les connaissances techniques de l'époque, leur inclinaison favorisait l'érosion, elles présentaient de nombreuses déformations, les ouvrages d'irrigation ayant perforé la digue constituaient des points faibles. A cela s'ajoutait le fait indéniable que les digues n'étaient nullement entretenues, ce qui ne facilitait en aucun cas leur surveillance. Lieu de prédilection pour certains nuisibles (blaireaux et ragondins...), les digues étaient effectivement en très mauvais état, un constat auquel pouvait difficilement faire face les associations syndicales qui ne disposaient pas des moyens nécessaires à leur entretien.

La commission préconisait donc :

- La constitution d'un maître d'ouvrage public pour la gestion des digues,
- L'étude de dispositifs de protection des zones urbanisées,
- L'approfondissement des études hydrauliques sur les écoulements du Rhône au niveau du bassin Rhône-Méditerranée-Corse, ainsi qu'une étude sur la gestion de l'eau en Camargue,
- Une expertise des ouvrages de protection et leur restauration,
- La maîtrise de l'urbanisation dans les zones inondables,
- La gestion et la réglementation des eaux intérieures.

La constitution d'un maître d'ouvrage public pour la gestion des digues constituait le point essentiel des préconisations de cette mission. En effet, les ASF⁴⁷, en charge de la gestion de digues, s'étaient montrées au cours des dernières années dans « l'incapacité à se donner les moyens suffisants pour gérer ces digues, les entretenir, encore moins pour les restaurer » (Dambre, 1994). C'est aux collectivités qu'une telle responsabilité fut alors attribuée. Car,

⁴⁷ ASF : Associations Syndicales Forcées (cf I^{ère} partie, 1.3.2).

si rien ne les n'obligeait à prendre en main la gestion des ouvrages contre les inondations..., leur responsabilités en matière de sécurité publique, compte tenu de l'importance de l'enjeu, les y incitait fortement. Ainsi, la constitution d'un syndicat mixte était défini comme « la structure adéquate pour assurer la maîtrise d'ouvrage des études et des travaux de restauration et d'entretien » (Dambre, 1994).

Cette disposition se devait donc d'être rapidement prise. Mais il aura fallu attendre trois ans pour que finalement un Syndicat Intercommunal des Dignes du Rhône et de la Mer (le SIDRHEMER), soit créé, puisqu'à l'époque, ni la Région, ni le Département ne souhaitaient s'y engager.

En ce qui concerne les autres dispositions : c'est la DDE, qui eut en charge l'étude des dispositifs envisageables pour la protection des zones urbanisées, tandis que l'étude hydraulique devait être lancée sous peu, sous la maîtrise d'ouvrage de l'IRS (Institution interdépartementale des bassins Rhône-Saône).

L'identification et la détermination de travaux d'urgence, furent confiées à la CNR. Réalisée en 1994-1996, une première expertise concluait en la nécessité d'améliorer les accès aux digues, de conforter la quasi totalité du linéaire, voir de procéder à leur reconstruction ponctuelle. Elle faisait une première estimation du coût des travaux à engager, qui s'élevait alors à 300 millions de francs (soit 45.73 millions d'euros). En envisageant leur étalement sur 10 ans, « pour un confortement du linéaire de digues sur la base de la remise en état de l'identique », ce projet devait « concerner 32 km de digues prioritaires et 103 km de digues en site rural ». Cette étude aboutit alors à la détermination d'un programme pluriannuel établi par la DDE et la CNR, dont la première phase des travaux, prévus sur la période 1997-2001, s'élevait à 150 millions de francs. **Ces « travaux d'urgence » devaient s'attacher prioritairement au confortement du linéaire au droit des secteurs densément peuplés.** Ce programme précisait que « le futur maître d'ouvrage, devrait définir la ligne d'eau et l'occurrence de la crue sur laquelle sera calée la côte de la crête de digue. Cette ligne d'eau et l'occurrence de crue pourraient être différentes d'un secteur à l'autre : centennale ou millénaire près des zones urbanisées, centennale ou moins pour le reste des digues » (Rapport de la DDE et du Service de la Navigation, juin 96).

Ainsi étaient établies les premières grandes orientations de la gestion des digues en Camargue, avec comme principale mesure la mise en place d'un établissement public de gestion des digues. Les premiers travaux furent engagés dès l'année 1997. Mais les échéances

du futur contrat de plan Etat-Région (2000-2006), incita bientôt le Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement, à engager une mission relative à la gestion de l'eau en Camargue. Elle avait pour objectif d'identifier « les moyens à mettre en oeuvre pour procéder à la définition des travaux de protection contre les inondations » et d'élaborer une réflexion sur la gestion de l'eau en Camargue. C'est à M.Balland et M.Lefrou qu'elle fut confiée en 1999.

2.2.2- Vers un « tout endiguement » ?

Cette mission s'inscrivait dans la continuité de la mission Dambre, elle reprend donc ses recommandations afin de déterminer plus précisément les orientations de protection à prendre. Les conclusions des récentes études entreprises par la DDE, la CNR, ainsi que les résultats de la modélisation hydraulique du cabinet SAFEGE⁴⁸ permettaient ainsi de définir plus précisément des scénarios d'aménagement envisageables. Dans le cadre de ce rapport, différents scénarios de protection étaient proposés, chacun faisant l'objet d'une réflexion affinée. Le premier des scénarios, qui définissait « le retour à la nature », fut alors définitivement exclu des solutions envisagées. « Consistant schématiquement à ouvrir l'Ile à des crues d'occurrence non exceptionnelle, inspiré par exemple, par des objectifs d'ordres naturalistes », il était défini comme « sociologiquement irrecevable », puisqu'il équivalait « à un retour en arrière par rapport aux options historiques prises en matière d'endiguements » (Balland, 1999).

La solution d'une protection modulée, visant cette fois, à protéger les lieux habités contre des crues exceptionnelles et à admettre des submersions des zones rurales relativement fréquentes, fut elle aussi abandonnée. Elle représentait selon les études de la DDE (1998), des surcoûts trop importants et « nécessitait une remise en cause des pratiques agricoles dans les zones les moins protégées ». Par ailleurs, en induisant la restriction des zones susceptibles d'accueillir de nouveaux habitants, ce projet devenait irréalisable (Balland, 1999).

La protection homogène, avec le maintien de la politique antérieure de protection de la Camargue, contre une crue de période de retour de l'ordre de cent ans fut alors la solution retenue et prescrite, avec comme priorité, la protection au droit des zones urbanisées. Ainsi, ce dernier scénario consistait « à retenir les principes de protection adoptés jusqu'à présent pour l'ensemble de l'Ile de Camargue, contre des crues exceptionnelles

⁴⁸ Modélisation hydraulique SAFEGE : Réalisée sous la maîtrise d'ouvrage de la commune d'Arles dans le cadre de la révision du POS en 1996.

de fréquence approximativement centennale, en optimisant le projet pour assurer la protection maximale des zones urbaines les plus vulnérables » (Balland, 1999).

Malgré tout, la mise en place de telles dispositions ne permettant pas d'assurer une protection totale, la mission Balland évoquait également la nécessité de l'élaboration de seuils déversants au droit des zones les moins vulnérables, avec l'aménagement d'axes préférentiels d'évacuation des eaux excédentaires en cas de crues exceptionnelles, définies comme « des crues d'une durée de retour supérieure à 100 ans ».

En d'autres termes, elle concluait : « Concernant le seul aspect de la protection de la Camargue contre les inondations qui fait l'objet du présent rapport, la mission est arrivée à la conclusion que pour des raisons économiques et sociologiques, **il n'était pas opportun de remettre en cause le principe d'aménagement adopté depuis plus d'un siècle et qui consiste à isoler la Camargue du Rhône et de la mer par un système de digues qui l'entoure totalement et la protège contre des événements réputés être de fréquence centennale.** »

Les conséquences d'un tel choix devenaient alors évidents, il s'agissait prioritairement :

- d'améliorer la fiabilité des digues par leur surveillance et leur entretien,
- de conforter les ouvrages en commençant par les zones vulnérables (au droit des zones urbanisées),
- de réaliser les travaux permettant d'assurer un niveau homogène de protection, « rétablissant et améliorant le niveau de sécurité apparente (estimé centennal),
- d'assurer la sécurité des personnes dans les zones soumises à un fort aléa (comme au niveau des quartiers de Barriol et de Trinquetaille), par un renforcement des digues dans « l'objectif d'une protection maximale contre des crues extrêmes et les risques de rupture »,
- de limiter les dommages en cas de surverse par la création de seuils déversants et par optimisation du drainage (Balland, 1999).

C'est dans l'orientation des prescriptions de ce présent rapport, que seront par ailleurs effectués les travaux jusqu'alors engagés. Si cette mission notifiait l'importance de la prise en compte des résultats de l'étude globale sur le Rhône (ci-dessous), dans la mise œuvre des travaux à effectuer ultérieurement, les objectifs d'une protection homogène et centennale reste malgré tout clairement défini.

2.2.3- Puis une redéfinition des orientations

C'est le Ministère de l'environnement qui souhaitait, que suite au rapport de la mission interministérielle sur les inondations de 1993/94, soit engagée une étude globale sur les crues du Rhône. Afin que l'ensemble des départements riverains du Rhône s'associent au projet, l'Institution Interdépartementale des bassins Rhône-Saône (IRS) fut désignée en 1997 comme maître d'ouvrage, tandis que les collectivités locales, les services de l'Etat et les associations riveraines composaient le comité technique. La Compagnie Nationale du Rhône, détenait quant à elle la charge des études hydrauliques entre la frontière Franco-Suisse et Beaucaire. Compte tenu de la spécificité de la Camargue, le Syndicat Mixte d'Aménagement des Dignes du Rhône et de la Mer (le SYMADREM) était associé également à l'étude.

Cette étude, inscrite dans une démarche pluridisciplinaire, devrait permettre l'identification et la compréhension du fonctionnement actuel du Rhône et l'évaluation de l'état des lieux et des moyens à mettre en œuvre pour une stratégie de réduction du risque inondation à l'échelle du bassin hydrographique. Le montant total des études devait s'élever à 3,5 millions d'euros (23 millions de francs). Dans cet objectif, les études techniques ont été confiées à divers bureaux d'étude, chacun travaillant sur un volet spécifique (hydrologie, transport solide, hydraulique et socio-économique). Le volet hydrologique a été réalisé par la société SAFEGE ; il définit les mécanismes météorologiques et hydrologiques inscrits dans la formation des crues du Rhône et soumet différents scénarios de crues envisageables. Le volet hydraulique du delta a été confié au bureau d'étude BCEOM ; il conduit à une modélisation prenant en compte le risque de brèches et de surverses des digues et à l'élaboration de scénarios tentant de définir des mesures de protection possibles. Le volet du transport solide a été réalisé par la société SOGREAH ; il analyse l'évolution de la géomorphologie du lit du fleuve et les impacts qu'ont pu induire les divers aménagements sur la dynamique fluviale, et par conséquent sur les écoulements. Enfin, le volet socio-économique, réalisé par un groupement d'étude SIEE/EDATER /ASCA/TTI production, recense l'ensemble des enjeux humains et environnementaux. L'étude est pilotée par un comité de coordination animé par le préfet coordonnateur de bassin, le président du comité de bassin et le président de l'IRS. Si aujourd'hui la première phase de diagnostic est close, il s'agit désormais de définir les orientations de la politique de gestion à suivre afin de déterminer les moyens à mettre en œuvre. Des principales conclusions de cette étude au niveau du delta, il ressort :

- Une forte sollicitation du Petit Rhône en crue, dont le lit est de faible capacité,
- Un risque inégal de surverse au dessus des digues avec une vulnérabilité accrue des digues côté gardoise,
- Une forte vulnérabilité des digues au risque de brèche, et ce bien avant que la ligne d'eau n'atteignent la crête des digues,
- Une forte aggravation du risque en cas de surcôte marine,
- Une baisse sensible de la ligne d'eau du Petit Rhône par débits de brèche ou de surverse.

Par conséquent, il apparaîtrait nécessaire (selon Territoire-Rhône) :

- De conserver la Petite Camargue comme champ d'expansion, pour limiter le risque de surélévation de la ligne d'eau par une surcote marine,
- De conserver les ségonaux en amont d'Arles qui jouent un rôle important dans l'écrêtement des crues,
- D'homogénéiser le niveau de protection des digues du Petit Rhône,
- De prévoir des ouvrages de sécurité pour contrôler les surverses au delà d'une crue de projet. Des ouvrages qui devraient se situer en amont de chacun des bras afin d'optimiser leur fonction.

Bien qu'il soit nullement question pour Territoire-Rhône de définir un choix de protection, les résultats de la phase de diagnostic, de l'étude hydrologique sur l'ensemble du Rhône et de l'identification des enjeux exposées, permettent d'élaborer de nombreux scénarios qui pourraient remettre en cause d'une certaine manière le choix d'une « protection homogène » contre une crue de référence centennale. En effet, les conclusions obtenues et les différents scénarios proposés s'orientent bien plus vers un « renforcement réfléchi » du linéaire de digues (Territoire-Rhône, 2002). Désormais, la mise en place de déversoirs, la détermination d'un cheminement préférentiel des eaux à l'intérieur du delta sont évoqués plus précisément, tandis que l'amélioration des conditions d'écoulement, notamment sur le Petit Rhône (report des digues, rescindement des méandres, réaménagement du lit majeur pour améliorer la débitance), est envisagée. Des scénarios qui relativisent alors l'importance stratégique de travaux visant des objectifs de protection homogène centennaux, mais qui associés à une politique de maîtrise de l'occupation des sols, orienteraient la gestion du risque inondation vers une stratégie de réduction des risques plus résonnée en Camargue (Territoire-Rhône, 2002).

Par ailleurs, en s'inscrivant dans un contexte globale, les résultats de cette étude induisent des orientations de gestion des extrêmes hydrologiques moins impartiales. Aux solutions structurelles classiques qui entraînent une augmentation de la débitance de l'amont à l'aval, s'imposent des solutions visant au contraire « au ralentissement dynamique »⁴⁹, en redéfinissant des zones d'expansion de crue du Rhône, notamment en amont du delta.

Les compléments de cette étude pourraient être à l'origine d'une réorientation prévisible dans le choix de protection, d'autant que les études hydrauliques de la CNR, qui faisaient apparaître que « la côte de la crête des digues était située au dessus de la ligne d'eau de la crue centennale, avec une revanche maximale de 1 mètre dans les zones amonts et en dessous de cette ligne d'eau pour les zones en aval » sur le Grand Rhône, ont été à ce jour affinées, et démontrent qu'un tel niveau de protection n'est pas assuré sur l'ensemble du linéaire, notamment sur le Petit Rhône. Une graduation des travaux à mener pourrait alors être envisagée (Territoire-Rhône, 2002).

Les premières études semblaient donc s'orienter stratégiquement vers une homogénéisation du niveau de protection centennale de l'ensemble du linéaire et une réflexion d'un niveau de protection supérieur au droit des zones urbanisées. La mise à jour de la connaissance du risque inondation en Camargue semble aujourd'hui redéfinir les modalités de ces orientations. D'une vision globale du risque à l'échelle du bassin hydrographique, paraît se profiler des solutions plus souples vers une acceptabilité raisonnée des extrêmes hydrologiques. Mais le choix de protection définitif résultera, quoi qu'il en soit, de la confrontation des différentes institutions impliquées dans cette gestion. L'identification des positions des différents acteurs et de leur appréhensions face à ce risque permet alors de mesurer la complexité d'une telle décision.

2.3 - Le repositionnement des institutions

2.3.1-L'Etat central et ses services déconcentrés

⁴⁹Ralentissement dynamique : qui consiste à freiner les écoulements partout où cela est encore possible, au moins pendant des périodes relativement limitées où arrivent les surplus d'eau qui constituent des volumes inondants » (O.Gilard, CEMAGREFF)

Le ministère se compose de cinq directions dont la direction générale administrative, des finances et des affaires internationales, celle de l'eau, de la nature et des paysages, la direction des études économiques et de l'évaluation environnementale, et enfin celle de la prévention des pollutions et des risques. Le ministre, quant à lui, prépare et met en œuvre la politique du gouvernement dans les domaines de l'aménagement et de l'environnement, tout en prenant en compte les objectifs de la politique du développement durable. C'est lui qui a en charge l'établissement des contrats de plan Etat-Région. Au titre de la politique de l'environnement, il assure la coordination des actions concernant la prévention des risques majeurs d'origine technologique ou naturelle (Art. 1 du décret n°97-715 du 11 juin 1997, relatif aux attributions du ministre de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement).

Au niveau des services déconcentrés, la principale circonscription retenue est la région et c'est ainsi qu'en 1991 ont été créées les Directions Régionales de l'Environnement (DIREN). Elles se doivent donc d'être le relais indispensable entre l'Etat et les collectivités locales. Sous l'autorité du préfet de Région, elles oeuvrent à la prise en compte de l'environnement dans les programmes d'aménagements, dans les documents locaux de planification et coordonnent les actions mises en place. A ce titre, les DIREN peuvent accorder des subventions aux collectivités ou autres EPCI⁵⁰ pour les travaux rentrant dans le cadre de la politique de l'Etat, par le biais des contrats de Plan Etat-Région.

En matière de politique de protection et de prévention contre les inondations en Camargue, l'Etat a souhaité participer, suite aux inondations de 93/94 et en accord avec les estimations de la DDE et de la CNR, en subventionnant à hauteur exceptionnelle de 40 % les travaux d'aménagement engagés pour le confortement des digues (contre 20 % d'ordinaire). Exclusivement allouées pour la protection des lieux densément habités, la nécessité de la protection des milieux naturels camarguais a justifié ces subventions complémentaires, alors que c'est dans le cadre de politiques contractuelles pouvant être mises en place, type contrat de rivière, que de tels financements sont d'ordinaire attribués. Ce financement, conditionné à l'époque par la mise en place d'une structure de gestion cohérente sur l'ensemble des digues et à une réflexion à l'échelle du bassin versant, aura finalement, au regard des travaux effectués, prioritairement contribué à la protection des lieux densément habités.

Les coûts initialement prévus pour la remise en état de ces digues s'avèrent aujourd'hui beaucoup plus importants et inciteront certainement à l'avenir à une redéfinition

⁵⁰ EPCI : Etablissements Publics de Coopérations Intercommunales

des objectifs de protection. D'autant que les résultats de l'étude de Territoire-Rhône pourrait avantageusement définir des secteurs d'expansion de crue en amont qui seraient bénéfiques pour la Camargue. En hiérarchisant les enjeux, le risque en Camargue pourrait alors apparaître de moindre ampleur comparé à d'autres secteurs amont. Pour la DIREN, la protection homogène de la Camargue pour des crues centennales ne serait pas fondamentale du fait de la capacité du milieu à « cicatriser » relativement rapidement des dommages engendrés par une éventuelle inondation. Et « la pression des collectivités pour avoir une spécificité camarguaise de la protection éventuellement millénaire de certains secteurs » apparaîtrait même excessive (DIREN, 2002).

La définition d'une politique de gestion cohérente à l'échelle globale du bassin versant est une des priorités de la DIREN qui influence fortement les orientations suivies par la hauteur des investissements qu'elle engage.

Pour la DIREN, la redéfinition du niveau de protection serait alors envisageable, dans la mesure où des protections définies localement permettraient de limiter les impacts d'éventuels débordements dans des secteurs moins vulnérables. Cette option contribuerait entre autre, à un soulagement financier important, « le réhaussement des digues pour une protection homogène centennale n'étant pas imaginable compte tenu des coûts financiers que cela induit »(DIREN, 2002) .

La DIREN dont les directives s'inscrivent dans la perspective d'une certaine harmonisation d'une gestion globale, se doit de définir des priorités en terme d'investissements. Institution régionale, elle se doit aussi de répartir judicieusement les enveloppes budgétaires qui lui sont allouées.

La nécessité de protéger toute la Camargue contre des crues centennales pourrait ainsi donc être revue à la baisse. La volonté d'élaborer une stratégie visant une protection modulée, avec par exemple la définition d'un niveau de protection cinquennale des secteurs agricoles semble émerger et constituer le principe de base des prochaines investigations de la DIREN en Camargue.

Jusqu'aux inondations de 1993-94, la Direction Départementale de l'Équipement ne s'occupait aucunement de la gestion des digues. C'est seulement au terme du plan ORSEC alors mis en place, qu'elle est intervenue pour colmater les brèches. Mais depuis la mise en place du nouveau syndicat de gestion (le SYMADREM), la DDE répond désormais à sa demande pour effectuer les travaux de confortement des digues et

d'entretien. En tant qu'assistant à la maîtrise d'ouvrage, la DDE aide également le SYMADREM dans la désignation de maîtres d'œuvre et dans la demande de subventions. Elle intervient également dans le cadre du plan de secours élaboré par la commune d'Arles puisqu'elle compose trois équipes d'intervention pour la surveillance des digues en cas de crue. Mais c'est aussi en tant que service de l'Etat, que la DDE joue un rôle d'observateur et de rapporteur concernant le bon déroulement des travaux à effectuer.

2.3.2- Les collectivités territoriales

C'est par le biais des contrats de plan Etat-Région donc, que l'Etat formalise son engagement dans les projets d'aménagements ou autres. Ces contrats ventilent des enveloppes financières au niveau des régions, puis des départements. Le financement accordé à tel ou tel projet fait donc chaque fois l'objet d'une délibération par vote des élus.

Le département ne joue pas un rôle fondamental en matière de prévention des risques. Malgré tout, de part la loi du 22 juillet 1987⁵¹, les instances départementales doivent être systématiquement consultées ou associées aux questions en référant. Leurs compétences consultatives sont importantes notamment en ce qui concerne les projets d'aménagement et la mise en place de syndicat les associant. C'est par le biais du SYMADREM que le conseil général joue donc un rôle notable en matière de prévention du risque inondation en Camargue. C'est la volonté et le fort engagement du Conseil Général pour lutter contre les inondations en Camargue qui a abouti d'ailleurs à sa création. Si le Conseil Général approuve le financement des projets soumis par le SYMADREM, à la délibération de son assemblée départementale, il n'intervient en aucun cas en amont, sur les projets élaborés par le SYMADREM. Sa détermination en matière de protection est par ailleurs largement perceptible, compte tenu de la hauteur de l'avancement financier (50 % du montant des investissements) qu'il accorde systématiquement au SYMADREM au commencement des travaux.

Au niveau départemental, le rôle du préfet est également primordial. En tant que « dépositaire de l'autorité de l'Etat », il intervient directement dans l'établissement des plans de prévention des risques naturels. C'est par ailleurs à lui qu'appartient le soin de déclencher le plan ORSEC.

⁵¹ Loi du 22 juillet 1987 relative à la prévention des risques majeurs.

Les communes ont quant à elles, une lourde responsabilité en matière de prévention et de protection contre les inondations, leurs compétences en la matière s'étant régulièrement accrues depuis 1982⁵². Traditionnellement, le maire, en vertu des pouvoirs de police qui lui sont conférés selon le code des communes, « est chargé, sous le contrôle administratif du représentant de l'Etat », « d'assurer le bon ordre, la sûreté et la salubrité publique » (L.131-2-6). A cette fin, une collectivité territoriale peut donc prendre des initiatives en matière de défense contre les eaux.

Parallèlement, les communes se doivent désormais de prendre en compte les risques naturels lors de l'élaboration de leurs documents d'urbanisme (POS, SDAU...). Le Plan d'Occupation des Sols (POS) de la commune d'Arles se doit alors de définir des règles strictes en matière d'urbanisme, directement opposables aux tiers, visant à traduire les objectifs de protection et de prévention du PIG relatif aux zones inondables. Si le POS ne prend pas en compte ces éléments, le préfet pourra alors s'y opposer au terme de l'article L 121-10 (code de l'urbanisme).

Cette réglementation a donc contraint la ville d'Arles à faire évaluer plus précisément le risque auquel elle était soumise, le PIG établi traduisant une inondabilité trop imposante, notamment de secteurs d'ores et déjà urbanisés (Trinquetaille, Barriol, Salin de Giraud...). Les contraintes établies en terme de protection et de prévention contre le risque inondation sont par conséquent, de véritables sacerdoces pour la commune, les digues ne justifiant aucunement une urbanisation excessive. Il apparaît clairement que pour une ville telle qu'Arles, ces contraintes soient difficilement gérables. En effet, Arles est la plus grande commune de France Métropolitaine (75 092 hectares), cependant sont caractère essentiellement rural (60 % de la superficie de la commune), la dispersion de ses zones urbanisées et sa faible densité de population (67 habitants au km²), induisent des coûts de gestion du territoire élevés pour un budget communal restreint (O.Crombe, 2002). La conformité du POS aux exigences réglementaires des différentes lois en matière de protection et de prévention des inondations est un exercice délicat, qui limite quoi qu'il en soit considérablement les possibilités de développement de la commune. Le juste milieu entre croissance et protection est donc un objectif difficile à atteindre. Comment alors éviter le déclin de certains quartiers ou hameaux soumis à de très fortes contraintes de construction ? D'autant qu'il est très délicat pour la commune de répondre à la fois à ces exigences, dans un souci de protection, et aux attentes des habitants en matière d'urbanisme. Monsieur Gay, du

⁵² Loi du 2 mars 1982 relative à la décentralisation.

service de l'urbanisme, évoquait le mécontentement des habitants de Trinquetaille contre la déclaration d'interdiction de construction dans le quartier, cela même après les inondations 93/94. Ces contraintes sont donc difficilement acceptables pour la commune, dans la mesure où par ailleurs, elle contribue financièrement à des travaux de protection d'envergure tels que ceux effectués par exemple à Trinquetaille.

Si dans le souci de protection des biens et des personnes, le risque ne doit pas être augmenté en créant de nouveaux enjeux à l'arrière des digues, la situation d'Arles en la matière est délicate, puisque cela lui impose alors de ne plus créer, ni de nouvelles zones d'habitation, ni de nouvelles zones d'activités. La zone d'Arles Sud, au sud de Barriol, est dans ce contexte une illustration parfaite. D'après O.Crombe (service de l'environnement), le secteur Plan du Bourg, détenait des nombreux terrains prêts à bâtir, inscrits au POS comme des zones constructibles avec même des zones équipées. Dans de telles conditions, l'interdiction de construction, suite à la révision du POS, se révélait difficilement acceptable. D'autant que si par ailleurs, l'urbanisation pouvait être envisageable dans d'autres secteurs, par exemple à Pont de Crau, elle imposait la mise en place d'importantes infrastructures dans ce secteur, dépourvu en eau potable et non équipé pour la collecte des eaux usées... Cette problématique a été à l'origine en Arles d'un véritable débat au niveau de la révision du POS, qui a abouti à la suspension des travaux durant un temps. La ville reste par ailleurs en négociations avec l'Etat dans l'objectif de créer encore quelques zones de construction supplémentaires sur des secteurs qui restent à urbaniser.

Dans ce contexte, les résultats de l'étude de Territoire-Rhône compliquent sensiblement le problème, en ne définissant pas la même inondabilité que celle établie par l'étude SAFEGE pour la révision du POS. Tout le Trébon par exemple, qui est considéré comme étant protégé du risque inondation selon les résultats obtenus par l'étude SAFEGE, est identifié comme inondable par Territoire Rhône. De même, Salin de Giraud est considéré comme un secteur à risque faible compte tenu de la proximité de l'embouchure du Rhône, tandis que l'étude Territoire-Rhône l'identifie comme un secteur inondable dès une crue centennale, même avec un niveau marin bas. Des différences, qui entraînent alors une extrême confusion de la part des acteurs locaux et des élus. Dans la perspective de l'établissement du PPR, l'avenir ne semble guère plus prometteur puisque sa réalisation induira très certainement des contraintes urbanistiques très exigeantes sur certains secteurs tels qu'au niveau des Saintes-maries-de-la-Mer et de Port-Saint-Louis, qui sont des zones fortement exposées au risque inondation (DDE, 2002).

Pour les communes soumises à de telles problématiques, le confortement des digues, voire leur rehaussement apparaîtrait alors comme la solution à une diminution en terme de contraintes. Difficilement envisageable cependant, la question essentielle réside alors dans la justification des prescriptions établies et du seuil du risque retenu, notamment quand ce seuil dépend d'expertises difficiles à établir.

Au terme de la prévention des risques, le maire dans sa commune, est par ailleurs chargé de veiller à l'attribution et à la coordination des moyens de secours tant au niveau administratif que technique. A la demande du préfet, la ville d'Arles, en 1997, a donc élaboré un plan d'alerte et de secours. Ce plan, officialisé par le Conseil Municipal, puis par le préfet, doit faire l'objet d'une mise à jour annuelle. Il détaille les actions à entreprendre en fonction du niveau de crue atteint : la surveillance des digues, la mise en place d'une cellule de crise, l'organisation administrative et technique, l'information de la population....Le niveau réel d'alerte et de vigilance pour Arles est atteint à partir du seuil de 6 000 m³/s, annoncé par la CNR.

Ce plan a d'ores et déjà été appliqué jusqu'à la mise en place d'une cellule de crise lors de crues récentes. Calqué sur les interventions des inondations de 93/94, il s'est pour lors avéré performant. Malgré tout, il reste sans fondement juridique et n'est établi aujourd'hui uniquement que pour la commune d'Arles. C'est le plan départemental qui en prend la relève dès que l'inondation s'avère importante.

2.4- Le SYMADREM

Maître d'ouvrage⁵³, le SYMADREM a comme principale attribution, « l'étude, l'exécution de tous les travaux, ouvrages et installations en vue d'assurer la protection des personnes et des biens contre les inondations du Rhône et de la mer (d'après Art.2 des statuts du SYMADREM ». Il se trouve par conséquent en position centrale, dans l'organisation de cette gestion en Camargue.

2.4.1- Création et constitution du SYMADREM

⁵³ Maître d'ouvrage : Personne physique ou morale pour le compte de laquelle une construction est réalisée.

Comme il l'a été évoqué précédemment, l'état des lieux peut réjouissant de la mission Dambre, aboutit à la création d'un établissement public, du type d'un syndicat mixte de gestion, devant palier au déficit d'une structure de gestion cohérente. C'est ainsi que le 6 décembre 1996, par décret préfectoral fut créé le SYDHEMER, Syndicat Intercommunal ayant à sa charge la gestion des digues fluviales (digue du Rhône) et de la digue maritime (digue à la mer). Chacune des communes le composant, c'est-à-dire la commune d'Arles, des Saintes-Marie-de-la-Mer et de Port-Saint-Louis délèguèrent des élus pour siéger au comité syndical. C'est Michel Vauzelle, alors maire de la commune d'Arles qui fut nommé président. Compte tenu des enjeux économique et social que représentaient la sécurité des biens et des personnes et, par conséquent, de l'urgence des travaux de confortement des ouvrages de protection, un programme de 150 millions de francs fut engagé pour une période de cinq ans, recevant l'approbation et les subventions de la part de l'Etat, du Conseil Général et du Conseil Régional. Ce n'est que le 27 juillet 1999, qu'avec l'adhésion du Conseil Régional Provence-Alpes-Côte-d'Azur et de celle du Conseil Général des Bouches-du-Rhône, le syndicat est transformé par arrêté préfectoral en un Syndicat Mixte d'Aménagement des Dignes du Rhône et de la Mer (SYMADREM). Si ses fonctions sont restées globalement inchangées depuis, il est désormais administré par un conseil syndical composé de 6 délégués titulaires et autant de suppléants élus par chacune des villes, de 6 délégués titulaires et de 6 suppléants désignés par le Conseil Régional, et enfin de 6 délégués titulaires et de 6 suppléants désignés par le Conseil Général. Parmi ce conseil syndical est élu un bureau composé de 8 membres dont un président, 4 Vice-Présidents et trois membres.

2.4.2-Financement et domaine d'intervention

Le SYMADREM a un financement propre. Son budget se divise en deux : une part est attribuée aux frais de fonctionnement (Travaux d'entretien des digues, débroussaillage, terrassement, frais administratifs...), il est d'un montant annuel d'environ 230 000 euros par an (soit 1,5 millions de francs), une autre part est réservée aux investissements. Le montant des contributions de chacune des communes rattachées au Syndicat diffère en fonction de la longueur du linéaire de digues existant respectivement sur les communes, de leur population ainsi que de leur potentiel fiscal. « Chacune des communes ne finance que les travaux sur la partie de digue relevant de son territoire ainsi que les dépenses y afférentes ». C'est pourquoi, la commune d'Arles, la plus étendue, participe à hauteur de 65 % à la part des frais de fonctionnement

revenant aux communes, tandis que celle des Saintes-Marie ne contribue qu'à hauteur de 20% et celle de port St Louis à seulement 15 %.

La répartition des financements concernant les frais de fonctionnement est la suivante :

- Le Conseil Régional finance à hauteur de 33 % des dépenses,
- Le Conseil Général, à hauteur de 33 % également,
- Les communes, à hauteur de 34 %.

En ce qui concerne la répartition financière au niveau des investissements, l'Etat subventionne à l' hauteur de 40 %, tandis que le Conseil Régional subventionne à hauteur de 30 % et le Conseil Général à hauteur de 25 %. Depuis la participation de la Région et du Département au budget réservé aux investissements, les communes ne participent plus que pour 5 % dans ce budget contre 12,5 % auparavant. Cette adhésion de la Région et du Département au Syndicat contribue largement à faire valoir la structure du SYMADREM et à la rendre pérenne, puisqu'ils sont désormais dans l'obligation de participer tant aux dépenses de fonctionnement, qu'aux frais d'investissements. Il est important de noter que ces participations sont au terme de subventions qui ne peuvent être perçues qu'au moment même des travaux, puisqu'elles sont allouées aux vues des factures acquittées. Le SYMADREM doit donc emprunter pour avancer les études préalables à la constitution des dossiers. Par ailleurs, le commencement des travaux reste conditionné par l'accord du financement par arrêté.

Si le SYMADREM a en gestion l'ensemble des digues (sauf une partie du linéaire au niveau de Salins-de-Giraud, propriété privée), il n'est propriétaire que d'une partie correspondant à celles des anciennes associations. En effet, quelques portions de linéaire, dont la digue à la mer ainsi qu'une partie de la rive gauche du Grand Rhône appartiennent encore à l'Etat et nécessiteraient un transfert de gestion. Plus précisément, le SYMADREM a pour objet l'entretien et la gestion des digues et de leurs dépendances, notamment celles de :

- De la rive droite du Petit Rhône du PK 322.3, limite interdépartementale entre le Gard et les Bouches-du-Rhône, au bac du Sauvage,
- De la rive droite du Grand Rhône, depuis le défluent (PK 282) à la limite nord du domaine de la Palissade,
- De la rive gauche du Grand Rhône, du PK 282 à l'embouchure,
- De la digue à la Mer et son prolongement jusque Aigues Mortes à l'Ouest, à l'exclusion de la propriété des Salins-du-Midi à l'Est.

2.4.3- La difficile mise en œuvre des travaux de réhabilitation et d'entretien

Le 11 janvier 1997, le Syndicat était installé et en mars 1997 la première réunion put enfin avoir lieu. Maître d'ouvrage, le Syndicat fit alors appel à un groupement de divers services de l'Etat comme maître d'œuvre⁵⁴ (DDE, Service de la Navigation Rhône-Saône, Service Maritime). C'est avec bien des difficultés que les premiers travaux purent enfin commencer. En imposant d'importantes études préalables à des travaux effectués en lit majeur d'un fleuve (étude d'impacts, étude paysagère...), la loi sur l'eau de 1992 devait entraîner un retard considérable dans les démarches et dans la réalisation des travaux pourtant estimés urgents. C'est grâce à un arrêté d'urgence du préfet⁵⁵, que les appels d'offres ont pu être soumis fin 97. Quatre chantiers étaient réalisés en priorité au printemps 1998, dont deux sur la commune d'Arles et un sur celle des Saintes-Maries-de-la-Mer

- En rive droite du Grand Rhône, dans le secteur d'Emmäus – Passerons,
- Dans le secteur de Beaumont-Mazel, en rive gauche du Petit-Rhône (ancienne brèche de 94)
- A Sénebier, bien plus au sud, toujours sur la rive gauche du Petit Rhône,
- Au niveau du Bois François-Vauban, en rive gauche du Grand Rhône.

Ces travaux effectués dans un premier temps, correspondaient à des secteurs pour lesquels l'acquisition foncière ne représentait pas de problème puisqu'ils appartenaient au SYMADREM, et à des secteurs sur lesquels les travaux ne nécessitaient pas d'études préalables compte tenu de la loi sur l'eau. En parallèle, la révision du POS de la commune d'Arles entraînait un nouvel arrêté d'urgence pour le renforcement de la digue au niveau de Trinquetaille. En effet, ce secteur particulièrement exposé au risque torrentiel en cas de rupture de brèche, vu la configuration en cuvette de ce quartier, était interdit à toute nouvelle construction par décision préfectorale. Dans ces conditions, trois portions ont été confortées, au niveau du défluent, du cimetière et du quai de la Gabelle. C'est au vote du budget de 1998, que furent définis les secteurs dits « invariants » c'est à dire devant faire obligatoirement

⁵⁴ Maître d'œuvre : Personne ou organisme qui définit un projet (plan et cahier des charges), sous l'autorité d'un maître d'ouvrage.

⁵⁵ Arrêté d'urgence : En accord avec l'article 34 du décret pris en application de l'art.10 de la loi sur l'eau de 1992

l'objet de mesures de confortement à mettre en œuvre à court terme (quelque soit les résultats de l'étude de Territoire-Rhône). Ces secteurs privilégiés des secteurs proches de zones urbanisées et des secteurs pour lesquels une brèche entraînerait indirectement l'inondation de zones urbanisées. Ces différents secteurs étaient définis en fonction des critères suivants :

- La densité de population,
- La hauteur d'eau supérieure ou égale à 1 mètre, en cas de brèches, pour une crue centennale,
- La vitesse d'eau supérieure à 1 m/s en cas de brèches, celle-ci rendant alors difficile toute intervention,
- La présence de « casiers » et la topographie de ces casier.

Ainsi, étaient considérés comme invariants :

- Une portion du linéaire d'Albaron sur la rive gauche du Petit Rhône,
- Le linéaire sur la rive droite du Grand Rhône depuis Passerons à Montlong (sud de la ville d'Arles),
- Le secteur de Barriol-Grand Mollèges, sur la rive gauche du Grand Rhône,
- Le linéaire entre le canal du Rhône au centre du faubourg Vauban.

Afin de répondre aux exigences de la loi sur l'eau, le bureau d'étude SAFEGE eut en charge les études d'impacts. Le 3 décembre 1999 le dossier au complet était déposé. Tandis que l'accord fut donné en 2001 pour le projet concernant la digue à la mer, il aura fallu attendre avril 2002 pour que les projets concernant les digues fluviales soient approuvés sur les secteurs dans lesquels les travaux ne modifieraient pas la section d'écoulement.

Des enseignements tirés des dernières inondations, quatre critères furent retenus :

- Les digues devaient être stables à la poussée de l'eau. En effet, bien qu'elles furent conçues à l'origine dans l'objectif d'une protection contre des crues centennales, seule leur hauteur semblait avoir été calculée dans cet objectif. Etroites, elles n'offraient que peu de résistance à des poussées importantes.
- Les digues devaient désormais être étanches, pour s'affranchir de tout risque d'érosion prématurée.
- Les digues ne devaient plus être franchissables par les animaux fouisseurs.
- Enfin, elles devaient pouvoir servir en crête à la circulation, afin de faciliter les opérations de sauvetage ou de colmatage en cas de brèches.

Un principe simple de consolidation des digues, répondant aux quatre critères cités et minimisant le coût des travaux, a été choisi par le SYMADREM pour les effectuer. Il s'agit d'utiliser en partie les matériaux extraits de la digue du côté fleuve pour consolider la digue de l'autre côté, tandis qu'à la place est posé un masque argileux. Un grillage est désormais fixé de chaque côté de la digue pour empêcher les animaux fouisseurs de détériorer la digue, tandis qu'un géotextile est posé en crête avant la création d'une piste en tout venant circulaire. Selon les recommandations de la mission Balland et dans l'attente des résultats de l'étude globale et du choix définitif de protection, aucun travaux ne modifie la hauteur des digues actuelles. Ils s'inscrivent uniquement en prévision d'une éventuelle surélévation des digues au delà d'une crue centennale au droit des zones urbanisées (perspective d'une crue millénaire) et d'un simple confortement pour une protection centennale ailleurs. Seul le confortement du pied de digue et de son assise est établi pour permettre la réalisation de ces objectifs s'ils doivent rester ainsi définis.

b) Les difficultés de la mise en oeuvre

Si ces principes semblent relativement simples, leur application ne l'est pas toujours autant. En effet, ces travaux entraînent, par élargissement du pied de digue, l'empiètement foncier côté plaine, sur des terrains qui ne sont pas de la propriété du SYMADREM. Malgré tout, de tels travaux ne doivent en aucun cas, selon la loi sur l'eau de 1992, modifier les écoulements. Lourd dilemme donc, entre la nécessité parfois d'en venir à l'expropriation comme ce fut le cas au niveau de Trinquetaille, et des impératifs législatifs, qui de part les enquêtes préalables qu'ils imposent et des raisons administratives, induisent des délais importants à leur réalisation. Dans le cadre du confortement de l'ensemble du linéaire, le SYMADREM devrait se voir confronter régulièrement à ce problème puisqu'il n'est pas détenteur des terrains situés en pieds de digue, même s'il existe une servitude de 4 mètres facilitant leur accès et leur entretien. Parfois communaux, ils sont essentiellement privés. Leur remaniement nécessiterait alors leur rachat.

La présence de « caisse d'emprunt » ajoutera certainement une difficulté supplémentaire quand à la mise en œuvre de travaux, notamment sur le Petit Rhône. Parfois en eau, elles fragilisent considérablement les digues par humidification permanente et transfert de la nappe alluviale. Malgré tout, leur comblement reste délicat, puisque certaines appartiennent à des propriétaires, que la loi sur l'eau interdit tout remblaiement en zones humides et que la loi littoral, selon l'Art. L 1466 défend tous travaux sur ces espaces protégés.

Bien que leur comblement participerait à la cohérence des actions engagées en terme de protection, c'est seulement au titre de la loi sur la sécurité civile que de telles dispositions pourraient être contournées. M.Guillot de la DDE d'Arles, évoquait d'ailleurs un autre exemple frappant de cette contradiction, puisque les bois au niveau de Caseneuve, vers le quartier de Trinquetaille, développés par défaut d'entretien sont désormais classés, alors qu'ils fragilisent également énormément la digue. De même, si les « ségonaux » présentent un intérêt comme zone d'expansion des crues, l'abandon de ces terrains sur certaines parties du linéaire de digues a laissé place à une végétation arbustive et arborescente dense, contribuant à l'exhaussement des berges du fleuve et de ce fait limitant le champs d'expansion disponible. Leur entretien ne pourrait être que bénéfique bien qu'encore une fois l'identification des propriétaires de ces ségonaux semble complexe (appartenant au domaine privé sur certaines sections et au domaine public fluvial sur d'autres), et leur prise en charge difficile.

Si la priorité des travaux au droit de zones urbanisées était parfaitement justifiable, une grande partie du linéaire de digues reste encore fragile et constitue des faiblesses quand à la protection contre les inondations. Bien que le SYMADREM s'attache à leur confortement, il ne peut le faire que dans le cadre du budget de fonctionnement, ce qui limite considérablement les travaux effectués.

Il apparaît donc clairement, que le SYMADREM reste dans sa maîtrise d'ouvrage, largement tributaire de l'Etat, par les arrêtés préfectoraux, les enquêtes préalables (exemple de Trinquetaille), mais également des enveloppes financières qui lui sont attribuées, dans le cadre des contrats de plan, des votes de la Région et du Département, ainsi que ceux des trois communes représentées.

Toutefois, c'est une enveloppe financière d'environ 11,5 millions d'euros hors taxes (soit plus de 75 millions de francs) qui a d'ores et déjà pu être attribuée pour l'ensemble des travaux de confortement réalisés jusqu'alors (1997-2001). Et en prévision du budget de l'année 2002, les objectifs du confortement des portions de linéaire sur les commune des Saintes-Maries-de-la-Mer (Clos du Rhône, Digue ouest de Port Gardian), de Port-Saint-Louis-du-Rhône et d'Arles (confortement du secteur du cimetière de Trinquetaille, du secteur d'Albaron, de l'étude de diagnostic des quais), devraient représenter des marchés d'un coût total de 6 millions d'euros (soit plus de 40 millions de francs) et ce sans compter les études d'impacts et la mise en place d'un SIG, estimées pour un coût total de 574 000 euros HT, soit environ 3 731 000 francs.

3- Des acteurs locaux encore peu concertés ... ou peu concernés

Si la gestion du risque inondation ne fait pas directement partie des fonctions de certains organismes tels que la Réserve de Camargue, le Parc Naturel Régional, ou encore les différentes associations présentes sur le territoire, les agriculteurs...., le rôle qu'ils jouent dans l'organisation et la gestion de l'espace, mais surtout dans la gestion hydraulique est pourtant essentiel. De ce fait, ils sont amenés d'une certaine manière à être impliqués dans cette gestion du risque inondation, même de façon indirecte. Leur concertation est nécessaire.

En effet, de même que la gestion des inondations par le Rhône se devait de s'orienter vers une vision globale sur l'ensemble du bassin versant de ce dernier, la prise en compte des spécificités locales du territoire sur lequel elle devra s'appliquer est primordiale. Les inquiétudes et les interrogations de chacun de ces acteurs diffèrent fondamentalement et les entretiens effectués auprès de ces derniers n'ont fait qu'accentuer la complexité d'une telle problématique.

3.1- Méthodologie

C'est sur la partie nord de la Camargue, entre les deux bras du Rhône, depuis la défluence jusque la limite artificielle marquée par la départementale 570 que nous avons focalisé cette enquête par entretiens. C'est en effet cette zone qui a été la plus touchée par les dernières inondations. Il s'agit d'une enquête qualitative qui n'a donc pas pour objectif d'appréhender un échantillon représentatif au sens statistique du terme de la population locale, mais qui vise en revanche à saisir le discours des habitants dans toute leur diversité et hétérogénéité. Car si la Camargue était autrefois principalement occupée par de grands propriétaires fonciers, l'évolution actuelle du delta a mis en relief le poids croissant d'une population nouvelle, venue récemment s'installer en Camargue dans un contexte économique différent.. Une liste acquise auprès de la mairie et répertoriant les personnes sinistrées a donc permis dans un premier temps de sélectionner des personnes ayant été plus ou moins fortement touchées par les inondations, personnes aux activités diverses, dont des agriculteurs, des manadiers, des hôteliers. L'échantillon incluait aussi des personnes très récemment installées, n'ayant pas vécu directement dit les inondations.

C'est au total une quinzaine d'entretiens qui ont été effectués. Parmi eux, cinq exploitants agricoles ont été interrogés, deux nouveaux habitants, deux activités de restauration et de camping, un manadier, trois habitants ainsi qu'une personne de l'association des Camarguais (créée suite aux inondations de 93/94). Chacun de ces entretiens a été enregistré avec l'accord des enquêtés mais dans le souci d'une évidente confidentialité, puis retranscrit intégralement.

Trois thèmes principaux étaient abordés lors des entretiens : vivre en Camargue, les inondations et la protection. Un support cartographique a été utilisé au cours de ces entretiens, afin d'inviter les habitants à situer géographiquement les zones inondables et inondées, ainsi que les ouvrages de protection.

Dans l'hypothèse qu'un risque est perçu différemment selon la connaissance que l'on a du milieu dans lequel on vit, l'entretien abordait en premier lieu la manière dont les habitants se représentaient la Camargue, quelles connaissances ils pouvaient avoir du milieu dans lequel ils vivaient. Dans un second temps, il s'agissait d'identifier si le risque inondation en Camargue était présent dans l'esprit des habitants ou si au contraire cela restait du domaine de l'improbable, voire du tout à fait insignifiant. Par ailleurs, la mémoire du risque est-elle encore active ? Les gens se souviennent-ils des inondations ? Quelle importance y attachent-ils encore aujourd'hui ?

Enfin, les personnes rencontrées étaient interrogées sur les actions qu'elles souhaitaient en matière de prévention et de protection, si celles d'ores et déjà engagées les satisfaisaient ; En d'autres termes quelle était pour elles la limite entre un risque acceptable et un risque inacceptable. Encore une fois il leur était demandé de localiser sur un fond de carte les ouvrages de protection existant et les secteurs ayant fait l'objet de travaux.

3.2 – La population dix ans après : entre mémoire et oubli

Parmi la population interviewée, il apparaît que la reconnaissance de la Camargue comme un territoire potentiellement submersible, n'est pas toujours une évidence. A la question : « Pourriez-vous me représenter les zones inondables en Camargue ? », certaines personnes cherchaient à se souvenir de l'étendu des inondations de 93/94, pour conclure : « les trois quarts au moins de la Camargue sont inondables », « cette partie-là, c'est sûr que c'est inondable ». C'est essentiellement auprès des nouveaux habitants, installés après les

inondations de 93/94, que ce risque n'est pas évalué. Un habitant avouait n'en avoir aucune idée, tandis qu'un autre représentait des bandes de deux à trois kilomètres de large depuis le fleuve. Chez des personnes conscientes de la position géographique de la Camargue et de ses spécificités, l'origine bien connue du facteur risque, engendre au contraire la perception d'un risque plus élevé. Un des habitant soulignait : « Pour nous, ce n'est pas seulement lorsqu'il pleut que l'on voit le Rhône gonfler, on le voit gonfler même quand il fait très beau », « il ne faut pas oublier que l'on reçoit toutes les eaux d'en haut, c'est la Camargue l'endroit le plus bas ». Si la population évoque les fréquentes inondations d'autrefois, de semblables événements représentent aujourd'hui pour elle un risque accru : « Cela ne se présentait pas de la même façon, parce qu'il n'y avait pas les digues, alors l'eau débordait mais sans faire trop de ravage sur son passage, elle s'étendait petit à petit ». La compréhension des facteurs induisant les inondations permet cependant d'appréhender le risque différemment. Ainsi, une habitante de Saliers faisait remarquer le caractère plus ou moins naturel des événements de 93-94 : « le Rhône se déversait en Camargue, il reprenait son lit parce qu'il avait été dévié il y a des centaines d'années de ça ! ». Tandis que, l'influence des vents est-elle aussi bien connue, des habitants expliquaient : « peut-être qu'avec un temps différents, un coup de Mistral pendant les inondations, la mer aurait d'avantage absorbé les eaux du Vaccarès et les eaux qui rentraient », alors que là, « la mer remontait dans le Petit Rhône et ça ne s'évacuait pas ».

La présence de digues est un facteur visuel important qu'il n'est pas négligeable de prendre en considération dans la perception du risque. Elles imposent des barrières qui rendent difficile la visualisation du Rhône qui s'écoule derrière, et de ce fait induisent la perception d'un risque d'inondation atténué. Mais c'est surtout en se fondant elles-mêmes dans le paysage qu'elles y contribuent. Ce surprenant constat résulte de la difficulté pour certaines personnes interviewées à définir et à situer les ouvrages de protection. Les habitants récemment installés n'ont d'ailleurs pas été les seuls confrontés à cette question et cette difficulté a été également éprouvée de la part de camarguais plus anciennement installés. Car si la protection du delta par les digues est connue, ces simples talus de terre se fondant aisément dans le paysage semblent parfois disparaître entièrement. Ainsi un habitant savait parfaitement localiser les digues du Petit Rhône, tandis qu'il émettait un doute quant à la présence de digues sur le Grand Rhône ; « Je pense qu'il y a des protections aussi mais les terrains doivent être plus hauts et c'est moins endigué ».

A cette réflexion s'ajoute celle d'**un risque effacé devant un sentiment de sécurité exacerbé par la constitution de ces protections** réputées « insubmersibles » **et par la rareté des événements**. Il faut bien dire que depuis la consolidation des digues et leur surélévation depuis 1869, de mémoire d'hommes, jamais plus les digues n'avaient laissé pénétrer l'eau en Camargue. Une habitante d'Arles racontait : « quand il y a eu les inondations, on discutait avec les personnes âgées pour savoir si ils avaient connu ça... De leur mémoire ils savaient qu'il y avait eu de grandes inondations, mais de mémoire d'anciens ils n'avaient jamais connu ça ». Nombre des personnes enquêtées ont d'ailleurs fait part de leur étonnement face à de tels événements. Ces habitants exprimaient ainsi : « on n'aurait jamais cru que ça craque un jour ! », « De nos jours, ça a complètement étonné que ça puisse arriver ».

Ce n'est qu'en évoquant les inondations de 93/94 que la population, en se rattachant à ses souvenirs, semble considérer ce risque. La recherche des souvenirs ravive la mémoire du risque. C'est alors qu'il est remarqué : « quand même, c'était important quand on y pense », « c'est vrai que là je regardais un peu...ça a été quelque chose de vraiment impressionnant ». Par ailleurs, un restaurateur s'inquiétait d'autant plus des répercussions négatives que pouvait représenter son interdiction de construire des bungalows qui auraient pourtant permis le développement de son activité, que du risque inondation auquel il était « soit-disant exposé ».

La concentration dans le temps et dans l'espace d'événements catastrophiques tendrait à générer une sensibilisation accrue face au risque encouru, tandis que la dispersion spatio-temporelle d'un même phénomène diminue considérablement cette perception. Les inondations de 93/94 illustrent bien ce processus puisque leur caractère exceptionnel a totalement surpris une population qui n'avait plus été confrontée à cela depuis des générations. Si, aujourd'hui encore, les inondations restent en mémoire, les dix années qui sont écoulées depuis ont contribué à un oubli relatif de ce risque. Pour les habitants ayant été peu ou pas touchés, les inondations de 93/94 ne sont plus qu'un souvenir, « quelque chose de lointains » auquel finalement « on ne pense pas souvent ».

En revanche, les inondations sont, pour la population sinistrée, des événements marquants qui s'inscrivent profondément en mémoire. Mais l'intensité d'une catastrophe est principalement inscrite en fonction de sa puissance, de sa durée et de sa fréquence. Ainsi, pour les personnes ayant été fortement confrontées aux inondations compte tenu de leur proximité par rapport au risque torrentiel (secteurs de brèche) ou compte tenu des hauteurs d'eau qui les ont submergés, l'événement est d'autant plus marquant, voir

réellement traumatisant. Des habitants sinistrés évoquaient : « On était seul au milieu des marais, au milieu d'un étang. A 10 km à la ronde, il n'y avait rien, c'était impressionnant. C'était la désolation, tu étouffais... », « On était sous le robinet, pour nous ça a été dramatique ». Ce sont lors de ces entretiens que le terme de catastrophe, de traumatisme, d'angoisse sont les plus récurrents. Dans ce cas, la durée des inondations vient alors suppléer la catastrophe. « C'était traumatisant pour nous, pendant deux mois, avoir toute cette eau », « On a tous fait une dépression parce que ça durait, ça durait... ». Une angoisse, qui laisse par ailleurs la hantise que cela puisse recommencer. Chaque crue ravive alors ce sentiment : « J'ai peur que ça revienne, tous les hivers, j'angoisse, c'est l'horreur ! ».

La catastrophe peut donc être évaluée selon une échelle d'intensité et de durée. Il en est de même du risque perçu. En effet, tant la puissance que la durée d'un phénomène contribuent à renforcer la perception d'un risque. Cette différenciation est nettement ressentie par la population qui sait très bien évaluer les dangers auxquels elle est exposée. Ainsi, le caractère laminaire des inondations en zone de plaine permet de relativiser sensiblement le danger. L'arrivée progressive de l'eau a permis à chacun, dans une certaine mesure, d'identifier le danger, de s'organiser pour en limiter les dommages et par conséquent d'appréhender différemment le risque, même si cela n'occulte en rien le sentiment de peur qu'il génère. « On a eu de la chance que l'eau est arrivée petit à petit, pas comme à Vaison-la-Romaine » ; « On a eu le temps quand même, c'est venu progressivement, ça s'est étalé quoi ».

A l'opposé, d'autres personnes ont été surprises par le caractère inattendu et la violence de l'événement (notamment les mas à proximité des brèches tels que ceux du secteur de Beaumont-Mazel). Là, « c'est venu tellement vite qu'on n'a pas eu le temps de tout enlever. En deux heures c'est venu ».

Si la topographie relativement plane de la Camargue a contribué à l'arrivée progressive de l'eau, elle n'a pas permis son évacuation rapide. Durant plusieurs jours, voire durant des semaines, l'eau a stagné au niveau des dépressions et des bassins, retenue par le vent et les levées artificielles telles que les routes. C'est en s'inscrivant dans la durée, que les inondations ont marqué les mémoires. C'est certainement ce critère qui a fait basculer le risque du seuil d'acceptable à celui d'inacceptable pour beaucoup de personnes (A. Dauphiné, 2001).

Le danger s'inscrit dans l'espace. Chacun des habitants, se référant aux souvenirs des dernières inondations, évalue sa situation face au risque potentiel. Ainsi, un habitant de Saliers soulignait sa situation privilégiée au centre du village, légèrement surélevé, tandis qu'une habitante du quartier de Trinquetaille évoquait son inquiétude : « Ce qui nous inquiétait par rapport à notre quartier Trinquetaille, c'était la hauteur du Petit Rhône par rapport au quartier, parce que c'est une cuvette ». Une autre disait encore : « Ils nous ont mis dans un trou ! Parce que c'est vrai qu'il y a les digues d'un côté, il y a l'autoroute, de l'autre, et il y a la voie rapide » et en concluait « On est le bassin de rétention ». Les différences d'exposition au risque sont identifiées par les habitants. Très élevé en zone urbaine, puis dans les secteurs au risque torrentiel et enfin lorsqu'il impose une submersion par une importante hauteur d'eau, il est moins élevé dans les secteurs soumis à un aléa plus faible.

Dès lors le rapport au territoire évolue et du simple constat des mas épargnés par les eaux tandis que les bergeries et les constructions nouvelles prenaient l'eau, les habitants ont ainsi réappris à connaître la Camargue. Les inondations ont alors été l'occasion de prendre conscience et d'apprécier l'intelligence des anciens en matière de construction. Un savoir faire oublié par les sociétés actuelles puisque les habitations à avoir été inondées étaient principalement des constructions récentes. Des remarques telles que « c'est surélevé, comme au mas Truchet, le mas Truchet date quand même du Roi Soleil, alors qu'ici c'est une ancienne bergerie », « les mas situés près des brèches n'ont pas été inondés, mais tout autour il y avait de l'eau », ont été fréquentes lors des entretiens. Une habitante soulignait : « Nous c'est vrai que quand il y a eu les inondations de 93/94, on s'est aperçu qu'il y avait des petits bourrelets et qu'il y avait des mas très anciens qui étaient au-dessus ».

Si les inondations ont été vécues comme de véritables catastrophes pour la population sinistrée, le souvenir qu'elles laissent après des années semblent plus mitigé. Les souvenirs plus plaisants, générés par de tels événements, lorsqu'ils sont reconnus, aident à relativiser la catastrophe. Ainsi, les **inondations ont elles été l'occasion d'une grande solidarité qui suscite encore aujourd'hui l'émotion.** Lors des entretiens, le formidable travail des pompiers, la solidarité entre voisins, la convivialité ont été fréquemment soulignés, tandis que les anecdotes laissent place à de cocasses souvenirs de partie de chasse extraordinaires, de promenades en bateau.

D'une façon générale, les inondations par le Rhône ne semblent donc pas perçues comme un risque majeur par la population, du moins en zone rurale et dans l'échantillon de population enquêté. Une conclusion qu'il faut cependant nuancer, en ce qui concerne les populations soumises à un risque torrentiel ou à un fort aléa par rapport à la hauteur d'eau.

3.3 - La demande de protection : l'exigence des uns, le fatalisme des autres

Le troisième thème à être abordé lors des entretiens concerne la protection contre les inondations et la prévention. Il apparaît que la notion de risque et la limite posée entre un risque acceptable et un risque inacceptable restent implicitement élastiques.

C'est avec un certain fatalisme que quelques habitants semblent plus ou moins accepter la probabilité d'être inondé. Pour ces personnes, la puissance du fleuve reste incontrôlable et la probabilité qu'une brèche survienne inévitable. Ils se justifient ainsi : « De toute façon si ça doit casser ça casse », « Et puis même si ça se reproduisait, qu'est ce que vous voulez que l'on fasse, on subit. Quand la nature reprend ses droits, il n'y a rien à faire », « C'est des choses qui peuvent arriver ».

Malgré tout, cette tendance n'est pas généralisée auprès de la population et la protection des biens et des personnes reste estimée par tous comme un droit. Une même personne faisait part de l'inévitable risque d'inondation, compte tenu des aménagements contraignants les rivières, tandis qu'il s'indignait d'autre part des indemnisations perçues lors des dernières inondations : « On est escroqué je veux dire, il n'y a aucune raison que l'on ne soit pas remboursé ».

Chez certaines personnes, l'engagement des institutions ayant en charge la protection génèrent un sentiment de sécurité. De nouveau la population se sent en sécurité derrière des digues, qui a défaut d'avoir été entièrement refaites, semblent bien surveillées, entretenues et accessibles. Les « inondations de toute façon ne peuvent venir que par un manque d'entretien des digues » ; la mise en place d'un Syndicat en ayant la charge et leur surveillance régulière, la présence de gardes digues et la création d'une piste circulaire en crête sont des raisons suffisantes pour la majorité de se sentir de nouveau sécurisé. Une

personne s'exprimait ainsi sur le sujet : « On est mieux protégé, c'est sûr. Aujourd'hui, il y a des gardes digues, c'est bien, car je pense que la première des protections, c'est la surveillance », une autre disait « Donc de ce côté-là, je me sens en sécurité parce qu'on pourra atteindre rapidement si ça commence à fuir. Je crois que maintenant c'est bien protégé », « La piste circulable déjà, c'est une bonne chose ».

Bien que la population n'ait pas réellement connaissance des travaux effectués, il semble qu'elle fasse confiance aux gestionnaires à qui elle s'en remet. A la question « Savez-vous si des travaux ont été effectués sur les digues », personne n'était en mesure de définir précisément les travaux effectués. Une personne répondait : « Je pense que les travaux sur les digues ont été faits, bien qu'on en voit une certaine partie, l'autre non mais bon, c'est vrai qu'il faudrait voir partout. Il y a des digues qui ont bien été refaites du côté de Fourques, Trinquetaille, du côté même en allant sur Saliers, où ça a quand même été bien consolidé, enfin... on espère, on leur fait confiance ».

D'une façon générale, le rehaussement des digues n'a jamais été spontanément exprimé. C'est essentiellement un confortement de l'actuel et surtout leur entretien qui ont été évoqués : « On peut les rehausser les digues du Petit Rhône mais surtout les défricher et les renforcer, là c'est sûr ! », « On attend surtout de l'entretien ».

Plus minoritaires cette fois, certaines personnes évoquent malgré tout un sentiment d'impuissance devant une certaine inertie des pouvoirs publics. Les travaux ne constituent alors pas pour eux une protection efficace et restent un trompe-l'œil face à leurs attentes. Un sinistré constatait le peu de travaux réalisés sur le Petit Rhône à l'origine pourtant des dernières inondations : « Sincèrement je crois qu'il n'y a rien eu d'important de fait quoi. Il y a quelques travaux, par si, par là...des pipis de chats ! ».

Enfin, les inondations et la gestion de ces crises ont amené ces personnes à adresser certaines critiques à l'encontre de la puissance publique, ainsi qu'à exprimer un sentiment d'injustice et d'inégalité. L'idée d'une mauvaise gestion est fréquemment mise en avant. De ces critiques établies, il ressort un fort trait de caractère des camarguais, qui se défendent de connaître parfaitement le terrain, tandis qu'au contraire les ingénieurs apparaissent alors comme ceux par qui vient la faute. « Il suffisait de prendre une carte je veux dire ». Ainsi par exemple, la constitution d'une digue pour protéger Gimeaux lors des inondations de janvier 94, a-t-elle été considérée comme une aberration par la population du fait d'un manque flagrant de cohérence dans sa délimitation, et des conséquences qu'elle a induit pour les mas non protégés en amont, alors volontairement « sacrifiés ». Un habitant ne

comprenait pas qu'il n'ait pas été incéré dans ce périmètre : «Je veux dire que c'était plus simple de m'englober aussi, enfin bon », « on subit les choses, c'est évident », tandis que d'autres soulignaient le fait « qu'il soit anormal que des gens s'inondent alors qu'ils sont sur des portions hautes et que l'on empêche l'eau de s'écouler vers les portions basses ». Les habitants de l'un des mas situés au dessus de la RN 572 se présentaient comme habitants de la « zone des mas sacrifiés : c'est la zone des mas sacrifiés, nous sommes le bassin de rétention ». Ainsi, un fort sentiment d'injustice transparaît des entretiens « puisqu'il ne fallait ni inonder Tarascon, ni plus bas, c'était « ici le mieux pour que ça pète ». « Si un jour il faut faire craquer quelque part, pour ne pas inonder Gimeaux ou Saint-Gilles ou autre, ils feront craquer là parce qu'il y a beaucoup d'espaces... et on sera encore la soupape de sécurité ».

Le manque de cohérence des actions entreprises par les services de l'Etat, telle que la construction d'une route pour arriver à la brèche de Figarès, et colmater celle-ci tandis que les digues fournissaient un accès privilégié, fut ressentie également comme l'incapacité des pouvoirs publics à gérer cette crise. «Ils se sont crus intelligents de prendre la route mais on leur a dit que par la digue c'est plus rapide », « Ce que l'on peut critiquer, c'est que tous ces ingénieurs, il faudrait qu'ils discutent avec les gens du pays parce qu'on connaît les niveaux ».

De la recherche de l'identification d'un responsable, de nombreuses rumeurs sont nées. Ces rumeurs peuvent être analysées comme une manière à part entière de se protéger d'un risque naturel auquel on ne veut croire. Le risque n'est pas directement lié au fleuve, à sa capacité de développer une force inhabituelle, il incombe quoi qu'il en soit de la responsabilité d'une personne par qui il est généré. Chacun attribue la responsabilité des inondations à quelqu'un et par conséquent se protège d'une certaine manière d'un risque qui n'est globalement pas considéré comme naturel. Ainsi différentes causes sont mises en avant, les lâchés d'EDF principalement, le seuil créé en aval de l'écluse de Saint-Gilles... Très peu de personnes finalement, considèrent le risque comme la probabilité d'un événement naturel qu'il faut envisager. Lors de chaque entretien, certaines réflexions revenaient continuellement, telles que « C'est la faute à EDF, il ne faut pas rêver », « D'après les échos, ils ont ouverts la brèche ». Une habitante expliquait : « Au bout de la propriété, là, entre les deux mas, il y a un seuil. On pourrait pour ainsi dire passer à pieds entre les deux rives... vraiment, ça fait une marche. Quand on a creusé le canal rejoignant le Petit Rhône au canal à Sète, quand on descend de Saint Gilles, on a déposé les limons je pense. Je pense que ça a dû bloquer à ce niveau-là».

D'une façon générale, le risque inondation ne semble pas induire l'implication de la population par la mise en place d'organisation, d'aménagements spécifiques. Si cette prise de responsabilité individuelle existe parfois, elle résulte avant tout de contraintes réglementaire (création d'un vide sanitaire...). A l'inverse, les habitants de secteurs fréquemment inondés tels que ceux des ségonaux connaissent le risque, savent l'évaluer et s'organiser pour en limiter les dommages par le biais de pratiques spécifiques. Un habitants des ségonaux se complimentait de savoir parfaitement reconnaître le Rhône en crue et de pouvoir prévoir au plus juste le risque inondation auquel il était exposé. Equipé de bateaux dans son garage, les pièces habitables du mas étaient volontairement situées au premier étage, tandis qu'au rez-de-chaussée, aucun meuble fragile n'était exposé. Cette pratique résulte chez cet habitant, d'une mémoire du risque active, générée par la fréquence des inondations dans ce secteur et ce depuis toujours.

De façon générale, la population semble demandeuse d'une responsabilisation des pouvoirs publics. Elle souhaite aussi devenir acteur en étant directement informée et concertée. Elle appelle à une prise en compte de ses connaissances et de ses opinions. Les habitants interrogés semblent, de façon générale, peu ou pas informés des risques encourus et des dispositifs de prévention mis en place. Depuis les derniers documents d'information distribués, le temps s'est écoulé et la nécessité de reconduire une campagne de sensibilisation devrait être prise en compte.

Le risque inondation par le Rhône, ne semble donc pas être perçu comme un risque majeur par la population. Les attentes en terme de protection, de la part des habitants, semblent modestes (un entretien permanent, un confortement des digues fragilisées). Ceux-ci semblent se satisfaire en partie des actions d'ores et déjà entreprises. Les liens qui unissent certains camarguais au territoire, de par leurs activités en relation avec la terre, la nature, les chevaux et les taureaux... , mais aussi de par leurs racines a très certainement contribué à une certaine dramatisation de la catastrophe de 93/94. Une catastrophe qui reste somme toute relative, au regard des dégâts engendrés lors des inondations de la Somme, du Pas-de-Calais... et plus récemment de Europe de l'Est. La prise de recul face à l'événement tend à minimiser les dommages engendrés.

CONCLUSION GENERALE

La comparaison entre les évènements de 1856 et de 1993-94 a permis de mettre en évidence le traitement d'une crise assez équivalente dans deux contextes sociaux, économiques, politiques et idéologiques très différents.

Sans cette comparaison, il aurait été très difficile de révéler ce qui appartient en propre au contexte contemporain dans la gestion de la crise récente.

Ainsi, la crise de 1993-94 a été analysée autant en référence à l'histoire du contexte sociologique local qu'en référence exclusive à la crise de 1856.

Il serait en effet réducteur de prétendre traiter la gestion du risque inondation comme un objet scientifique à part entière. Ce n'est qu'en l'incluant comme partie d'un système social et de décision beaucoup plus global et évolutif que l'on a pu se donner les meilleures chances de l'analyser dans sa complexité.

Nous avons donc pris le parti d'interpréter cette crise contemporaine à partir de diverses variables contextuelles locales.

1. Tout d'abord **l'histoire de la mise en valeur économique du delta** du Rhône comme révélatrice et explicative du statut de gestion des ouvrages de protection. En effet, ces ouvrages ne sont compréhensibles que si l'on tient compte de l'ensemble des aménagements hydrauliques (endiguement, irrigation, drainage) et de leurs fonctions en termes de mise en valeur du milieu (sur cet aspect, un important travail de reconstitution historique du développement viticole, salinier et rizicole du delta a été mené à bien).
2. Ce système agraire a été appréhendé comme révélateur des **systèmes de pouvoir** dans le delta. Ainsi, le statut des associations de gestion hydrauliques (les ASA) et le statut des chaussées de grande Camargue est analysé en rapport direct avec la structure foncière latifundiaire du delta envisagée comme une adaptation très précises aux contraintes du milieu biogéophysique (recueil de données sur le milieu physique, la structure foncière et sur les statuts des associations hydrauliques).
3. **L'évolution sociologique** récente du delta (recueil de données sur l'apparition d'activités nouvelles : protection de la nature, tourisme, urbanisation) fait apparaître une distorsion forte entre un système de normes de gestion des digues figé et obsolète eu égard à un système social local qui se complexifiait.

Les conflits d'usages de l'eau, les rapports sociaux, les conflits de pouvoir (histoire de la création du Parc Naturel Régional de Camargue) la « tertiarisation » progressive du territoire (activités de protection de la Nature, loisirs, tourisme) se sont superposées de façon parfois conflictuelle avec les activités productives. Celles-ci ne pouvaient plus supporter seules les charges inhérentes à l'endiguement mais en retiraient quelques avantages en termes de maintien de leur pouvoir symbolique sur le territoire par rapport à ces nouveaux acteurs.

4. Un recueil de données écrites sur la progressive **désignation symbolique des lieux depuis 100 ans comme Isolat naturel et culturel** (des félibres aux conservateurs de la Nature) montre une adhésion forte des politiques publiques (aménagement du territoire) à cette nouvelle représentation du delta. Celle-ci n'est pas étrangère à une relative négligence dans la prise en compte du risque puisque l'idée « d'espace naturel » a participé à l'oubli collectif, en l'absence de catastrophe majeure depuis 1856, d'une Camargue comme polder vulnérable.

Les valeurs positives aujourd'hui attribuées aux espaces dits « naturels » engendrent des regards décalés sur des territoires pourtant anthropisés et artificialisés de longue date.

L'analyse des prises de positions de toutes les parties prenantes concernées par les inondations de 1993-94 (enquêtes par entretiens, dossier de presse complet, suivi de réunions, missions interministérielles) a abouti aussi à plusieurs grands types de résultats.

Ces résultats, mis en perspective avec le contexte précédemment décrit, démontrent comment ces inondations ne sont pas sans rapport avec une crise des valeurs, une crise sociale, une crise du pouvoir du sens vrai du terme, par la révélation d'un système normatif de gestion du territoire inadapté aux changements sociaux contemporains mais aussi perverti par les regards contemporains sur la « Nature ».

- a) Sur le plan des valeurs, la montée en puissance de l'idéologie et de l'emprise foncière environnementale (PNRC, Réserve Nationale, espaces protégés) avaient accrédité l'idée d'une Camargue « espace naturel ». Les digues oubliées depuis 1869 ont rappelé aux Camarguais qu'ils vivaient dans un polder fragilisé par le non-entretien des digues par un monde agricole qui n'était plus le seul opérateur économique du delta.
- b) Sur le plan social, les habitants des lotissements inondés ont réactivé une sorte de symbolique de lutte des classes. L'association des sinistrés s'est transformée en association des Camarguais et a contesté le pouvoir des propriétaires dans la gestion des digues mais aussi au Parc Naturel Régional de Camargue.

c) Cette contestation sociale a engendré une importante remise en cause locale des pouvoirs :

- Le Parc Naturel Régional de Camargue, exception nationale parce que géré par une fondation privée au sein de laquelle les propriétaires fonciers étaient dominants a été transformé en groupement d'intérêt public (ou les représentants de l'état et des collectivités locales sont majoritaires) sous la pression des « Camarguais » vis à vis des élus.
- L'association des chaussées de grande Camargue gérée par les propriétaires du sol selon un système censitaire hérité du second empire a été transformé en syndicat mixte (SYMADREM).

En conclusion, il semblerait que cette crise liée aux inondations permette de pouvoir affirmer que :

- Les normes de gestion hydrauliques héritées du passé ne résistent pas à la complexification sociale contemporaine mais la catastrophe est évidemment nécessaire pour le révéler.
- Dans l'urgence, seule la puissance publique (Etat et collectivités locales) est à même de prendre en charge une gestion cohérente des risques dans une situation où la complexification accrue des systèmes sociaux localisés les rend de plus en plus vulnérables face aux aléas climatiques (dilution des responsabilités).
- L'approche globale de l'histoire des interactions localisées entre les dynamiques sociales et naturelles permet de décrypter les changements sociaux et symboliques causes et effets de l'aggravation des risques dits naturels.
- Enfin, une déségmentation des politiques publiques serait nécessaire pour appréhender un territoire socialement désigné comme « espace naturel » et pourtant artificialisé et poldérisé dans une optique productiviste.

Cela devrait passer nécessairement par une **critique réflexive sur l'idée de Nature**, jusqu'à présent excessivement idéalisée dans certains territoires sanctuarisés comme le delta du Rhône.

BIBLIOGRAPHIE

OUVRAGES GENERAUX

ALLARD P. , (1992), *Arles et ses terroirs*, Editions du CNRS.

BELLANGER C, (1969), *Histoire générale de la presse française*, tome 2, P.U.F.

BERTRAND C.-J., (1995), *Médias*, ellipses.

BETHEMONT J. (1972). *Le thème de l'eau dans la vallée du Rhône. Essai sur la genèse d'un espace hydraulique*. 641p.

BOUTEYRE.G, DUCLOS.G.(1994). *Carte pédologique d'Arles au 1/100 000ème et sa notice explicative*. INRA.

COURRIER DU PARC N° 41/42. (1993). *Le Rhône et son delta*. Parc Naturel Régional de Camargue.149 p.

DDAF (1999). *Agriculture et environnement. Un projet de Territoire pour la Camargue*. 55p.

DERVILLE G., (1972), *Le pouvoir des médias*, Presse Universitaire de Grenoble.

FASSETTA A. (1998). *Quatre mille ans d'histoire hydrologique dans le delta du Rhône*. GRAFIGEO

GARRIGUES J., (2000), *La France de 1848 à 1870*, Armand Colin

LEDOUX L. (1998). *Développement durable des zones humides littorales : les enseignements de la Camargue*. In L'homme et la lagune ; de l'espace naturel à l'espace urbanisé. Ed de Bergier. Travaux de la société d'écologie humaine p 247-257.

PARDE M. (1925). *Le régime du Rhône, étude hydrologique*. 2 Vol. Université de Lyon.

PELOSATO A.(1997). *Le Rhône et ses crues*. Coll Technique. 115p

PICON B. (1998). *Du symbole de liberté au symbole de nature, l'histoire mythique des lagunes côtières*. In L'homme et la lagune ; de l'espace naturel à l'espace urbanisé. Ed de Bergier. Travaux de la société d'écologie humaine.p 305-320.

PICON B. (1988). *L'espace et le temps en Camargue*. Actes Sud Arcane.342p.

PROGRAMME NATIONAL DE RECHERCHE SUR LES ZONES HUMIDES (PNRZH). (2000). *Projet 68 : les enjeux de la gestion hydraulique dans le delta du Rhône*. Laboratoire DESMID.

PROVANSAL M. (ss la dir.)(1993). *La Camargue et le Rhône, hommes et milieux*. Revue géographique des pays méditerranéens. 110p.

OUVRAGES SUR LES INONDATIONS EN CAMARGUE

BALLAND P, LEFROU C.(1999). *Rapport sur la gestion de l'eau en Camargue. La protection contre les inondations*. Conseil général des Ponts et Chaussées. 70 p.

BCEOM. (2001). *Modélisation hydraulique du delta*. Territoire Rhône. 184p.

BETHÉMONT J, RIVIÈRE-HONEGGER A. (1998). *Les inondations en Camargue d'oct. 93 et de janv. 94*. Territoires et mutations. Revue de l'UPRESA.

CONSEIL GENERAL DES PONTS ET CHAUSSEES. (1999). *Rapport sur la gestion de l'eau en Camargue ; la gestion courante de l'eau dans l'Ile*. Ministère de l'Aménagement du Territoire. 34p.

DESMID (1993/1994). *Revue de Presse : les inondations*.

DDE des Bouches-du-Rhône.(1996). *Prescriptions applicables en zones inondables*.

ENGREFF (1999). *Les inondations 1997-1998*. 60p.

HORIZONS (1996) *Etude hydraulique de la plaine de Camargue*. Direction des services techniques de la ville d'Arles.

METAILIE Jean-Pierre, (1993), *Emergence d'un discours et d'une pratique*, in BECK Corinne, DELORT Robert, Pour une histoire de l'environnement, Paris, Editions du CNRS.

PICHARD G. (1995). *Les crues sur le Bas Rhône de 1500 à nos jours. Pour une histoire hydroclimatique*. In: Revue géographique des pays méditerranéens N°3A. p105-115. Aix en Provence, Université de Provence.

RAPPORT AU MINISTRE DE L'ENVIRONNEMENT.(1994). Mission interministérielle sur les inondations de la vallée du Rhône en aval de Lyon d'octobre 1993 et de janvier 1994. Première partie : *Inondations en Camargue*. 41 p.

RESERVE NATIONALE DU PARC, DESMID. (nov 1993). *Suivi des inondations survenues en Camargue suite à la crue d'octobre 1993*. Rapport technique final.

RIVIÈRE-HONEGGER A, VIANET R. (1995). *Inondations en Camargue 1993-1994*. Bulletin de la société Languedocienne de géographie. 23p.

RIVIÈRE-HONNEGER A, VIANET R. (1994). *Inondations en Camargue 1993/94. Vers une prise de conscience de l'aménagement du Territoire*. In : Conférence présentée le 14 nov.94 à l'Université Paul Valéry, Montpellier. p.169-185.

SAFEGE-CETIIS. (2000). Rapport d'étude : *Modélisations hydrauliques de la rupture de la digue du Rhône au droit de mas Thibert et Salin-de-Giraud*. DDE des Bouches du Rhône. 13p.

SAFEGE. (2000). *Synthèse hydrologique*. Territoire-Rhône.40p.

VIANET R. (1994). *Inondations de la Camargue en janvier 1994. Comparaison avec les évènements du mois d'octobre 1993. Synthèse*. Parc Naturel Régional de Camargue.

OUVRAGES D'HYDROLOGIE ET D'HYDRAULIQUE

AZNAR, J.C., DERVIEUX, A., PICON, B., (2000), *Les enjeux de la gestion hydraulique dans le delta du Rhône*. Programme National de Recherche sur les zones humides, Rapport de synthèse final, Arles : DESMID.

BRAVARD JP, PETIT F. (2000). *Les cours d'eau. Dynamique du système fluvial*. Armand Colin..220 p.

BRAVARD JP.(SS la dir.)(2000). *Les régions françaises face aux extrêmes hydrologiques*. SEDES.286p.

COURRIER DU PARC N° 48/49. (1999). *Usages de l'eau et équipements hydrauliques en Camargue*. Parc Naturel Régional de Camargue. 100p.

DDE, SERVICE DE LA NAVIGATION RHONE-SAONE. (Juin 1996). *Digues du delta du Rhône*.70p.

SYMADREM. (2001). *Rapport de la visite des digues*. 40p.

DERVIEUX A, FRANSQUESQUIN N.(2002). *Petite chronique de l'eau : modèle et écologie*. DESMID, CEDRIC.20p.

FERRER A. (1996). Mémoire de DESS : *Activités humaines et gestion de l'eau. Conséquences sur le fonctionnement d'une zone humide, la Camargue*. Parc Naturel Régional de Camargue, Université Paris VII. 100p.

FRANSQUESQUIN N. (2001). Thèse : *Modélisation et simulation multi-agents d'écosystèmes anthropisés : Une application à la gestion hydraulique en Grande Camargue*. Université Aix-Marseille III. 232p.

GILARD O. (1999). *Inondations et aménagement de rivière*. In Les inondations 1997-1998. Ecole Nationale du génie rural des eaux et des forêts. ENGREF. p26 à 28.

HEURTEAUX P. (1996). *L'eau et la riziculture en Camargue : l'irrigation et le drainage. Pourquoi ? Comment ?* CNRS.105p.

LARRAS J. (1975). *Défense contre les crues*. Coll du BCEOM.135p

MERIAUX P, ROYET P, FOLTON C. (2001). *Guide pratique à l'usage des propriétaires et des gestionnaires. Surveillance, entretien et diagnostic. Des digues de protection contre les inondations*. CEMAGREF, Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement. 191p.

MINISTERE DE L'AGRICULTURE. (1995). *Les groupements d'hydraulique agricole des Bouches-du-Rhône. Irrigation du Rhône* 57p. *Assainissement en Camargue* 45p.

SALOMON JN. (1997) *L'homme face aux crues et aux inondations*. PUF Bordeaux. Coll « Scieteren ». 136p.

OUVRAGES TRAITANT DU RISQUE

ALLARD P, DOMENECH B, PAILHES S, (2000), « Temps naturel et temps social en Camargue », in *Les Temps de l'environnement*, Toulouse, Presses Universitaires du Mirail.

ALLARD P. (2000). *Eléments pour une problématique de l'histoire du risque. Du risque accepté au risque maîtrisé. Représentations et gestion du risque d'inondation en Camargue, XVIIIe-XIX siècles*. HDR, Université d'Aix-Marseille II. 200p.

ALLARD P. (1997). *Contribution à l'histoire de la notion de risque. Les inondations du Rhône en terre arlésienne au temps de la révolution et du premier empire*. Mélanges Vovelle.

ALLARD P, PAILHES S.(1995). *Perception et gestion du risque d'inondation. L'exemple de la Camargue dans la première moitié du XIXème siècle*. In les conflits pour l'eau dans l'Europe Méditerranéenne. Les Treilles, 3 au 9 octobre 1995.

ALLARD P, PAILHES S.(1996). *Perception et gestion du risque d'inondation en Camargue*. In Revue du laboratoire de géographie de Montpellier, n°35.

ALLARD, P., PAILHES, S., MEJEAN, A., (1998), *Perception et gestion du risque inondation : l'exemple de la Camargue*. In : régulation de l'eau en milieu méditerranéen, risques et tensions. Territoires en mutation. Montpellier : Université Paul Valéry.

BAILLY A, BEGUIN H. (1998). *Introduction à la géographie humaine*. Ed Armand Colin. 212p.

BAILLY A. (1996). *Risques naturels, risques de société*. Ed Economica. 103p.

BARRAL J.A., (1876), *Les irrigations dans le département des Bouches-du-Rhône*, 2 volumes, Paris, Ministère de l'Agriculture.

BERLIOZ J, (1999), *L'effondrement du mont Granier en Savoie en 1248*, Centre alpin rhodanien ethno.

BOSQ, (1853), *Arrêt de la commission spéciale du syndicat des chaussées de la grande Camargue sur le classement des terrains*, Arles, Cerf.

CAHIERS SAVOISIENS DE GEOGRAPHIE. (2000). *La géographie des risques dits naturels, entre géographie fondamentale et géographie appliquée*. CISM. 115p.

CLAEYS-MEKDADE C. (2001). *Une crise "socio-hydraulique" : prise de parole « citoyenne »*. in environnement et société. p.23 à 32.

CLAEYS-MEKDADE C. (2000). *Les conflits d'aménagement : rapport à la "nature" et rapports sociaux. La Camargue, un cas révélateur*. Thèse de sociologie, Université de Provence, Aix-en-Provence.

CORSAND L. (2001). Mémoire de DEA : De la gestion du risque inondation en Camargue à l'identité camarguaise. DESMID, Université de Provence. Aix Marseille. 70p.

DAUPHINE A. (2001). *Risques et catastrophes*. Ed Armand Colin. 264p.

DUCHENE F, MOREL JOURNAL C. (2000). *Riverains de cours d'eau et gestionnaire du risque, un dialogue impossible ?* In Geocarrefour Vol 753. p221 à 226.

D'ERCOLE R, PIGEON P.(ss la dir.).(2000). *La géographie des risques dits naturels. Entre géographie fondamentale et géographie appliquée*.

FABIANI JL, THEYS J. (ss la dir.).(1987). *La société vulnérable*. Evaluer et maîtriser les risques. Presses de l'Ecole Normale Supérieure de Paris. 660 p.

FEBVRE L. (1956). *Pour l'histoire d'un sentiment : le besoin de sécurité*. Les Annales n°11

LEDOUX B. (1995). *Les catastrophes naturelles en France*. Ed Payot et Rivages. 456p.

MEJEAN A., (1996), "Utilisation politique d'une catastrophe : le voyage de Napoléon III en Provence durant la grande crue de 1856", *Revue Historique*, n°597, Janv-Mars.

PAILHES S., (2000), *La digue à la mer ou les mésaventures de l'État en Camargue, Provence Historique*, fascicule 200, avril-mai-juin 2000, pp. 189-206.

PAILHES S. (1999). *La perception des inondations dans une civilisation de delta : l'exemple de la Camargue*. In Les inondations 1997-1998. Ecole Nationale du génie rural des eaux et des forêts. ENGREF. p9 à 11.

PHILIPPOT J. (1995). *La Camargue. Protection et développement d'un delta*. Ed Mourre, CRDP.74p.

OUVRAGES DE SOCIOLOGIE

BECK U., (2001), *La société du risque*, Aubier, 520p.

BLANCHET.A, GOTMAN.A (1992). *L'enquête et ses méthodes : l'entretien*. Coll 128 Nathan.120 p.

BOLTANSKI L. ET THEVENOT L., (1991), *De la justification. Les économies de la grandeur*, Gallimard, Paris.

CLAEYS-MEKDADE C. (2003), *Le lien politique à l'épreuve de l'environnement. Expériences camarguaises*, Peter Lang, P.I.E., Bruxelles, 240p.

CLAEYS-MEKDADE, C., (2000), *Les conflits d'aménagement. Rapports à la « nature » et rapports sociaux. La Camargue, un cas révélateur*. Thèse de Sociologie, Université de Provence, Aix-en-Provence.

DE SINGLY. (2001). *L'enquête et ses méthodes : le questionnaire*. Coll 128 Nathan. 122 p.
GUITTET A. (1997). *L'entretien*. Ed Armand Colin. 158p.

JOLLIVET M., (1998), *Vers un rural postindustriel*, L'Harmattan, 372 p.

LATOUR B. (1994), « Sociologie des sciences, analyse des risques collectifs et des situations de crise », Séminaire du Programme *Risques Collectifs et Situations de Crise* (CNRS), Actes de la première séance, Ecole des Mines de Paris, Novembre, 131p.

LE BRETON D. (1995). *La sociologie du risque* N° 3016. Que-Sais-je? 126p.

MERTON, R.K., (1966), *Eléments de théorie et méthodes sociologiques*. Paris , Plon.

DOCUMENTS D'URBANISME

Plan d'occupation des sols de la commune d'Arles (révision du 20/11/2001).

2.1- Rapport de présentation

2.2- Règlement

AUTRE DOCUMENT

Observations définitives sur la gestion des associations territoriales d'Arles, document de la Chambre régionale des Comptes du 21 février 1995.

OUVRAGES DE DROIT

BONFILS-BEDOS V.(1997). Mémoire de DESS : *Responsabilités et inondations ; l'exemple des digues du Rhône de Camargue*. Université d'Aix-Marseille III. Aix en Provence.

DALLOZ (1990). *Code de l'environnement*. 1502p.

MORAND-DEVILLER J. (2001). *L'environnement et le droit*. Coll L.G.D.J. 104p.

ROMJ R. (2001). *Droit et administration de l'environnement*. Ed Montchrestien. 552p.

SITES INTERNET

AGENCE DE L'EAU RHONE MEDITERRANEE CORSE

<http://www.eau-rhone-mediterranee-corse.environnement.gouv.fr>

DIRENPACA

<http://www.paca.environnement.gouv.fr>

CEMAGREF

<http://www.cemagref.fr>

CNR

<http://www.cnr.tm.fr>

LEGIFRANCE

<http://www.legifrance.gouv.fr>

MINISTERE DE L'ENVIRONNEMENT ET DU DEVELOPPEMENT DURABLE

<http://www.environnement.gouv.fr>

TERRITOIRE-RHONE

<http://www.eptb-rhone.fr>

SENAT

<http://www.cubitus.senat.fr/index.html>

ARCHIVES CONSULTEES

Archives nationales :

Série F14 Dossiers individuels des ingénieurs des Ponts et Chaussées

Série F10 Dépôt du ministère de l'agriculture aux archives nationales

Archives municipales d'Arles :

Série D 1 - Délibérations municipales

Série J 1 - Sinistres, incendies, inondations

Série B - Délibérations du Conseil général

Archives départementales du Vaucluse

3 S - Services de navigation du Rhône

Bibliothèque municipale d'Arles

-Louis MEGE "Chroniques arlésiennes", manuscrit : M235, M236, M237, M446, M447
(1840-1865),

-Journaux arlésiens

Le Publicateur fondé en 1837

Archives départementales des Bouches-du-Rhône

Agriculture : Série XIII M série agriculture des archives départementales des Bouches du Rhône

Sous-préfecture : 22/69 (1830-1950), associations d'arrosants

Archives municipales de Marseille

-Journaux

La Gazette du Midi

Le Sémaphore

**SYNTHESE DES EFFETS
DE LA DERNIERE GRANDE CRUE
DU PÔ (1957)**

L'inondation dans la plaine du delta Pô en juin 1957

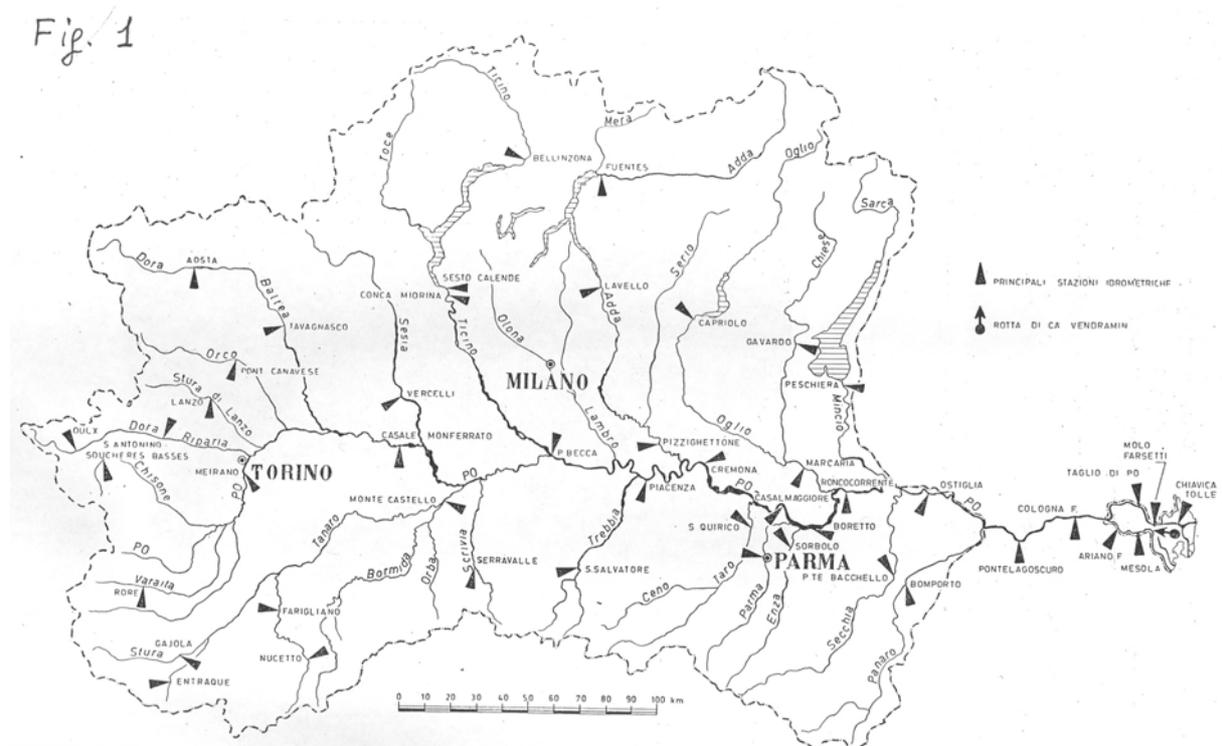
-Synthèse des effets de la dernière grande crue du Pô (1957) qui a inondé une partie du delta par une brèche de levée. D'après les données des Annales Hydrologiques du Pô du 1957, publiés en 1959

Franca MARAGA

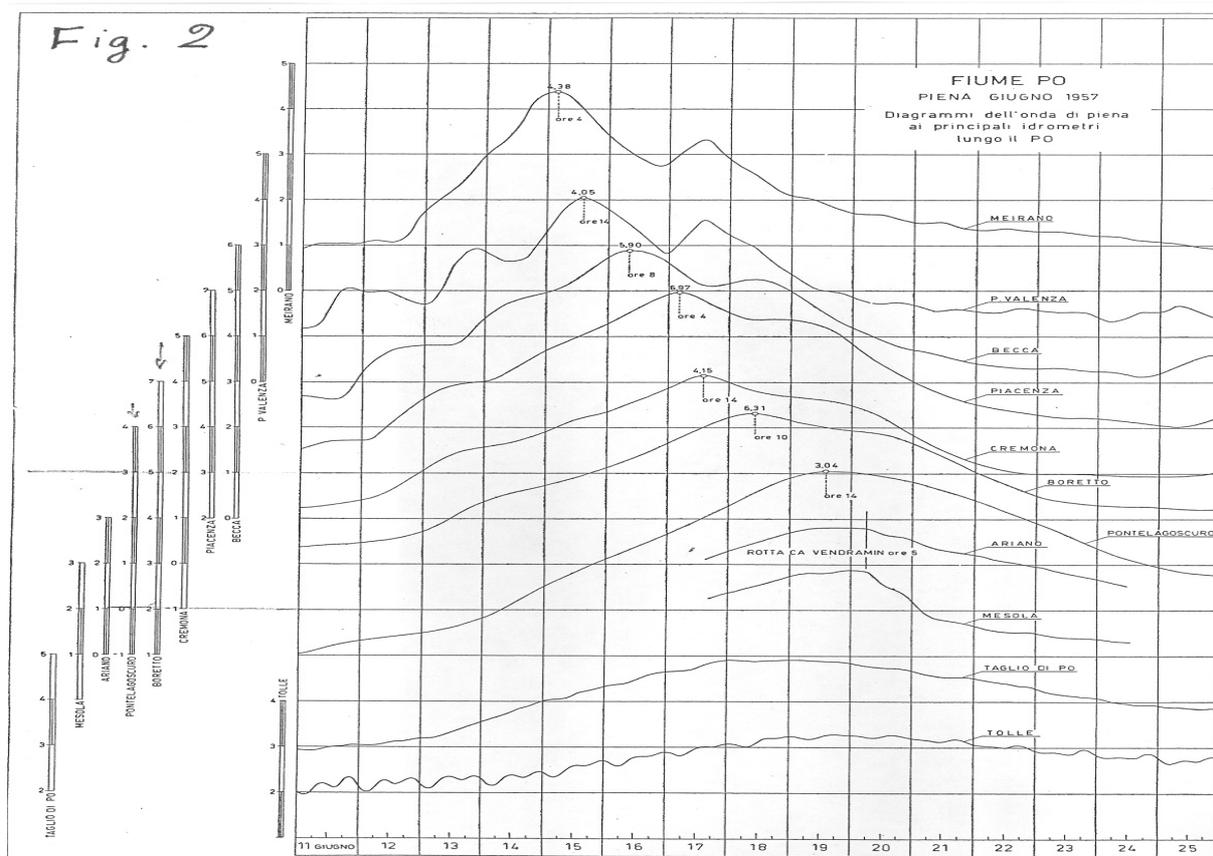
Parmi les inondations qui se sont manifestées pendant la deuxième moitié du XX siècle dans les territoires du delta du Pô, la crue de 1957 peut être caractérisée de la façon suivante :

- elle a pris son origine des bassins versants des Alpes occidentales, sans contribution des bassins des Alpes centrales et des Apennins.
- l'occurrence d'une rupture de levée dans un lit secondaire du delta, due à la crue du Pô, qui a causé l'inondation;
- la dimension de l'aire inondée, qui a dépassé les 70 km²;
- la contrainte d'expansion de l'inondation, qui a été contrôlée sur la plaine par les levées du réseaux des lits du delta;

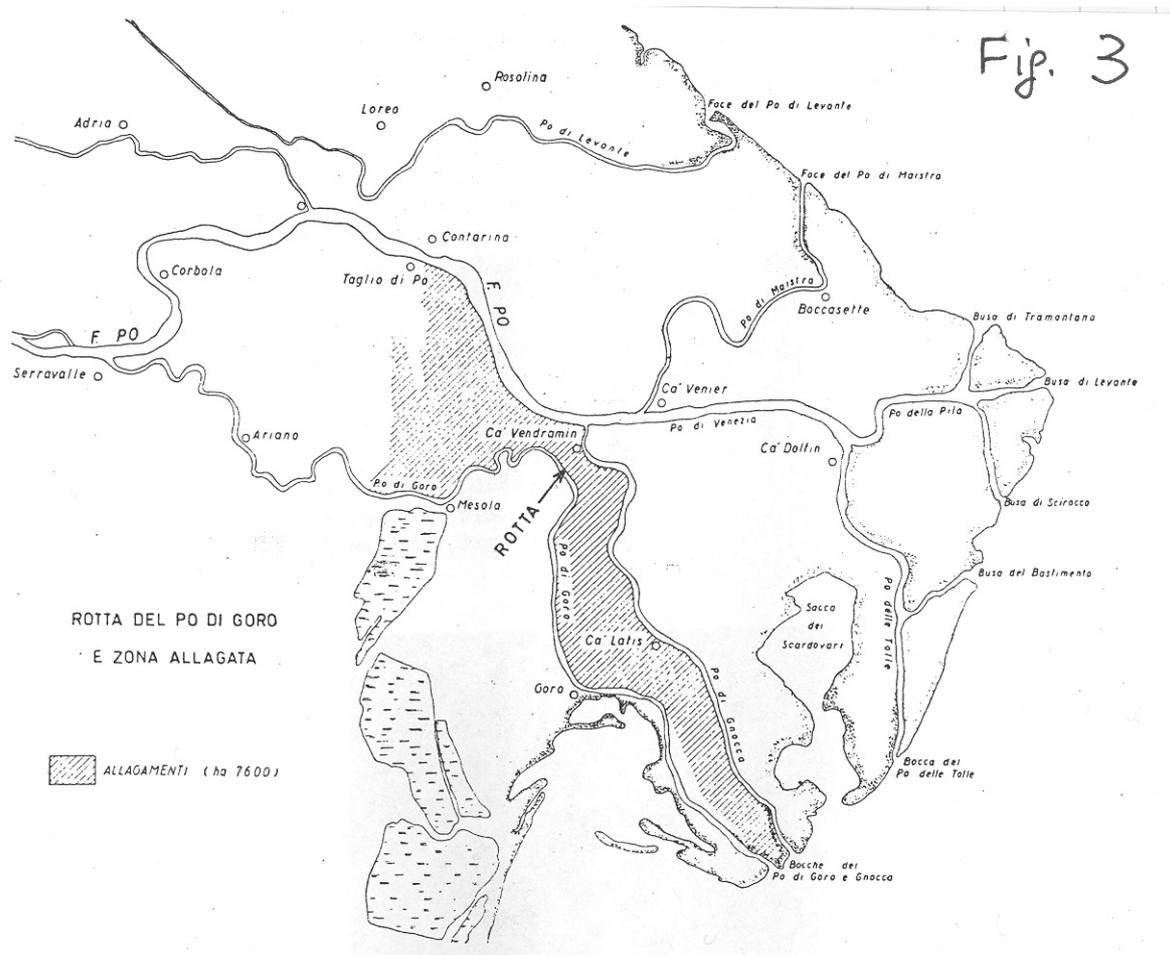
Le système hydrographique du Pô avec ses stations hydrométriques est présenté en planimétrie dans la **figure 1**:



La propagation de la crue 1957 est présentée par les hydrogrammes des stations hydrométriques dans le **figure 2** :



La cartographie de l'aire inondée dessinée à l'époque de l'inondation est présentée dans la figure 3:

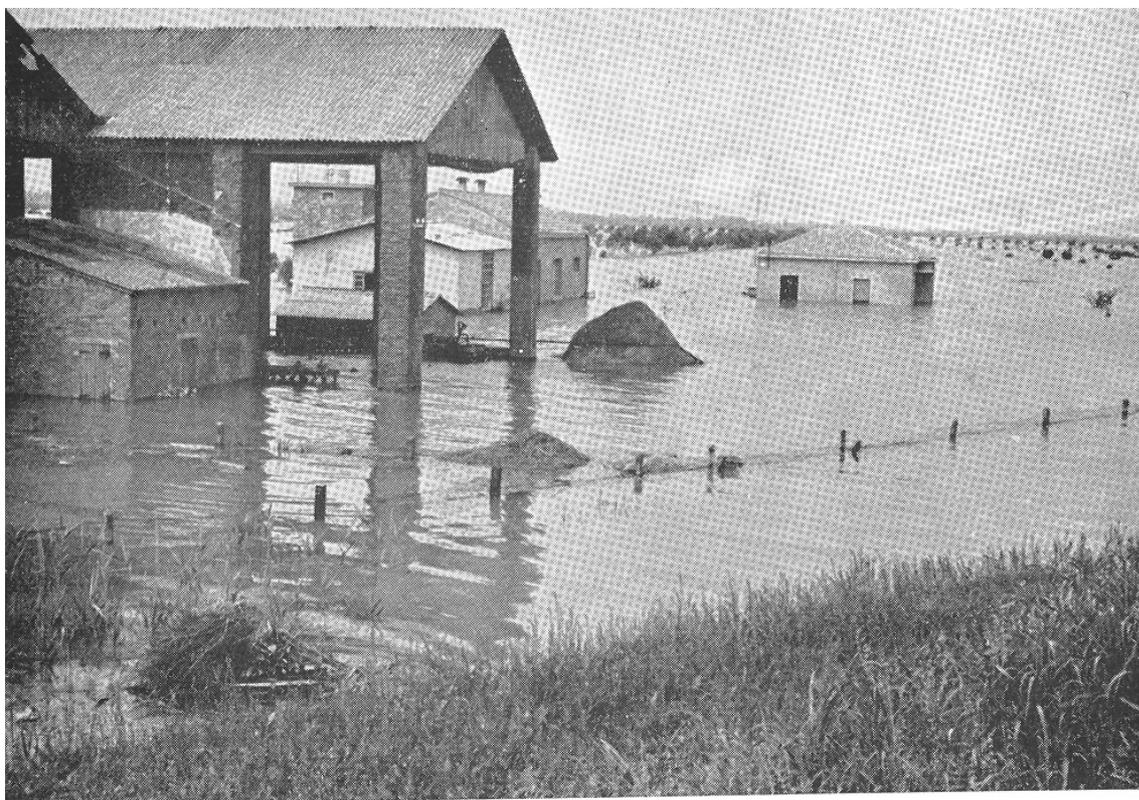


Une prise de vue sur le lieu de rupture est présentée dans la **figure 4** :



Rotta di Cà Vendramin

Une prise de vue sur le champ d'inondation est présentée dan la **figure 5**:



Veduta di zona allagata nell'Isola di Ariano

La localisation de la rupture de levée qui a causé l'inondation du 1957 a été mise en évidence sur les **Fig. 1 e 3**.

Causée par des pluies qui atteignirent de 200 à 300 mm les deux jours 13 et 14 juin dans les Alpes occidentales italiennes, la crue du Pô se déroula du 15 au 20 juin à partir de la haute plaine jusqu'au delta, les débits de crue étant alimentés par la partie piémontaise et valdotaine du bassin hydrographique. En effet, le mois de juin 1957 est mémorable pour son exceptionnalité hydrologique dans le haut bassin du Pô seulement, tandis que dans le moyen et le bas bassin les effets ne furent pas appréciables quant au débit de crue du Pô.

De la part de nombreux affluents qui provenaient des Alpes occidentales les débits spécifiques furent supérieurs de $1 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}/\text{km}^2$, parfois valeurs jamais atteintes dans les années antérieure, avec une valeur maximale de $2,04 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}/\text{km}^2$ se référant à l'affluent *Gesso della Valletta*, bassin versant des Alpes Maritimes.

La crue atteignit le delta avec un débit de $7200 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ mesuré à la station hydrométrique de Pontelagoscuro, localisée à la clôture du bassin hydrographique, 90 km à l'amont de l'embouchure principale du Pô dans la mer Adriatique.

Le long du parcours du Pô jusqu'à la clôture du bassin (station de *Pontelagoscuro*), la crue occupa l'aire du couloir d'inondation assignée par les levées, sans occurrence de ruptures, avec les débits suivants se référant aux stations hydrométriques du Pô:

- $-1220 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ à la station de *Moncalieri* (Turin) 550 km de l'embouchure principale en mer (bassin versant de 4885 km^2 , zéro à l'hydromètre de 214 m s.n.m.)
- $-5850 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ à la station de *Becca*.(Pavie), 390 km de l'embouchure principale en mer; (bassin versant de 36770 km^2 , zéro à l'hydromètre de 55 m s.n.m.)
- $-6400 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ à la station de Plaisance, 330 km de l'embouchure; (bassin versant de 42030 km^2 , zéro à l'hydromètre de 41 m s.n.m.)
- $-6930 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ à la station de Crémone, 280 km de l'embouchure; (bassin versant de 50726 km^2 , zéro à l'hydromètre de 34 m s.n.m.)
- $-6980 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ à la station de *Boretto* (PR), 220 km de l'embouchure; (bassin versant de 55183 km^2 , zéro à l'hydromètre de 20 m s.n.m.)
- $-7100 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ à la station de *Roncocorrente* (MN), 180 km de l'embouchure; (bassin versant de 62450 km^2 , zéro à l'hydromètre de 14 m s.n.m.)
- $-7160 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ à la station de *Ostiglia* (MN), 150 km de l'embouchure en mer; (bassin versant de 67900 km^2 , zéro à l'hydromètre de 9 m s.n.m.)
- $-7200 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ à la station de *Pontelagoscuro* (Ferrare), 90 km de l'embouchure en mer) (bassin versant de clôture 70091 km^2 , zéro à l'hydromètre de 8 m s.n.m.).

Dans le delta, lors de la première division des débits en deux lits fluviaux à 50 km de l'embouchure principale en mer, le lit principal du Pô (Pô de Venise) eut un débit de $6500 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ à la station de *Taglio di Po* (30 km de la mer) tandis que le lit secondaire (Pô de Goro) eut un débit bien inférieur, calculé en $835 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ à la station de *Ariano* (RO), dont les localisations en Figures 1 et 3.

Ce fut dans le lit secondaire du delta (Pô de Goro) que la crue du Pô causa la rupture de la levée en rive gauche le 20 juin, à six heures du matin, vers la plaine du delta en correspondance de *Cà Vendramin* (localisation en Fig. 3).

L'inondation qui suivit par l'écoulement des eaux au travers de la rupture de la levée vers la plaine du delta eut une propagation de 8 km vers l'amont et de 18 km vers l'aval du lieu de rupture et occupa les territoires compris entre la levée gauche du Pô de Goro et les levées droites du Pô principal et du Pô de *Gnocchi*, jusqu'à la mer, par une submersion s'étalant sur une aire de 76 km^2 , dont les levées mêmes des trois lits du Pô constituent les limites latérales, suivant la cartographie de Figure 3.

Les levées de défense contre les submersions causées par les crues du Pô dans la plaine du delta sont érigées tout à côté des berges, sans couloir de crue, qui, par contre, caractérise le système de défense contre les crues dans la plaine alluvionnaire en amont de la station de *Pontelagoscuro*.

Les eaux de crue qui furent libérées par la rupture sur la plaine d'inondation du delta recouvrirent des territoires cultivés et urbanisés.

Des prises de vues faites à l'occasion de l'inondation sont présentées dans les Figures 4 et 5, se référant au lieu de rupture de la levée et à l'inondation d'un village dans la plaine.

Références bibliographiques

Canali L. (1959) – La piena del Po del giugno 1957. In: Min. LL. PP., Ufficio Idrografico del Po, Parma, Annali Idrologici 1957, Parte Seconda, Istituto Poligrafico dello Stato, Roma, 133-151.

Min. LL. PP. (1963) – Dati caratteristici dei corsi d'acqua italiani. Pubbl. N. 17, Istituto Poligrafico dello Stato, Roma.

**PIENA DEI D'ACQUA (2 AU 4 DICEMBRE 2003)
NEL PIEMONTE SUD-OCCIDENTALE**

D. Tropeano-L. Turconi (2003)

Piena dei corsi d'acqua (2-4 dicembre 2003) nel Piemonte sud-occidentale.
Rapporto di sintesi RI 03/36, CNR-IRPI, Torino

Le precipitazioni che hanno insistito per quattro giorni consecutivi sul settore occidentale del versante padano (Piemonte, Valle d'Aosta, Liguria) e che hanno comportato quantità cumulate di pioggia sino a 200-300 mm, con altezze di neve sino a 2 m sui versanti a quote superiori ai 1500 metri, sono da considerare anomale, per la stagione, sia per quantità e soprattutto per la relativa intensità dei rovesci piovosi che talora, per brevi durate, si sono avvicinati ai 10-15 mm/ora.

Grazie soprattutto al fatto che, nella generalità dei casi le piogge sono state discontinue (con interruzioni anche di 8-10 ore tra una fase di rovescio e la successiva), il più sovente di modesta intensità (inferiore a 5-10 mm/h e quindi non in grado di dare innesco a sensibili processi di ruscellamento al suolo) il contributo al sistema idrografico è stato graduale. Tenuto conto inoltre della relativamente bassa quota dello zero termico, la piena di tutti i corsi d'acqua è apparsa contenuta entro i limiti golenali o dei bassi terrazzi morfologici, senza dare luogo a esondazioni significative. Ciò vale in particolare per i corsi d'acqua alimentati dai bacini imbriferi pedemontani, appenninici e collinari del basso Piemonte e della pianura torinese, dove maggiore è stata l'attenzione soprattutto in riferimento alla situazione dei centri abitati che ebbero a soffrire pesanti conseguenze in occasione dei passati eventi parossistici, in particolare quello del novembre 1994.

Dal punto di vista fisico-geografico, l'evento in questione presenta alcune analogie con quello del 18-19 dicembre 1960, che, localmente, ebbe a comportare effetti ben più gravosi, con l'obbligo di evacuazione di diverse aree abitate nel solo circondario di Torino.

A differenza dell'evento alluvionale del novembre 1994, che ebbe a colpire con esito disastroso gli stessi areali, in questa occasione le relativamente modeste intensità di pioggia non hanno avuto la possibilità di innescare fenomeni di frana, che invece diffusissimi (circa 10.000) si erano allora manifestati nel territorio delle Langhe dando luogo a piene parossistiche lungo tutta la rete idrografica afferente al fiume Tanaro.

Come di consueto, sopralluoghi conoscitivi e documentaristici, unicamente terrestri, in corso di evento hanno avuto luogo nei giorni 2, 3 e 4 dicembre, con l'impegno di 3 squadre ricognitive sul territorio interessato dall'evento, segnatamente nelle valli Tanaro, Belbo, Bormida-Orba e fasce di pianura latitanti tali corsi d'acqua, nonchè in alcuni settori del Torinese ove, a fronte di fenomenologie di evento naturale di per sè non rilevanti, elevate concentrazioni di infrastrutture antropiche rendevano meritevole di attenzione lo sviluppo ed evoluzione dei fenomeni stessi.

Non si è riscontrata in alcuna delle valli su citate, l'insorgenza di fenomeni di instabilità manifesta su versante, mentre sono apparsi ovunque notevoli i volumi e le concentrazioni dei deflussi idrici, con visibili ruscellamenti nelle aree denudate e coltivate e loro naturale raccolta in rete idrografica, sollecitata talora sino a condizioni-limite con invasamento temporaneo, da totale a parziale, delle aree golenali di fondovalle e di pianura, cui si sono aggiunti fenomeni di allagamento per emergenze di falda, sempre controllati dall'idrografia in atto e "quiescente" (cioè veri e propri percorsi canalizzati secondo l'andamento di antichi alvei, anche nei casi in cui questi ultimi sono stati obliterati e parzialmente colmati per pratiche agricole e urbanistiche).

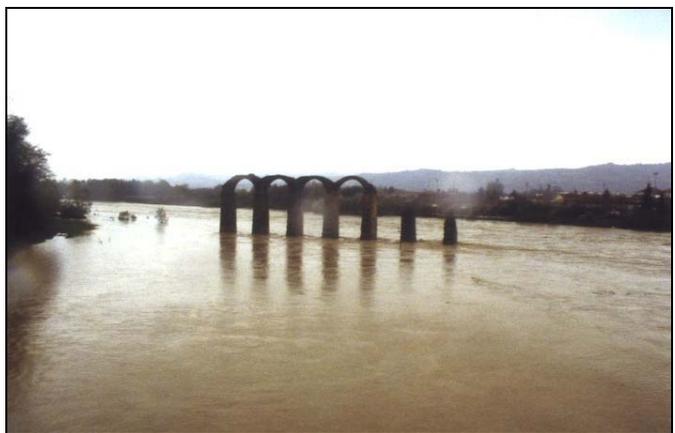
Nel settore meridionale del Piemonte si è verificato un generalizzato e lungo deflusso di piena, con trasporto torbido da medio a elevato (come è la regola per alcuni torrenti e fiumi che incidono i terreni sedimentari cenozoici e quaternari in tale area); nel settore pinerolese pedemontano, aree del basso Canavese e circondario di Torino, si sono riscontrati diffusi fenomeni di ristagno ed emergenza di falda idrica, tracimazione di fossi campestri e rii secondari nelle campagne, instaurazione di reti idrografiche effimere, sempre in contesto naturale salvo locali alterazioni/accentuazioni dei fenomeni stessi per la presenza delle diffuse reti stradali e infrastrutturali, senza tuttavia dar luogo a vere situazioni di pericolo imminente.

Senza alcun dubbio le attività di prevenzione diffusamente esercitate in questi anni hanno avuto un ruolo importante nel ridurre al minimo le possibilità di danni a beni e persone nella fase acuta dell'evento.

Si allegano alcune foto dei corsi d'acqua in piena con raffronto a situazioni rilevate durante l'evento parossistico del 5 novembre 1994.



Fiume Bormida a monte di Alessandria, ore 8:03 del 3 dicembre 2003



F. Bormida ad Acqui Terme (archi romani), ore 9:13 del 3 dicembre 2003 (sinistra) e ore 11:30 del 5 novembre 1994 (destra)



F. Bormida a Cairo Montenotte, ore 11:13 del 3 dicembre 2003



Fiume Tanaro, con area di esondazione adiacente, visto dalle alture di Montecastello, ore 15:15 del 3 dicembre 2003



Fiume Bormida di Spigno a Ponti, ore 9:40 del 3 dicembre 2003 (sinistra) e ore 12:00 del 5 novembre 1994 (destra)

**INUNDATION OF A DUTCH RIVER POLDER
SENSITIVITY ANALYSIS OF A PHYSICALLY BASED
INUNDATION MODEL USING HISTORIC DATA**

Inundation of a Dutch river polder, sensitivity analysis of a physically based inundation model using historic data

Annika W. Hesselink,^{1,2} Guus S. Stelling,³ Jaap C. J. Kwadijk,⁴ and Hans Middelkoop⁵

Received 28 March 2002; revised 23 January 2003; accepted 28 April 2003; published 4 September 2003.

[1] The inundation model Delft flooding system (Delft-FLS) was applied to simulating the historical flood of 1805 in the polder Land van Maas en Waal (Netherlands). Delft-FLS is a two-dimensional (2-D) hydrodynamic model that simulates overland flow. Sensitivity analyses show a large influence of floodplain topography and hydraulic friction on the propagation of the inundation. Because of the typical topography of Dutch polders, a virtually flat floodplain bordered by high dikes, the extent of the inundated area alone cannot be used for evaluating the model performance. Therefore the inundation time and water levels within the inundated area were used to test the model capabilities. This study shows that using historic data has a potential advantage over using contemporary data. Historic data allow evaluation of a model for real flood disasters that have long return periods and, fortunately, have not occurred in modern times. *INDEX TERMS:* 1821

Hydrology: Floods; 1860 Hydrology: Runoff and streamflow; 1894 Hydrology: Instruments and techniques; *KEYWORDS:* floods, polder, inundation model, numerical methods, anthropogenic effects

Citation: Hesselink, A. W., G. S. Stelling, J. C. J. Kwadijk, and H. Middelkoop, Inundation of a Dutch river polder, sensitivity analysis of a physically based inundation model using historic data, *Water Resour. Res.*, 39(9), 1234, doi:10.1029/2002WR001334, 2003.

1. Introduction

[2] Flooding is a severe potential risk in low elevated floodplains. To protect the densely populated lowlands from floodings, many rivers were embanked. As a result of the embankment in Netherlands, embanked floodplains and polders came into existence between 1000 and 1350 AD. The embanked floodplain is a 0.5 to 1.5 km wide stretch adjacent to the rivers Rhine and Meuse. Polders are low elevated, former floodplains, mostly surrounded by dikes, in which the water level is controlled by man.

[3] In the winters of 1993/1994 and 1994/1995 the embanked floodplains of the rivers Rhine and Meuse were flooded and large polders were about to be inundated. These near-catastrophic events were regarded by some as the first signs of a climate change, although the floods may still fall within the range of present-day variability of discharge. However, due to the expected climatic change, river discharge will increase in wintertime [Kwadijk, 1993; Middelkoop, 1997; Middelkoop *et al.*, 2001], increasing the risk of flooding in the polders. Growing economic activities and changing land use also increase the risk of possible future inundations [Penning-Roswell and Tunstall, 1996]. Therefore variability, frequency and magnitude of floods but also the effect of

inundation need to be analyzed. Especially in polders where even a small dike breaches resulted in major catastrophes [Gottschalk, 1971, 1975, 1977; Driessen, 1994].

[4] Several computer models have been developed to simulate and predict (future) inundations of floodplains and polders [e.g., Bates *et al.*, 1992, 1998; Paquier and Farissier, 1998; Stelling *et al.*, 1998; Testa *et al.*, 1998; Darby, 1999; Bates and De Roo, 2000]. The models range from simple models, that predict inundation by the intersection of a water surface and a digital elevation model (DEM), to very complex models, in which the inundation is predicted using three-dimensional solutions of the Navier-Stokes equations. These latter models try to estimate the three-dimensional aspect of the complex transient out-of-bank flows [Knight and Shonio, 1996; Knight *et al.*, 1989]. With respect to verification and validation of inundation models, there are basically two ways to test the models. The first way is to test the numerical scheme of the models. This is typically done by comparisons with analytic solutions, theoretical analyses of consistency, stability and convergence, and by laboratory experiments where the model simulation results are compared with the results of an inundation experiment. The second type is by comparing the model results with real-world flood events. This type of validation tries to answer the question, "What accuracy can we expect from inundation models for practical purposes?" Up till now, only few attempts have been undertaken to evaluate the performance of inundation models in the real world. This is due to model complexity and absence of field measurements. Nevertheless, managers and policy makers use model outcomes in designing evacuation plans and planning of new infrastructure on floodplains. It is therefore important to test the real-world reliability of inundation models and to assess the uncertainties in the simulation results.

[5] Many inundation models are designed to simulate the flooding of natural lowland floodplains in a wide valley.

¹Department of Physical Geography, Faculty of Geographical Sciences, Utrecht University, Utrecht, Netherlands.

²Now at Ministry of Transport, Public Works and Water Management, Directorate-General of Public Works and Water Management, National Institute for Coastal and Marine Management, Middelburg, Netherlands.

³Faculty of Geosciences and Technology, Delft University of Technology, Delft, Netherlands.

⁴WL|Delft Hydraulics, Delft, Netherlands.

⁵Department of Physical Geography, Faculty of Geographical Sciences, Utrecht University, Utrecht, Netherlands.

However, when a floodplain is protected against flooding by river dikes a model has to be able to simulate the inundation in the polder caused by dike breach events [Paquir and Farissier, 1998; Han et al., 1998]. This type of inundations can be simulated using Delft-FLS [Stelling et al., 1998]. Delft-FLS is developed at WL|Delft Hydraulics. It is a 2-D hydrodynamic inundation model, in which a dike breach tool is incorporated. Furthermore Delft-FLS incorporates numerical techniques to capture the hydrodynamics of the inundation of a polder. The model is suited to simulate the dynamic behavior of overland flow over initially dry land, as well as flooding and drying processes on every kind of geometry [cf. Stelling et al., 1998]. These full 2-D shallow water hydrodynamics are essential to simulate the propagation of the flow over the sloping land surface in the polder. Although a simple storage model would also be able to predict the volume and extent of an inundation from a given inflow through a dike breach, it does not consider the propagation of the inundation flow.

[6] So far, Delft-FLS has not been tested with field measurements, on a temporal scale of catastrophic discharge peaks and a spatial scale of polders. This is due to the scarcity of proper data sets, because fortunately inundations of Dutch river polders have not occurred in modern times (since 1926). However, various historic sources present in Netherlands, contain information on the inundation of river polders, caused by dike breaches. Since the embankments, numerous eyewitness reports, damage reports, and dike board reports were made of these disastrous events. Together, these data provide quantitative information on the boundary conditions of an inundation, as well as of the inundation process itself. Moreover, with this data it is possible to validate computer simulation models and determine the required level of topographic detail in the model schematization. The aim of this study therefore is to validate simulation results of Delft-FLS with historic data of a real flood disaster of a river polder after a dike breach. Sensitivity analyses were carried out to explore the effect of varying the level of detail in the topography and surface roughness used in the modeling on the simulation results. The study also aims to highlight the potential advantage of historic data over contemporary data, by evaluating a model for real flood disasters with long return periods.

2. Inundation Model Delft-FLS

[7] Delft-FLS requires four types of information to simulate inundation due to dike breaches: (1) discharge (Q) or water depth (h) time series at the inflow boundary of the model and a $Q(h)$ relation at the outflow boundary of the model, (2) dimensions of the dike breach and scour hole to determine the discharge to the floodplain or polder, (3) a DEM of the channel, embanked floodplain and polder, including the height and location of dikes, roads, ditches, and sluices, and (4) land surface cover in terms of hydraulic roughness, as well as hydraulic roughness of the main channel. The model produces raster maps of water height and level, flow velocity and direction, and calculates from these an inundation depth map at each time step.

[8] FLS is a 2-D grid-based inundation model using the finite difference method. The scheme used in Delft-FLS is based upon the following characteristics: The continuity equation is approximated such that (1) mass is conserved

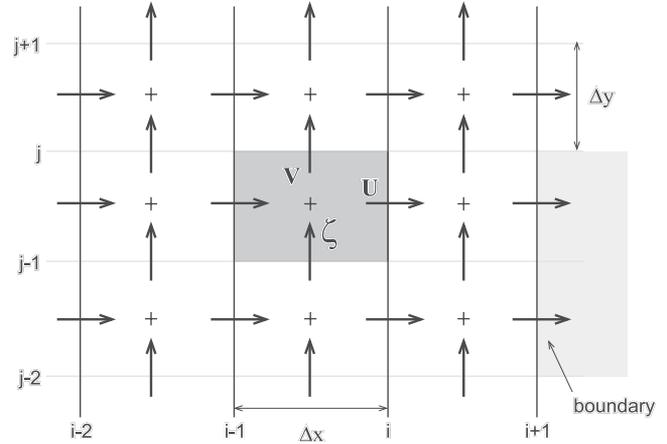


Figure 1. Staggered spatial grid.

not only globally but also locally and (2) the total water depth is guaranteed to be always positive which excludes the necessity of “flooding and drying” procedures. The momentum equation is approximated such that a proper conservation laws are applied at rapid flow variations at dam breaches, submerged dams, hydraulic jumps and bores. The combination of positivity of water depths and mass conservation assures a stable numerical solution. To explain the principles it is sufficient to consider the following one-dimensional shallow-water equations:

$$\frac{\partial \zeta}{\partial t} + \frac{\partial(uh)}{\partial x} = 0 \quad (1a)$$

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + g \frac{\partial \zeta}{\partial x} + g \frac{u|u|}{C^2 h} = 0 \quad (1b)$$

where U is velocity, ζ is water level above plane of reference, C is the Chezy coefficient, d depth below plane of reference, h total water depth ($h = \zeta + d$). The bottom is supposed not to be time varying. From this it follows that the continuity equations can be rewritten as:

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial(uh)}{\partial x} = 0 \quad (2)$$

Equation (2) can be considered as a transport equation of the scalar quantity h , which we rewrite as:

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial F(h)}{\partial x} = 0 \quad (3)$$

where $F(h) = uh$. This allows application of so-called positive schemes [see Hirsch, 1990]. A common staggered grid for the approximation of equation (1) is given by Figure 1. A simple semidiscretization of equation (1a) and equation (2) is given by:

$$\frac{dh}{dt} + (uh(u))_{0x} = 0, \text{ at}(i) \quad (4a)$$

$$\frac{du}{dt} + a(u, u) + g\zeta_{0x} + g \frac{|u|u}{C^2 h(u)} = 0, \text{ at}(i+1/2) \quad (4b)$$

where h at i means h_i , $a(u, u)$ denotes some advection approximation, see later:

$$(u_i)_{0x} = \frac{u_{i+1/2} - u_{i-1/2}}{\Delta x}, \quad (\zeta_{i+1/2})_{0x} = \frac{\zeta_{i+1} - \zeta_i}{\Delta x}$$

$$h_{i+1/2}(u) = \begin{cases} h_i, & u \geq 0 \\ h_{i+1}, & u < 0 \end{cases}$$

[9] The time integration is based upon the θ method [see, e.g., Lambert, 1991]. A simple locally linearized version of this method, that does not require iterations for the solution of nonlinear equations, is given by:

$$\frac{h^{n+1} - h^n}{\Delta t} + (u^{n+\theta} h^n(u^n))_{0x} = 0, \quad at(i) \quad (5a)$$

$$\frac{u^{n+1} - u^n}{\Delta t} + a(u^n, u^n) + g\zeta_{0x}^{n+\theta} + g \frac{|u^n| u^{n+1}}{C^2 h^{n^x}} = 0, \quad at(i+1/2) \quad (5b)$$

where $u^{n+\theta} = \theta u^{n+1} + (1-\theta)u^n$, $\bar{h}^x at(i+1/2) = (h_i + h_{i+1})/2$, and $\zeta^{n+\theta}$ is defined accordingly. To derive conditions for strict positivity we rewrite equation (5a), while we assume positive flow, as:

$$h_i^{n+1} = \left(1 - \frac{\Delta t \cdot u_{i+1/2}^{n+\theta}}{\Delta x}\right) h_i^n + \frac{\Delta t \cdot u_{i-1/2}^{n+\theta}}{\Delta x} h_{i-1}^n, \quad (6)$$

with $u_{i+1/2}^{n+\theta} \geq 0$, $u_{i-1/2}^{n+\theta} \geq 0$

From this it follows that strict positivity is ensured if:

$$\frac{\Delta t \cdot u_{i+1/2}^{n+\theta}}{\Delta x} < 1 \quad (7)$$

Similar conditions can be derived for other flow directions. Simply fulfilling equation (7) will prevent wet points from drying, i.e., no special drying and flooding procedures are required for this approach.

[10] It is to be noted that the description of the continuity equation in the primitive variables, instead of the integrated quantities, has important advantages: (1) it enables strict positive water levels, and (2) the upwinding yields artificial viscosity without influencing strict local mass conservation.

2.1. Advection

[11] For sufficiently smooth solutions advection approximations could well be based upon at least second order local truncation errors. In this case numerical viscosity is minimal. Near local discontinuities in the solution, due to sharp bottom gradients or hydraulic jumps, order of accuracy is a meaningless concept. Conservation properties are the most important aspect in such a case. The following quantities are considered: (1) mass, (2) momentum, and (3) energy head. The numerical approximation, given by equation (4a), is already mass conservative. For the advection approximation we only consider energy head and momentum. The so-called energy-head conserving formulation of equation (1b) is given by:

$$\frac{\partial u}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{1}{2} u^2 + g\zeta \right) + g \frac{u|u|}{C^2 h} = 0 \quad (8)$$

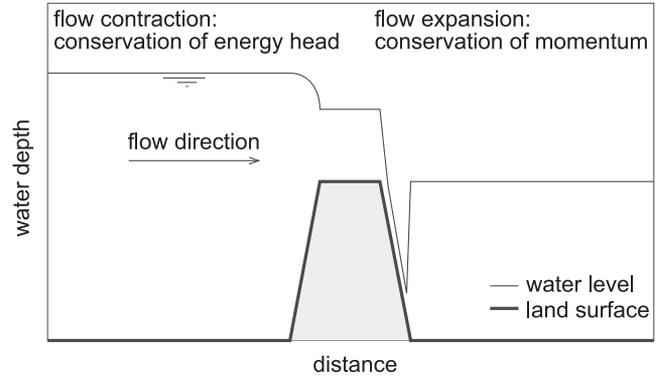


Figure 2. Submerged dam with critical flow and hydraulic jump.

This means near rapidly varied flow, such that time variation and bottom friction can be neglected locally, $\frac{u^2}{2g} + \zeta = \text{constant}$. Like wise the momentum conservative formulation is given by:

$$\frac{\partial}{\partial t} (hu) + \frac{\partial}{\partial x} (hu^2) + gh \frac{\partial \zeta}{\partial x} + g \frac{u|u|}{C^2} = 0 \quad (9)$$

Both formulations (8) and (9) are completely equivalent for continuous and sufficiently smooth solutions. At local discontinuities however equations like (8) and (9) have no unique solution in general. Discontinuities can be due to (1) bores (as in dam break problems) and hydraulic jumps and (2) discontinuities in the bathymetry, for instance due to submerged dikes or dam breaches. Here “smoothness” is also related to numerical grid resolution. At discontinuities conservation properties are needed to connect the equations at both sides of the discontinuity. In case of dam breaches or submerged dams, a rough estimation of the energy loss follows from consecutive application of (specific) energy head conservation in the contraction followed by momentum conservation at the abrupt expansion (see Figure 2). A hydraulic jump is considered as an abrupt expansion. These are classical notions in open channel hydraulics [see, e.g., Chow, 1959; Chaudry, 1993; Roberson and Crowe, 1993].

[12] For numerical approximations that are applied for inundation simulations it is important that near rapidly varied flows, proper conservation properties are captured automatically. Mass conservation is imperative regardless of the nature of the discontinuity. In the following we will show two advection approximations, that were applied for the approximation of momentum advection and that are either energy head or momentum conservative. The first approximation is energy head conservative:

$$\frac{dh}{dt} + (uh(u))_{0x} = 0, \quad at(i) \quad (10a)$$

$$\frac{du}{dt} + \left(\frac{(u(\bar{u}^x))^2}{2} \right)_{0x} + g\zeta_{0x} + g \frac{u|u|}{C^2 h^x} = 0, \quad at(i+1/2) \quad (10b)$$

Here the expression for the advection approximation should be read as follows:

$$\left(\frac{(u\bar{u}^x)^2}{2}\right)_{0x}$$

$$at(i+1/2) = \frac{\left(u_{i+1}\left(\frac{u_{i+3/2}+u_{i+1/2}}{2}\right)\right)^2 - \left(u_i\left(\frac{u_{i+1/2}+u_{i-1/2}}{2}\right)\right)^2}{2\Delta x}$$

where:

$$u_i\left(\frac{u_{i+1/2}+u_{i-1/2}}{2}\right) = \begin{cases} u_{i-1/2} & , \frac{u_{i+1/2}+u_{i-1/2}}{2} \geq 0 \\ u_{i+1/2} & , \frac{u_{i+1/2}+u_{i-1/2}}{2} < 0 \end{cases}$$

It is to be noted that, based on the definitions as given above, for positive values of $u\forall i$ the advection approximation yields:

$$u\frac{\partial u}{\partial x} \approx \frac{\left(u_{i+1}\left(\frac{u_{i+3/2}+u_{i+1/2}}{2}\right)\right)^2 - \left(u_i\left(\frac{u_{i+1/2}+u_{i-1/2}}{2}\right)\right)^2}{2\Delta x} = \frac{u_{i+1/2}^2 - u_{i-1/2}^2}{2\Delta x}$$

In a similar way momentum conservative approximations are derived. For this purpose it is convenient to denote the following identities:

$$u\frac{\partial u}{\partial x} = \frac{1}{h}\left(\frac{\partial(u^2h)}{\partial x} - u\frac{\partial(uh)}{\partial x}\right) = \frac{1}{h}\left(\frac{\partial(uq)}{\partial x} - u\frac{\partial q}{\partial x}\right)$$

$$= \frac{1}{h}\left(\frac{\partial(uq)}{\partial x} + u\frac{\partial \zeta}{\partial t}\right), \quad (11)$$

where: $q = uh$

Now the second spatial discretization for conservation of momentum is given by:

$$\frac{dh}{dt} + (uh(u))_{0x} = 0, \quad at(i) \quad (12a)$$

$$\frac{du}{dt} + \frac{1}{\bar{h}^x}((\bar{q}^x u(\bar{q}^x))_{0x} - u(\bar{q}^x)_{0x}) + g\zeta_{0x} + g\frac{|u|}{C^2\bar{h}^x} = 0, \quad at(i+1/2) \quad (12b)$$

where $q = uh(u)$, $\bar{h}^x at(i+1/2) = \frac{h_i+h_{i+1}}{2}$ and $\bar{q}^x at(i+1/2) = \frac{q_{i-1/2}+q_{i+1/2}}{2}$.

After averaging equation (12a) over the grid points (i) and (i+1) and multiplying the resulting equation by u one gets:

$$u\frac{d\bar{h}^x}{dt} + u(\bar{q}^x)_{0x} = 0, \quad at(i+1/2) \quad (13a)$$

Multiplying equation (11b) by \bar{h}^x and adding equation (13a) to the resulting equation gives:

$$\frac{d(u\bar{h}^x)}{dt} + (\bar{q}^x u(\bar{q}^x))_{0x} + g\bar{h}^x\zeta_{0x} + g\frac{|u|}{C^2} = 0, \quad at(i+1/2) \quad (13b)$$

Equation (13b) is consistent with equation (9) and is thus momentum conservative. It is to be noted that for

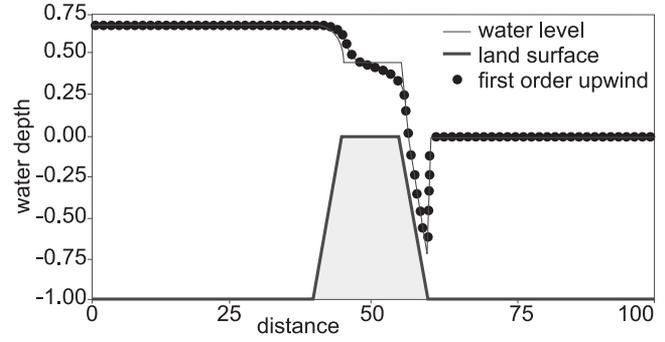


Figure 3. Simulated flow over a submerged dam with hydraulic jump.

positive flow direction $\forall i$ the advection approximation of equation (12b) yields a simple expression given by:

$$u\frac{\partial u}{\partial x} \approx \frac{u_{i+1/2}h_i + u_{i-1/2}h_{i-1}}{h_{i+1} + h_i} \cdot \left(\frac{u_{i+1/2} - u_{i-1/2}}{\Delta x}\right)$$

It is to be noted that each approach leads to consistent approximations. This means that for sufficiently smooth solutions the differences are minor. Only near discontinuities the differences play an important role. In locations of significant flow contractions equation (10b) is applied, everywhere else equation (12b) is applied. In Figure 3 an example of this approach is given of flow over a submerged dam.

[13] Integration in time is based upon the θ method [see Lambert, 1991]. Strict application for $\theta = 1/2$ yields non-linear equations. This necessitates the application of iterative solvers. By local linearization, iteration is avoided. In practice the linearized solutions proved to be sufficiently conservative.

[14] The principles here explained can be applied, without any alteration for more general 1D equations that include arbitrary cross sections.

[15] The method given by the equations (10) and (12) is only of first order of consistency. “Almost second order approximations,” including guaranteed positive water depth however can be constructed as well. A second order accurate approximation based upon central differences is likely to be subjected to spurious oscillations and even to instabilities in case of super critical flows. A positive water depth cannot be guaranteed and leads to many “flooding and drying procedures” [Stelling *et al.*, 1998]. Instead a different approach is applied that is based upon flux limiters, such as the one defined by Van Leer as denoted by Pourquié [1993] or the one given by Koren [1993]. The flux limited approximations guarantee positivity of the water levels for sufficiently small time steps. The local order of consistency depends on the solution. Near extremes the accuracy reduces to first order. The total number of possible flux limiters is large [see, e.g., Hirsch, 1990]. Stelling [2002] gives examples for rapidly varied shallow water flows. For the computations of this paper first order approximations proved to be sufficiently accurate.

2.2. Two-Dimensional Application

[16] The method described previously is extended to two dimensions. For this purpose we consider the 2-D shallow water equations as given by:

$$\frac{\partial \zeta}{\partial t} + \frac{\partial(uh)}{\partial x} + \frac{\partial(vh)}{\partial y} = 0 \quad (14a)$$

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} + g \frac{\partial \zeta}{\partial x} + g \frac{u \|u\|}{C^2 h} = 0 \quad (14b)$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} + g \frac{\partial \zeta}{\partial y} + g \frac{v \|u\|}{C^2 h} = 0 \quad (14c)$$

A staggered numerical ‘‘C’’ grid is defined by Figure 4.

[17] A momentum conservative spatial discretization of equation (14) is now given by:

$$\frac{dh}{dt} + (uh(u))_{0x} + (vh(v))_{0y} = 0, \text{ at}(i,j) \quad (15a)$$

$$\begin{aligned} \frac{du}{dt} + \frac{1}{\bar{h}^x} \left((u\bar{q}^x u(\bar{u}\bar{q}^x))_{0x} + (v\bar{q}^x u(\bar{v}\bar{q}^x))_{0y} + u \frac{d\bar{h}^x}{dt} \right) \\ + g\zeta_{0x} + g \frac{u \|u\|}{C^2 \bar{h}^x} = 0, \text{ at}(i+1/2,j) \end{aligned} \quad (15b)$$

$$\begin{aligned} \frac{dv}{dt} + \frac{1}{\bar{h}^y} \left((\bar{u}\bar{q}^y v(\bar{u}\bar{q}^y))_{0x} + (v\bar{q}^y v(\bar{v}\bar{q}^y))_{0y} + v \frac{d\bar{h}^y}{dt} \right) \\ + g\zeta_{0y} + g \frac{v \|u\|}{C^2 \bar{h}^y} = 0, \text{ at}(i,j+1/2) \end{aligned} \quad (15c)$$

where $uq = uh(u)$, $vq = vh(v)$, $\bar{h}^x \text{ at}(i+1/2,j) = \frac{h_{ij} + h_{i+1,j}}{2}$, $\bar{h}^y \text{ at}(i,j+1/2) = \frac{h_{ij} + h_{i,j+1}}{2}$, and all other values are define accordingly. The momentum conservation characteristics follow easily from multiplying equation (15b) and equation (15c) respectively by \bar{h}^x and \bar{h}^y .

[18] Time integration can be implemented with semi-implicit methods according to *Wilders et al.* [1988] or *Casulli* [1990] or with ADI (alternating direction implicit) according to *Stelling* [1984]. The Delft-FLS system contains all these options, however for the computations of this paper ADI time integration has been applied.

[19] For flooding over a dry bed a predictor corrector approach is applied for bottom friction. This prevents overshoot of the velocities if the velocity accelerates from zero during the passage of a flow discontinuity. An extensive comparison between simulations with DELFT-FLS and laboratory experiments of inundations due to dambreaks is given by *Stelling* [2002]. It is to be noted that to compute the flow in a breach correctly, only with 2-D models rather than fully 3D Navier Stokes, the subsequent application of energy head conservation followed by momentum conservation is imperative. This was found for the experiments mentioned by *Stelling* [2002]. The actual size of a breach and a clay dike and also the growth of the breach as a function of time are

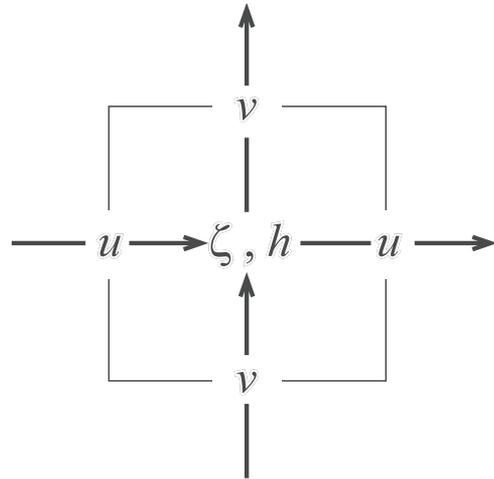


Figure 4. Staggered 2-D Arakawa C grid.

very difficult to compute. These values were based upon empirical observations.

3. Study Area

[20] The validation of Delft-FLS was performed using data of the 1805 inundation of the polder Land van Maas(=Meuse) en Waal. This polder is a typical example of the Dutch polders, characterized by a complex network of drainage canals and polder dikes. Because this situation is different to floodplains elsewhere a data set concerning the inundation of a Dutch polder was used, instead of more recent data sets of, e.g., the inundation of the wide and simple Maas valley [*Bates and De Roo*, 2000] or the inundation of the Imera floodplain in Sicily [*Aronica et al.*, 1998a, 1998b, 1998c], where the inundation is predominately a basin-filling problem controlled by embankments. The data set of the 1805 inundation is the best available, although the last inundation of a Dutch polder due to a river flood occurred in 1926 [*Ploeger*, 1992]. The 1805 inundation was selected because a detailed description of the dike breach and of the inundation exist [*Driessen*, 1994] which enabled the reconstruction of topographical characteristics of the polder, water levels of the rivers Rhine and Meuse, and dike breach dimensions. Therefore the data needed as input and for verifying the model results of the 1805 flood were similar in number and quality as the 1926 data, and in 1805, the topography of the polder was less complex than in 1926, only one dike breach occurred and only one polder inundated, which makes interpretation of the simulation results more straightforward. Still, we acknowledge the possible weaknesses of historic data: recent data would suffer from fewer conversion problems, be more accurate and have a greater number of observed points.

[21] The polder Land van Maas en Waal (Figure 5) is located in the eastern part of the Dutch river area. The embanked rivers Meuse and Waal enclose the polder, in the north, south, and west. An ice-pushed ridge south of Nijmegen borders the polder in the east. This ice-pushed ridge was formed during the Saalian glaciation (OIS-stage 6), and consists partly of Tertiary river sands [*Zagwijn*, 1974]. The polder is characterized by relatively large differences in elevation: from 20 m +NAP (Dutch Ordnance Datum,

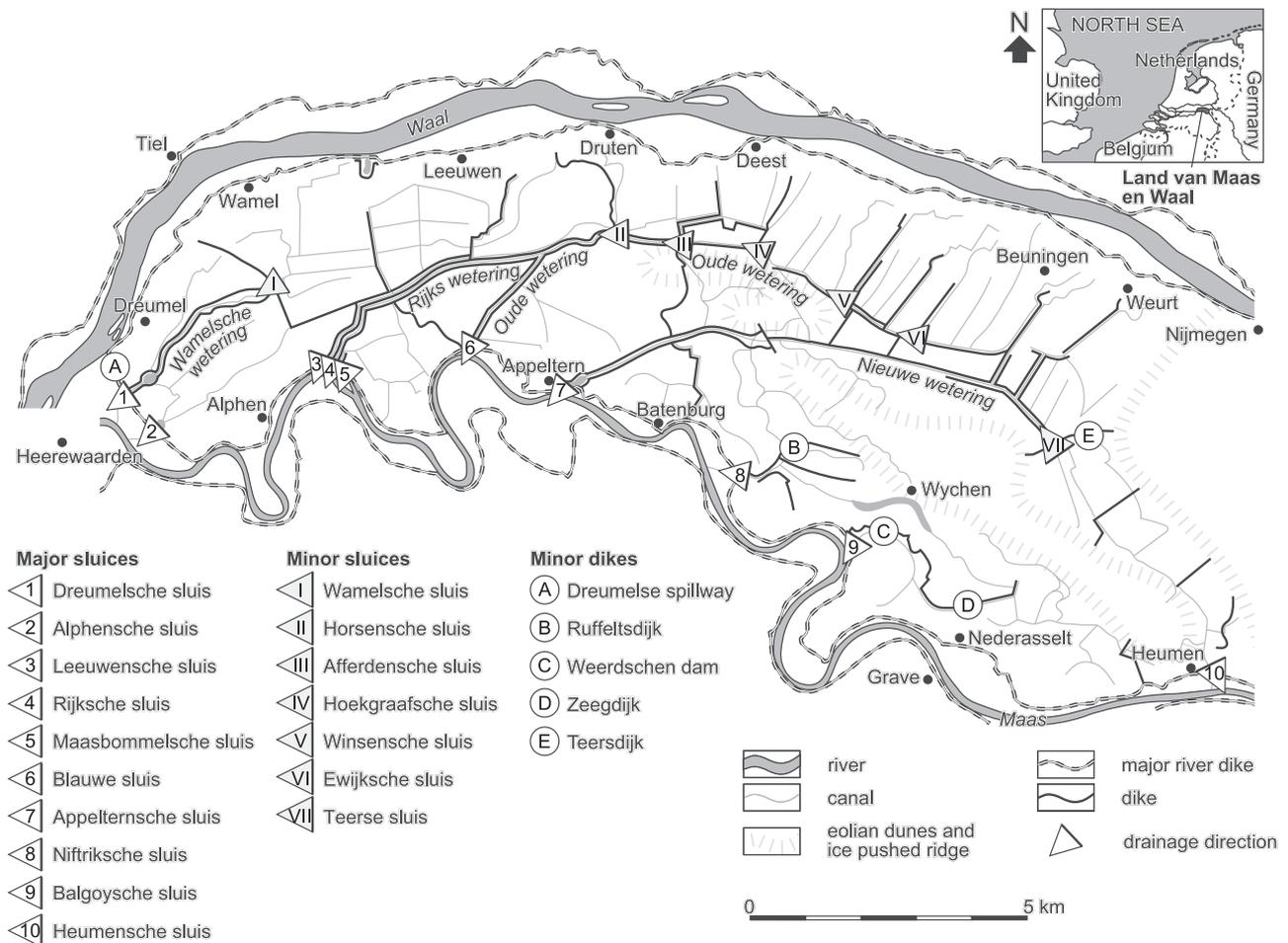


Figure 5. Location of the study area Land van Maas en Waal. Topography of the polder in 1805 is indicated.

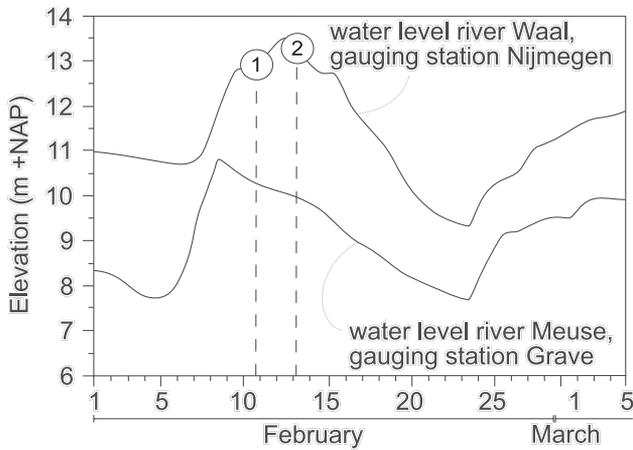
≈ mean sea level) in the east, to 3.5 m +NAP in the west. In the center a complex of aeolian dunes is found; their elevation varies between 7.5 and 20 m +NAP. These dunes were formed during the waning stage of the Weichselian glaciation (OIS-stage 2) and are partly buried by flood basin sediments [Berendsen *et al.*, 1995]. After the polder was completely embanked in 1350 AD [Pons, 1957], seepage water from the ice-pushed ridge and aeolian dunes collected in the lower western part of the polder. This water was artificially drained to the river Meuse. To control the drainage of the polder, small polder dikes, canals, and sluices were constructed, resulting in several drainage units [Pons, 1957]. The complex pattern of drainage canals and polder dikes may potentially have a major influence on the flow pattern of inundation water when a flood disaster occurs.

4. The 1805 Inundation

[22] The inundation of the polder in February 1805 was a result of accumulation of ice floes in the river Waal, downstream of Weurt. These floes obstructed the flow in the river Waal and caused the water level to rise rapidly until the morning of 13 February 1805 (Figure 6). At 5:00 AM the major river dike broke. Since the dike consisted of clay, a section of 190 m flushed away in a few seconds, and water

began to flow into the polder [Thomkins, 1805]. Almost immediately, the water level of the river Waal at Nijmegen dropped (Figure 6). After the initial dike breach, the water flow eroded a large scour hole of 200 by 400 m with a maximum depth of 13 m [Hesselink, 2002]. The material from this scour hole (gravel, sand, and sandy clay) was deposited as a lobate splay behind the scour hole (Figure 7). After the dike breach, water flowed toward the lower western part of the polder. This flow inundated several sluices along its path. A second flow was directed to the east, overtopping the important Teersdijk (E in Figure 5), resulting in the inundation of the area south of this dike [Municipal Archive Nijmegen, 1805a]. The maximum water depth in the polder after the dike breach ranged from 0.8 m close to the dike breach to 2.0 m in the western part of the polder. An overview of water depth and water levels in the polder after the dike breach is given in Table 1. It is hard to indicate the return period of the 1805 inundation because it was due to a peak discharge in combination with an ice jam that further raised the water level in the river. The maximum water level during this flood occurred 7 times between 1780 and 1850; after the normalization works in 1850 this level never was reached again.

[23] Several measures were taken to alleviate the effects of the inundation. Immediately after the dike breach, people dug away the upper parts of the major river dike in the west



- ① Formation of an ice dam, which dammed up the water
- ② Dike breach, February 13, 05:00 PM

Figure 6. Reconstructed hydrograph of the rivers Waal and Meuse for the gauging stations Nijmegen and Grave for the period 1 February to 5 March 1805. The highest water level in the river Meuse was 10.9 m +NAP, recorded on 8 February. The highest water level in the river Waal was 13.6 m +NAP, recorded on 12 February, just before the dike breach. Recession of the discharge peak lasted until 23 February, when the water level near Nijmegen fell to 9.5 m +NAP. Formation of the ice dam, and moment of dike breach are indicated.

near Dreumel (A in Figure 5). This resulted in a spillway that discharged water from the inundated polder into the river Meuse, which generally had lower water levels than the river Waal [Municipal Archive Nijmegen, 1805b]. From

the reports of civil cases, it became clear that small sluices in the polder dikes were illegally opened to drain the inundated compartments as quickly as possible, to the disadvantage of lower downstream units [Municipal Archive Nijmegen, 1805c]. Damage reports indicate that houses were destroyed in Alphen, Appeltern, Dreumel and Weurt (Figure 5). To aid the victims, bakers whose ovens were not inundated (in Dreumel, Druten, Nijmegen and Wamel; Figure 5) were ordered to bake bread for people in the drowned villages [Driessen, 1994].

5. Parameterization

[24] Hydrological information was extracted from various historic sources (written sources, observation series, maps), expressed in old, nonmetric units relative to local ordnance datum. Therefore the historic data were converted to meters relative to NAP.

[25] 1. Water levels of the rivers Meuse and Waal (Figure 6) were converted from “Rijnlandsche” feet and thumbs relative to the ordnance datum of Grave and Nijmegen, to meters relative to NAP(= Dutch Ordnance Datum ≈ mean sea level). The converted water levels were used at the inflow boundary of the model. At the outflow, the present stage-discharge relation of the rivers Meuse and Waal was used. Despite the presence of sluices in the river Meuse since 1954 [Ploeger, 1992], the stage-discharge relation during peak flows is hardly affected by the sluices. The sluices are open during high water.

[26] 2. The dimensions of the dike breach and the dike breach scour hole were obtained from several historic maps made after the dike breach of 1805. These maps show plans for repair of the dike breach (Figure 7).

[27] 3. The 1805 DEM was constructed, based on (1) a 1965 DEM [Wolters-Noordhoff Atlasproducties, 1987],

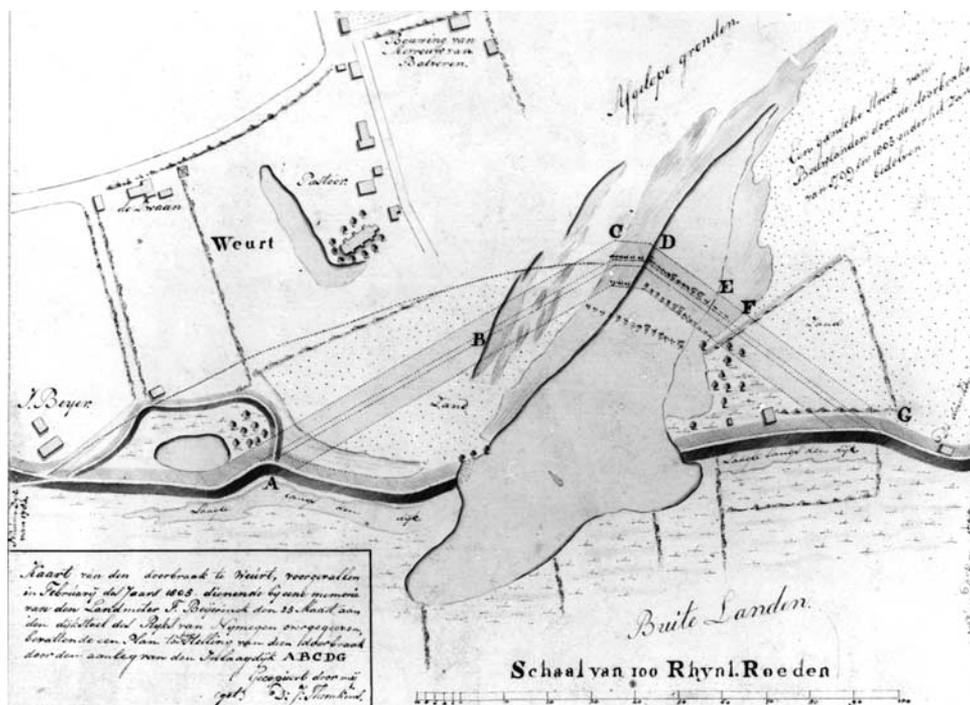


Figure 7. Scour hole formed after the 1805 dike breach [Thomkins, 1805]. On the map, a plan for repair of the dike breach is plotted over the dike breach scour hole. Note that south is up.

Table 1. Water Depth and Water Levels Based on Historic Data of the 1805 Inundation of the Polder Land van Maas en Waal

Name Object	Location in Figure 5	Description	Time (1805)	Estimated Water Depth, ^a m	Estimated Water Level, ^a m +NAP
Dreumelse Overlaat	A	spillway	14 Feb., between 12:00 AM and 6:00 PM	0.01 (0.01–0.2)	5.2 (5.0–5.4)
Dreumelse Overlaat	A	spillway	14 Feb., between 12:00 AM and 6:00 PM	1.8 (1.5–2.0)	7.2 (6.9–7.4)
Teersdijk	E	polder dike	13 Feb., between 12:00 AM and 12:00 PM	1.3 (1.0–1.5)	7.9 (7.6–8.1)
Kweldam	–		18 Feb., 12:00 AM	0.8 (0.7–1.0)	10.3 (10.2–10.5)
Appelternse sluis	7	Seepage dike	21 Feb., 4:30 PM		$H_{\text{polder}} > H_{\text{river Maas}}$ ^b
Appelternse sluis			Feb. 23, 9:00 PM		$H_{\text{polder}} < H_{\text{river Maas}}$ ^c
Horssensche sluis	II	sluice in major Maas dike	Feb. 18, 12:00 AM	1.7 (1.5–1.9)	7.2 (7.0–7.4)
Afferdensche sluis	III	sluice in polder dike	18 Feb., 12:00 AM	1.8 (1.6–2.0)	7.1 (6.9–7.3)
Hoekgraafsche sluis	IV	sluice in polder dike	18 Feb., 12:00 AM	1.7 (1.5–1.9)	6.7 (6.5–6.9)
Winsense sluis	V	sluice in polder dike	18 Feb., 12:00 AM	2.0 (1.8–2.2)	6.5 (6.3–6.7)
Ewijksche sluis	VI	sluice in polder dike	18 Feb., 12:00 AM	2.0 (1.8–2.2)	6.6 (6.4–6.8)

^aThe values in parentheses show the range of uncertainty.

^bThe water level in the polder exceeds the water level in the river Maas.

^cThe water level in river Maas exceeds the water level in the polder.

(2) surface elevations measured around 1800 by Dibbets and by Fijnje in 1839 [see *Fijnje*, 1840], (3) level of the major river dike in 1801 [*General State Archive*, 1801] and the polder dikes, measured around 1800 by *Dibbets* and in 1839 by *Fijnje* [1840], (4) location of polder dikes and canals in the beginning of the nineteenth century [*Wolters-Noordhoff Atlasproducties*, 1990]. The 1965 DEM consists

of 35,868 elevation measurement points, and is based on a field survey with elevation measurements at 100 m distance intervals. The 1965 DEM is one of the oldest and most complete DEM's of the polder Land van Maas en Waal. It represents the natural relief, before major leveling and reallocation schemes were carried out between 1965 and present. The surface elevation measurements were interpo-

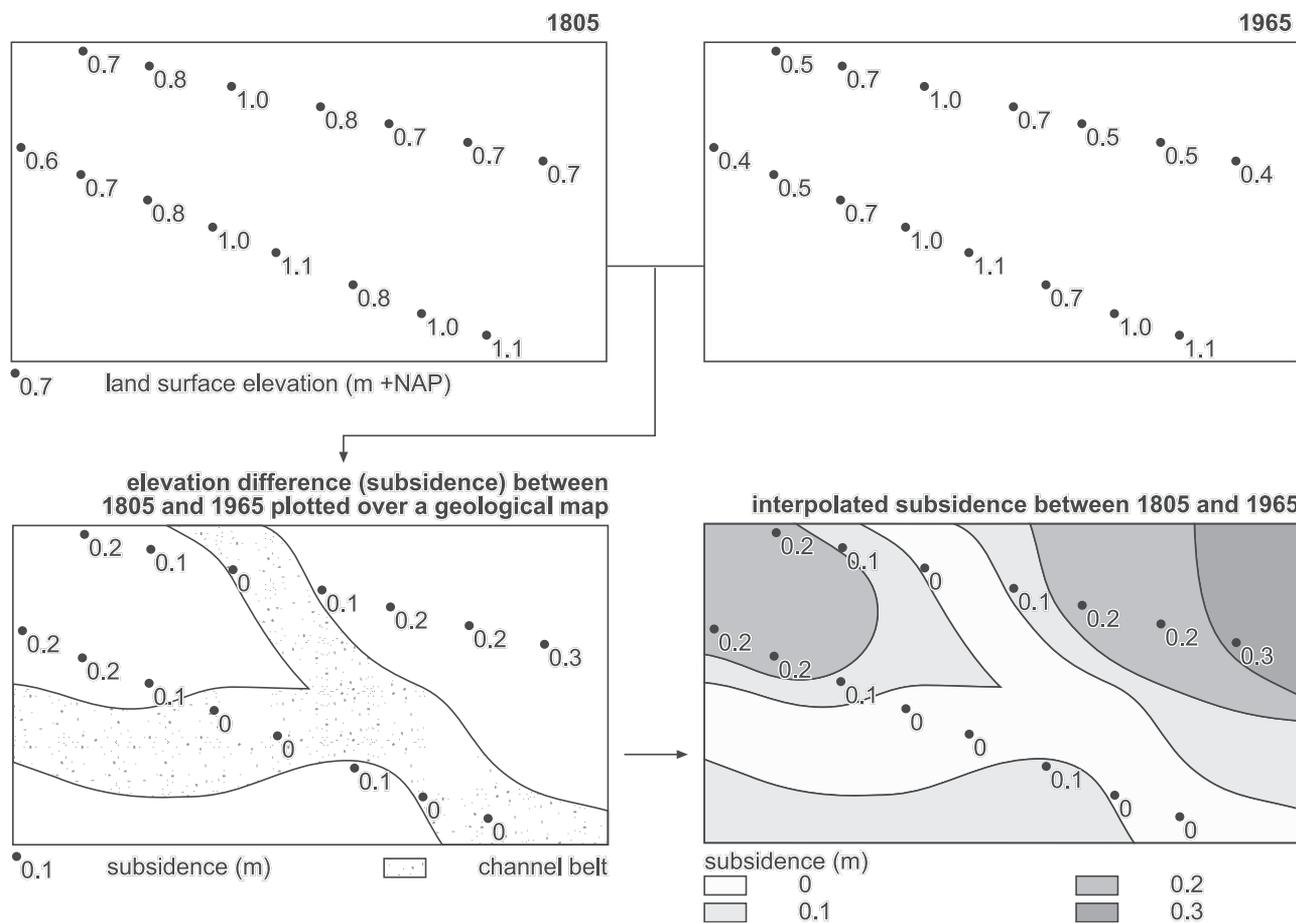


Figure 8. Method of reconstruction of subsidence values in the polder Land van Maas en Waal between 1805 and 1965.

Table 2. Values of Friction Factor Coefficients of the Embanked Floodplains and the Polder Based on *Chow* [1959] and *Acrement and Schneider* [1984]

Land Surface Cover	Manning n, s/m ^{1/3}			Nikuradse k, ^a m		
	Minimum	Normal	Maximum	Minimum	Normal	Maximum
Grass, no brush	0.025	0.032	0.050	0.07	0.22	0.93
Cultivated areas	0.020	0.030	0.040	0.02	0.17	0.49
Scattered brush	0.035	0.050	0.070	0.31	0.93	1.93
Medium to dense brush	0.045	0.070	0.110	0.70	1.93	3.75
Trees	0.110	0.150	0.200	3.75	5.11	6.33
Standing water	–	–	–	0.01	0.05	0.15

^aConversion from Manning n to Nikuradse k with a water depth of h = 1,0 m.

lated to a 50 by 50 m raster grid, in 394 by 682 raster cells. After that, the 1965 surface elevation was compared to the 1805 surface elevation as far as known from five cross sections. This showed that subsidence of channel belts was virtually zero, whereas in flood basins, subsidence values of up to 60 cm were found. The amount of subsidence was strongly correlated to substrate composition. Hence a geological map [Berendsen et al., 1994, 1995] was used to interpolate subsidence (Figure 8). The contour lines follow the borderline of the geological units. Subsequently, dike elevation and canal depth were added to the DEM. The depth of the approximately 25 m wide drainage canals was reduced to 0.5 m, to preserve the correct cross sectional area on a raster coverage of 50 m.

[28] 4. Floodplain friction was determined by converting different types of surface cover to hydraulic roughness according to the tables presented by *Chow* [1959] and *Acrement and Schneider* [1984] (Table 2). The surface cover was reconstructed on a 1:25.000 scale, using the 1839 map of *Fijnje* [1840] and the first topographical map of Netherlands [Wolters-Noordhoff Atlasproducties, 1990].

6. Simulation Runs

[29] Dynamic simulation runs with Delft-FLS were carried out for a 15-day period between 0:00 AM on 11 February 1805 and 0:00 AM on 26 February 1805. To start the dynamic simulations with water depths and flow velocities in steady state, we defined a constant inflow at a

water level of 11.9 m +NAP for the river Waal (a discharge of 3000 m³/s) and 10.8 m +NAP for the river Meuse (a discharge of 1400 m³/s), preceding the simulated period. These water levels are the measured water levels on 11 February 1805. The steady state condition was maintained for 24 h, after which the discharge at the inflow and outflow boundaries were equal and in equilibrium. The number of simulations was limited to 12 (Table 3), because of the high computational demands of the model (it took 2.5 days on a UNIX mainframe before one simulation was computed).

7. Sensitivity Analyses

[30] Sensitivity analyses were carried out to explore the effect of (1) the uncertainties in the topography representation and (2) the friction factor on the simulation results. We envisaged that uncertainties in topography (presence of dikes) would strongly influence the dynamics of the inundation. Therefore the details of the polder dike network incorporated in the DEM should be taken into account when the model is used to predict the inundation dynamics [Aronica et al., 1998c]. Three topographic realizations with an increasing simplification of the polder dike network were generated (Figure 9). Uncertainties as result of unknown land surface cover types were explored through variations in the hydraulic roughness coefficient, assuming a complete grass cover and different situations of mixed land surface cover types: (1) one uniform vegetation roughness per land cover type (Figure 10a), (2) spatially random distribution

Table 3. Simulation Input Characteristics of the 1805 Inundation of the Polder Land van Maas en Waal

Simulation Number	Types of Polder Dikes	Land Surface Cover Types ^a	Friction Coefficient Variation for the land Surface Cover Types (Nikuradse k)
R1	major and minor polder dikes	mixture of all types	normal value for each type
R2	major and minor polder dikes	grass	normal value for grass
R3	major polder dikes	mixture of all types	normal value for each type
R4	major polder dikes	grass	normal value for grass
R5	no polder dikes	mixture of all types	normal value for each type
R6	no polder dikes	grass	normal value for grass
R7	major polder dikes	mixture of all types	minimum value per land surface cover type
R8	major polder dikes	mixture of all types	maximum value per land surface cover type
R9	major polder dikes	mixture of all types	random friction coefficient per land surface cover type ^b
R10	major polder dikes	mixture of all types	random friction coefficient ^b
R11	major polder dikes	mixture of all types	random friction coefficient, user defined ^b
R12	no polder dikes	grass	normal value for grass

^aLand surface cover types: grass, cultivated areas, scattered brush, medium to dense brush, trees, and stagnant water (see Table 2).

^bFor explanation, see Figure 9.

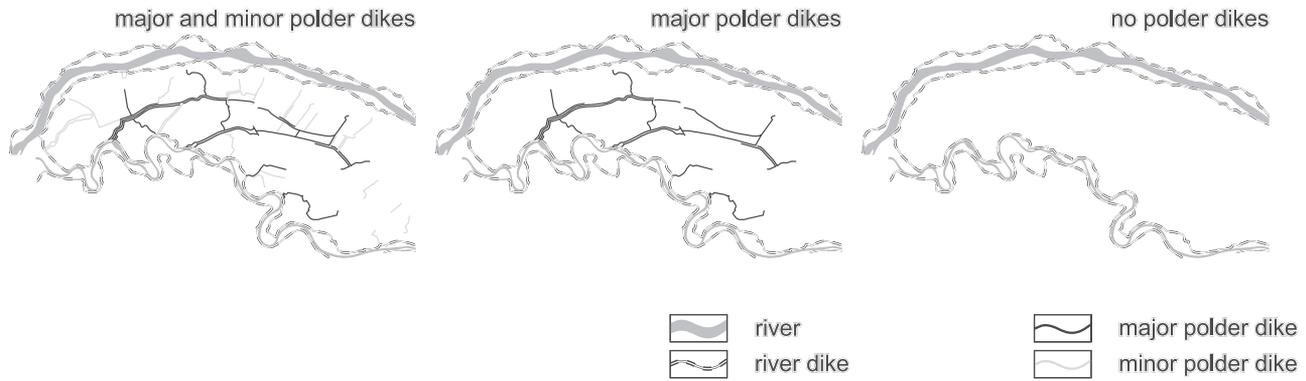


Figure 9. Three topographic realizations with an increasing simplification of the polder dike network.

of vegetation roughness cover of Figure 10a (Figure 10b), (3) vegetation roughness randomly varied per land cover type (Figure 10c), and (4) randomly varied vegetation roughness (Figure 10d). Uncertainty in the friction coefficient is caused by seasonal variation of the hydraulic roughness of one land surface cover type, annual variation of different land surface cover types due to rotation of land surface cover types, and variations of friction with the discharge during the event. The floodplain frictions used are two end-members of many more possible solutions. It is not implied that these combinations represent the “true” field situation.

[31] Although we recognize the paramount importance of the breach as a triggering event to what happened subsequently in the polder, no sensitivity analysis was carried out to explore the effect on the temporal evolution of the breach size on the discharge through the breach and consequently on the flooding of the polder. A linearly decreasing of the dike section was assumed because historic sources show that in case of failure of the dikes, a large dike section collapses simultaneously within a second [Driessen, 1994]. This is due to the internal composition of the dikes. In Netherlands the dikes consists of several layers of clay instead of sand [Driessen, 1994]. After the initial dike breach no further evolution of the breach occurs [Driessen, 1994]. This is endorsed by different historic sources on the 1805 dike breach [Municipal Archive Nijmegen, 1805a, 1805b, 1805c; Thomkins, 1805].

8. Influence of Topography on the Simulation Results

[32] The results of simulations R1 to R6 (Table 3) are shown for four different locations in the polder (Figure 11). Close to the dike breach (location 1 in Figure 11) the level of detail of the schematization does not affect the results of the model simulations. Simulations R1, R3, and R5 (Table 3) yielded similar results; location 1 is inundated after 1 hours. The time at which inundation occurs, generally increases with the distance to the dike breach. When no polder dikes are assumed (R5), the western part (location 4 in Figure 11) of the polder is inundated after 24 h. Including the major polder dikes in the DEM halves the propagation velocity of the inundation (R3, location 4); the western part (location 4 in Figure 11) of the polder is inundated after 49 h. Adding the remaining polder dikes in the DEM (R1), however, hardly further delays the inundation: at location 4 the difference in inundation between R1 and R3 is only 2 hours. South of the

long east-west orientated waterways, a similar retardation of the inundation is simulated if dikes are incorporated in the DEM. At the Teersdijk (Figure 5), located upstream of the dike breach, almost no differentiation in propagation of the inundation front is seen for different simulations. The presence of the Teersdijk caused a delay of 3 h. Thus including the main objects of a polder dike network in the DEM considerably reduces the propagation velocity of the inundation front. Contrary to the propagation of the inundation front, the maximum water depth is not influenced by an increase in detail of the polder dike network.

[33] Simplification of the polder dike network accelerates discharge through the dike breach (Figure 12a), because it results in a decrease of the back-water effect. During the first hours of the inundation, discharge through the dike breach varies between 2500 (DEM with all polder dikes) and 3200 m³/s (DEM without any polder dikes). The mean discharge is 2700 ± 240 m³/s.

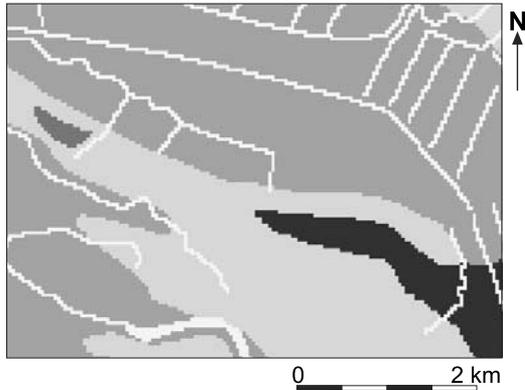
9. Influence of Land Surface Cover on the Simulation Results

[34] The increase in friction coefficient decelerates the propagation velocity of the inundation front. Location 1 (Figure 13) is only inundated in simulation R8 (maximum friction coefficient; Table 3). The time to inundation is 18 h. Location 2 (Figure 13) is inundated after 11 h with a low (R7, Table 3) and after 14h with a high (R8) friction coefficient. In the western part of the polder (location 4, Figure 13) the influence of variation in vegetation roughness is most pronounced. In case the friction coefficient is low (R7), location 4 is inundated 14 h earlier than when the friction coefficient is high (R8). While increasing roughness delays the inundation, differences in friction coefficient hardly influence water depth.

[35] Varying the friction coefficient between the minimum and maximum value (Table 2) hardly influences the discharge through the dike breach. During the first hours of inundation, discharge through the dike breach varies from 2400 (high floodplain friction coefficient) to 2600 m³/s (low floodplain friction coefficient); the mean discharge is 2500 ± 75 m³/s (Figure 12b).

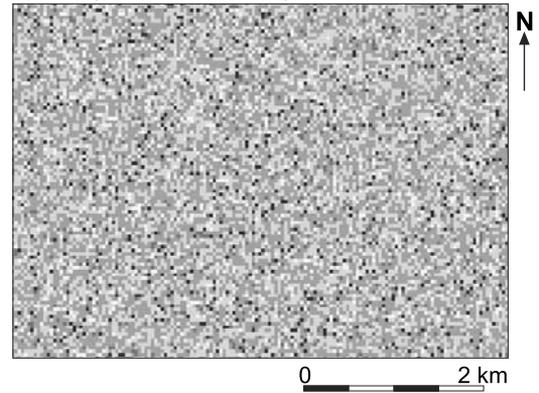
[36] The level of detail of information on land surface cover hardly influences the simulated propagation velocity and final water depth of the inundation (Figure 14). It even hardly affects the moment the inundation water reaches the western part of the polder (location 4, Figure 14). In

a) uniform vegetation roughness per vegetation type



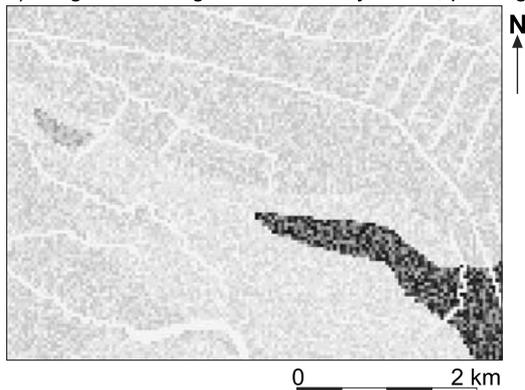
Nikuradse k	Vegetation type
0.05	Standing water
0.1	Cultivated areas
0.2	Grass, no brush
1.0	Scattered brush
2.0	Medium to dense brush
5.0	Trees

b) spatially random distribution of vegetation roughness cover of Figure 10a



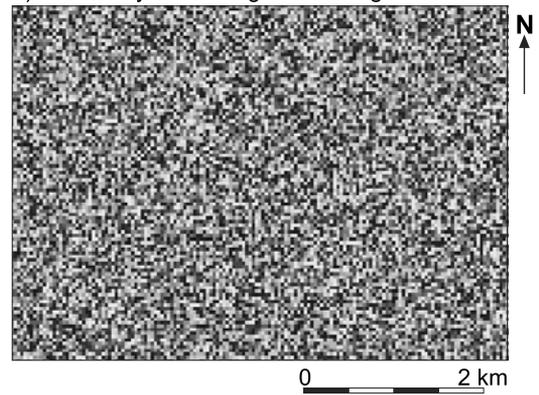
Nikuradse k	Vegetation type
0.05	Standing water
0.1	Cultivated areas
0.2	Grass, no brush
1.0	Scattered brush
2.0	Medium to dense brush
5.0	Trees

c) vegetation roughness randomly varied, per vegetation type



Nikuradse k	Vegetation type
0 - 0.075	Standing water
0.075 - 0.15	Cultivated areas
0.15 - 0.25	Grass, no brush
0.25 - 1.5	Scattered brush
1.5 - 3.0	Medium to dense brush
3.0 - 8.0	Trees

d) randomly varied vegetation roughness



Nikuradse k
0
5

Figure 10. Four levels of detail of information on land surface cover. (a) One value of vegetation roughness per land cover type. The floodplain friction value for each land surface cover is known (R3, Table 3). (b) Spatially random distribution of vegetation roughness cover of Figure 9a. The spatial distribution of each land surface cover is known, but the exact floodplain friction value is unknown and varies between the minimum and maximum friction coefficient of the specific land surface cover (R9, Table 3). (c) Vegetation roughness randomly varied per land cover type. The percentage of each land surface cover is known, but the spatial distribution is unknown. The situation is represented by the randomly varying friction coefficient over the entire polder between the lowest minimum and highest maximum friction coefficient (R10, Table 3). (d) Randomly varied vegetation roughness. The land surface cover is unknown, the friction coefficient randomly varies between a user-defined minimum and maximum value (R11, Table 3).

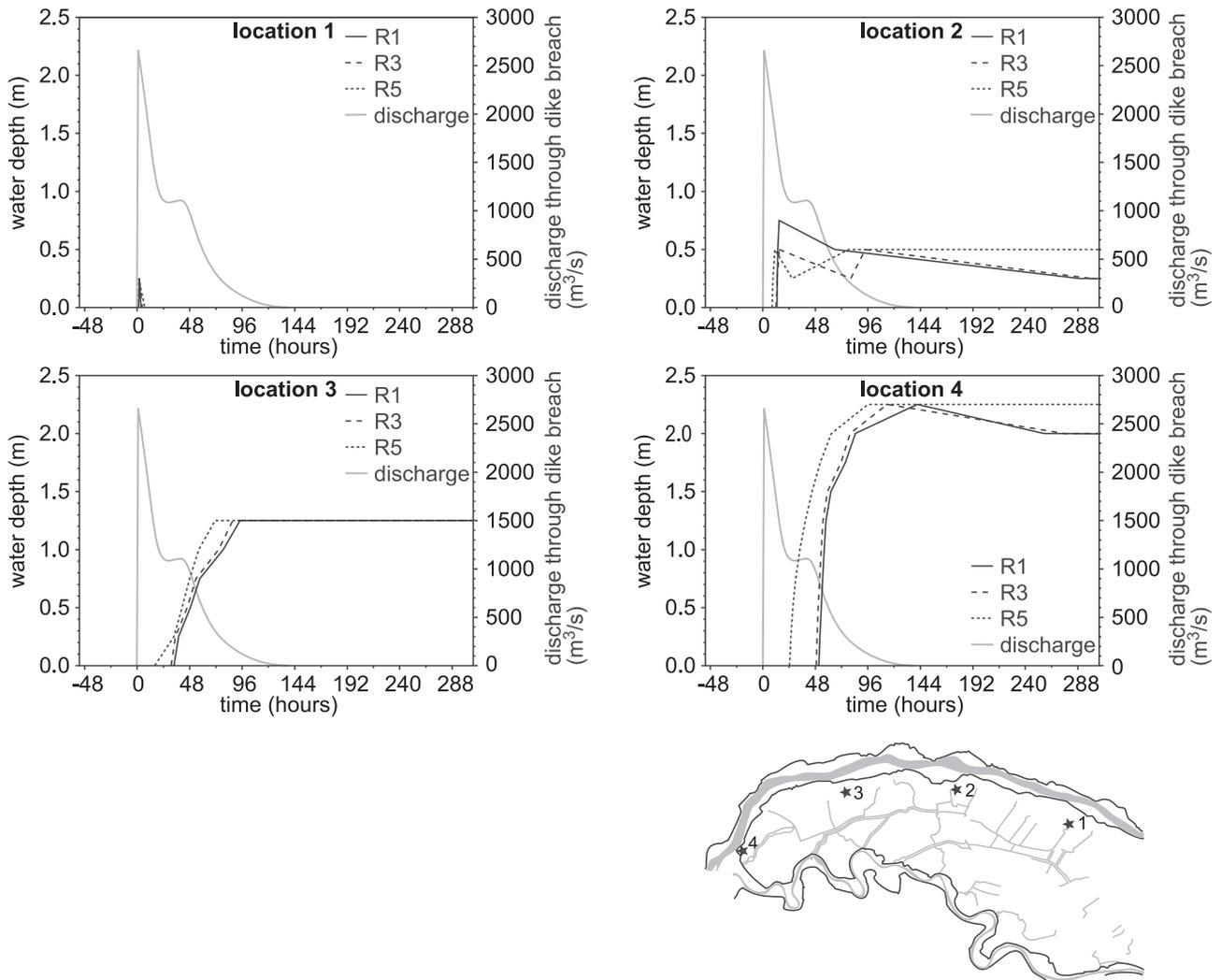


Figure 11. Simulated water depth for four locations in the polder Land van Maas en Waal. Three types of topography are simulated: R1, major and minor polder dikes; R3, major polder dikes; R5, no polder dikes.

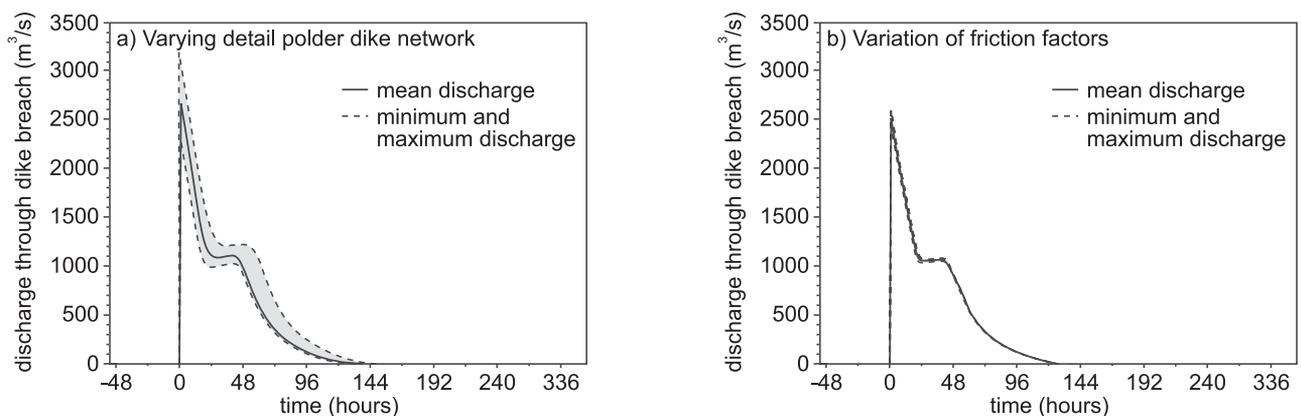


Figure 12. Variation in discharge through the dike breach. (a) Due to varying detail in the polder dike network. The top line represents the discharge if no polder dikes are incorporated in the DEM (R1, Table 3). The bottom line represents the discharge if major and minor polder dikes are incorporated in the DEM (R6, Table 3). The solid line represents the mean discharge of simulations R1 to R6 (Table 3). (b) Due to variation of the friction factor. The top line represents the discharge if the friction fraction is low (R7, Table 3). The bottom line represents the discharge if the friction factor is high (R8, Table 3). The solid line represents the mean discharge of simulations R3, R7 and R8 (Table 3). Lines of minimum and maximum almost coincide, meaning that the variation in discharge is hardly influenced by the friction factor.

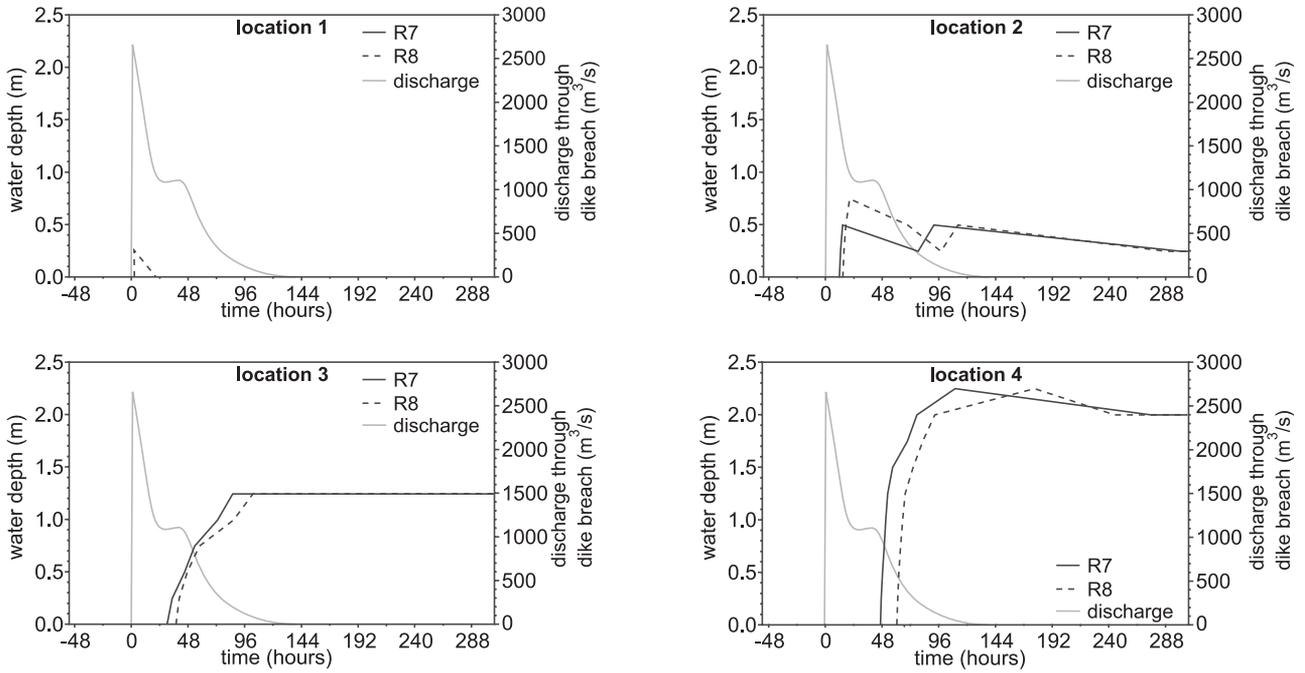


Figure 13. Minimum (R7) and maximum (R8) friction coefficients are used to simulate water depth for four locations in the polder Land van Maas en Waal. For location, see Figure 11.

simulations R3 (floodplain friction coefficient known) and R10 (random friction coefficient), location 4 is inundated 102 h after the dike breach (Figure 14), while R9 (random floodplain friction per land surface cover) and R11 (land surface cover unknown) simulate the inundation of location 4 after 108 h (Figure 14). Here too the maximum water depth is not influenced.

[37] It is concluded that the detail of the polder dike network incorporated in the DEM and the vegetation roughness influence (1) the discharge through the dike breach, (2) the water level in time, and (3) the moment of inundation. They do not influence maximum water depth or maximum extent of the inundation. Because of the “bathtub”-like topography of the polder, the maximum spatial

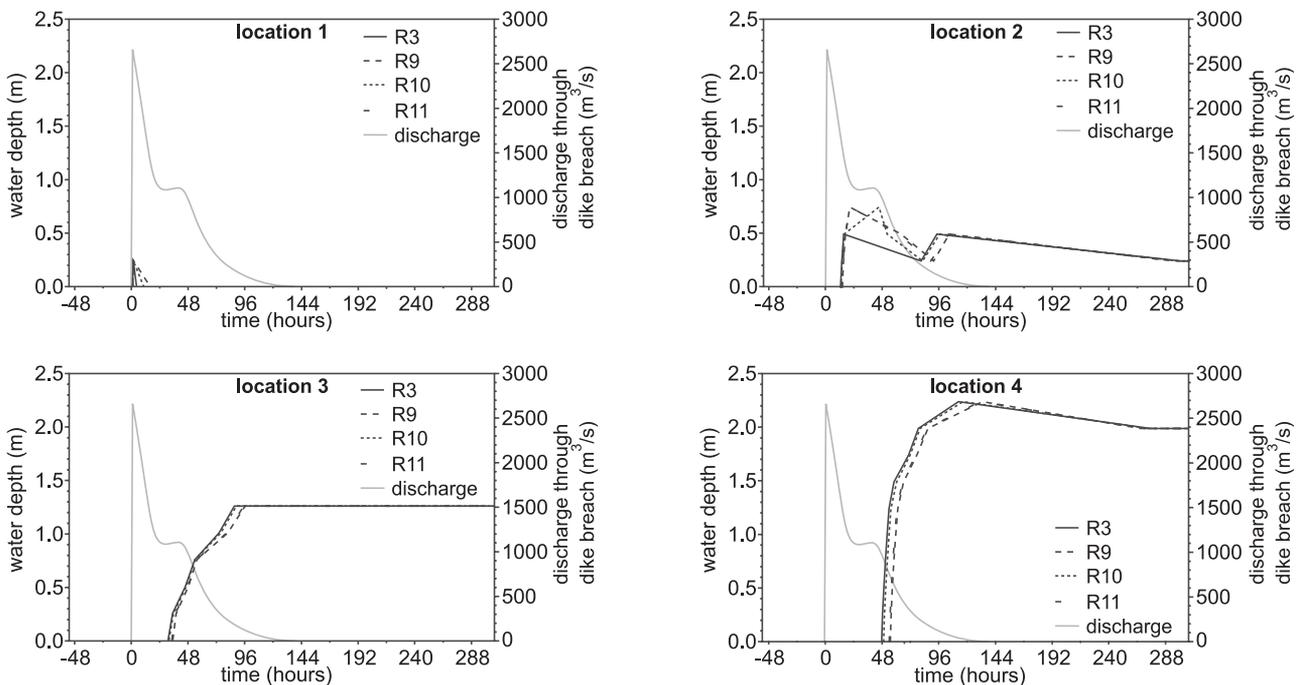


Figure 14. Simulated water depth for four locations in the polder Land van Maas en Waal. Four levels of detail of information on land surface cover are used as input for the simulation. For location, see Figure 11.

extent of the inundation is constant for a large range of discharges through the dike breach.

10. Evaluation of Model Performance With Varying Degree of Topographic Detail

[38] In six model runs (R1 to R6, Table 3) we varied (1) the details of the polder dike network incorporated in the DEM and (2) the vegetation roughness (expressed as friction coefficient). We generated three topographic realizations with increasing simplification of the polder dike network. Two land surface cover assemblages were assumed: a complete grass cover and a situation of mixed land surface cover types. Because of the limited number of data for evaluation, analysis of the model results using a classic objective function as evaluation criterion [e.g., Nash and Sutcliffe, 1970] is not possible. Therefore a combination of accuracy in time and of water depth is used in this study. This means that the best simulation is the one with largest number of locations where the model predicted the timing and depth of the inundation correctly (R2, Table 4). From the historic data, the moment of inundation could not always be determined exactly, only within a time period of a few hours in which the location became inundated. The range of uncertainty has been considered in the model evaluations (Table 4) by calculating results for the indicated values in Table 1 (indicated between parentheses).

[39] According to the evaluation criteria defined in this study, the best prediction of the 1805 inundation is obtained when the most detailed polder dike network (Table 4) is incorporated in the DEM, and a complete grass cover is assumed (R2, Table 3). However, similar results can be obtained with different parameter sets. The chosen parameters were selected from a typical range of values suggested in literature [Chow, 1959; Acrement and Schneider, 1984] and historic data.

11. Simulated 1805 Inundation

[40] The best simulation (R2, Table 4) shows a stepwise compartment-like inundation of the polder (Figure 15). As soon as a compartment is completely filled with water, the next compartment downstream is inundated. This process of discontinuous inundation is due to the network of polder dikes. Water in the polder essentially flows to the lower western part of the polder and, eventually, the “bath-tub”-like polder fills completely. The inundation front propagates with a mean velocity of 0.9 km/h in a downstream direction. Mean water level rise in the western part of the polder (location 4) is 0.03 m/h. After 3 days the maximum water depth of 2.3 m is reached here. Water depth close to the dike breach and upstream of it falls shortly after recession of the discharge peak in the river. On the basis of the sequence of events and flow characteristics during the inundation, two zones can be distinguished.

[41] 1. Near the dike breach, flow velocities reach a maximum of 2.5 m/s shortly after the breach. Here, the flow velocity slows to 1.8 m/s in the following twelve hours. Within 1 hour after the dike breach, flow velocity 300 m away from the dike breach diminishes to 1.3 m/s. Here, flow velocity is almost 0 m/s within 12 hours. Near the dike breach water depth quickly reaches a maximum of

Table 4. Validation of Delft-FLS With Historic Data^a

Name Object	Model Time, h	Observed Data		R1						R2		R3		R4		R5		R6			
		Water Level, m	+NAP	Time, h	Water Level, m	+NAP	Time, h	Water Level, m	+NAP	Time, h	Water Level, m	+NAP	Time, h	Water Level, m	+NAP	Time, h	Water Level, m	+NAP	Time, h	Water Level, m	+NAP
Dreumelse overlaat	86 ± 4	5.2		103	5.2	98	5.2	101	5.2	96	5.2	101	5.2	96	5.2	101	5.2	77	5.2	73	5.2
Dreumelse overlaat	88 ± 4	7.2		107	7.2	101	7.2	104	7.2	98	7.2	104	7.2	98	7.2	104	7.2	82	7.2	77	7.2
Teersdijk	66 ± 6	7.9		66	7.9	66	7.9	66	7.9	65	7.9	66	7.9	65	7.9	66	7.9	65	7.9	65	7.9
Kweldam	180 ± 4	<10.3		180	<10.3	180	<10.3	180	<10.3	180	<10.3	180	<10.3	180	<10.3	180	<10.3	180	<10.3	180	<10.3
Appeltemse sluis	256.5	$H_p > H_M^b$		$H_p = H_M$	7.1	$H_p = H_M$	7.1	$H_p = H_M$	7.1	$H_p = H_M$	7.1	$H_p = H_M$	7.1	$H_p = H_M$	7.1	$H_p = H_M$	7.1	$H_p = H_M$	7.1	$H_p = H_M$	7.1
Appeltemse sluis	309	$H_p < H_M^c$		$H_M = H_p$	7.1	$H_M = H_p$	7.1	$H_M = H_p$	7.1	$H_M = H_p$	7.1	$H_M = H_p$	7.1	$H_M = H_p$	7.1	$H_M = H_p$	7.1	$H_M = H_p$	7.1	$H_M = H_p$	7.1
Horssensche sluis	180	7.2 ± 0.2		180	7.2	180	7.2	180	7.2	180	7.2	180	7.2	180	7.2	180	7.2	180	7.2	180	7.2
Afferdensche sluis	180	7.1 ± 0.2		180	7.1	180	7.1	180	7.1	180	7.1	180	7.1	180	7.1	180	7.1	180	7.1	180	7.1
Hoekgraafse sluis	180	6.7 ± 0.2		180	6.7	180	6.7	180	6.7	180	6.7	180	6.7	180	6.7	180	6.7	180	6.7	180	6.7
Winsense sluis	180	6.5 ± 0.2		180	6.5	180	6.5	180	6.5	180	6.5	180	6.5	180	6.5	180	6.5	180	6.5	180	6.5
Ewjijsche sluis	180	6.6 ± 0.2		180	6.6	180	6.6	180	6.6	180	6.6	180	6.6	180	6.6	180	6.6	180	6.6	180	6.6

^aItalic type indicates exact fitting model results. Bold type indicates the model results within the range of uncertainty.

^bThe water level in the polder (H_p) exceeds the water level in the river Maas (H_M).

^cThe water level in river Maas (H_M) exceeds the water level in the polder (H_p).

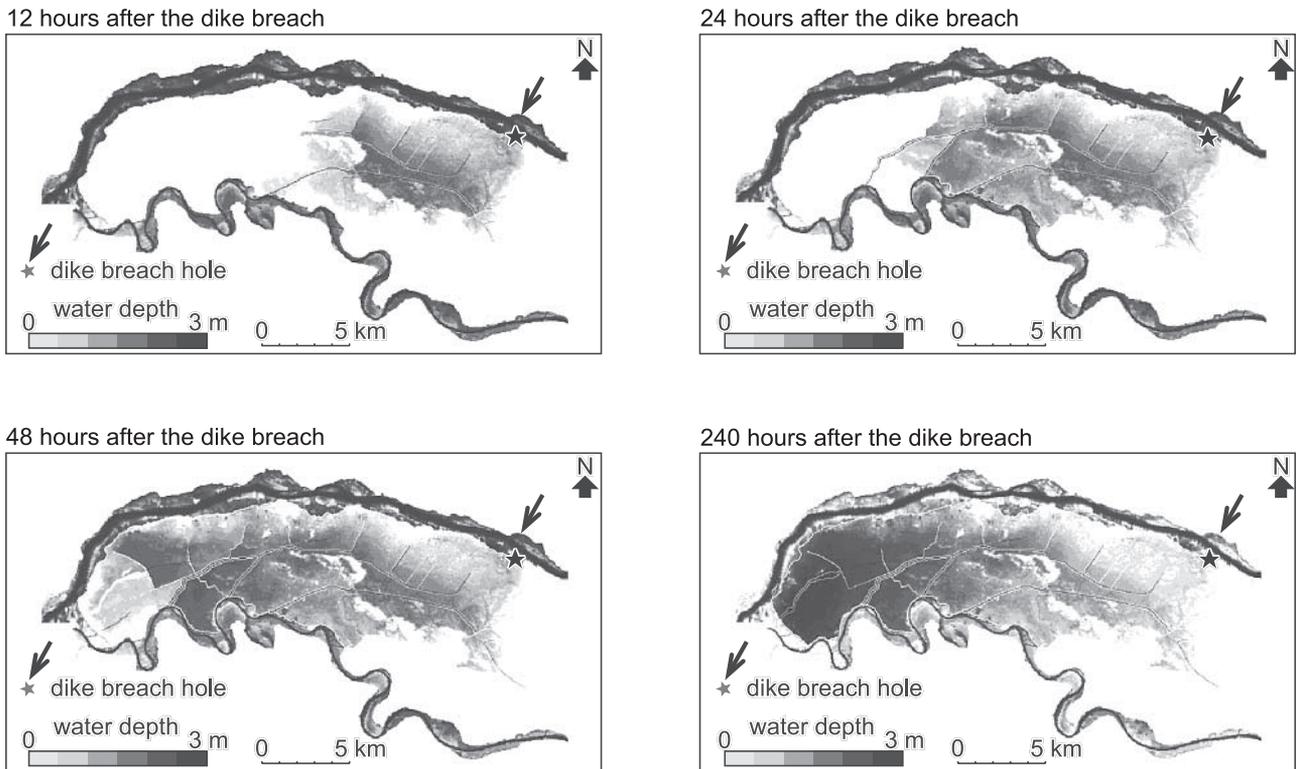


Figure 15. Inundation after the 1805 dike breach according to simulation R2 (presence of a detailed polder dike network and a low floodplain friction coefficient).

0.8 m after which it falls, following the recession of the discharge peak in the river (Figure 16).

[42] 2. The lowest parts of the polder became inundated two days after the dike breach. Water depth rises to a maximum of 2.3 m, and remains at this level for weeks until the polder is drained (Figure 16).

[43] Between zone 1 and 2 a third zone is found. This zone is characterized by a rapid inundation after which the water level falls back.

12. Discussion

12.1. Sensitivity of Delft-FLS

[44] Delft-FLS appears very sensitive to the presence and dimensions of obstructing elements in inundation simulations of a polder. The same was found by *Aronica et al.* [1998b] using a different model. They showed that random changes in floodplain elevation data were statistically significant. A maximum delay of the inundation is caused by a perpendicular orientation of the polder dikes to the water flow. The effect of the major polder dikes on the inundation propagation velocity overshadows the effect of the smaller minor polder dikes on the inundation propagation velocity. Major polder dikes also control the discharge through the dike breach.

[45] The propagation velocity of the inundation and the discharge through the dike breach is less sensitive to the obstructing effects of the land surface cover types (expressed in floodplain friction) when compared to presence and dimensions of obstructing elements. The simulation results show a maximum retardation of the inundation propagation of 12 hours in the western part of the polder. Floodplain friction does not influence the maximum water level in the polder. As soon as the water level exceeds the

vegetation height during the infilling of the polder, the controlling effect of the vegetation on the water level and the inundation propagation velocity diminishes. This means that the retardation of the inundation propagation occurred in the first moments of inundation of the initially dry land.

[46] Because discharge through the dike breach is very sensitive to obstructions in the polder, we assume that the model results are also very sensitive to the presence and dimensions of the dike breach gap. A dike breach gap acts as a conductor of the water flow and consequently its size determines the magnitude of the water flow through the dike

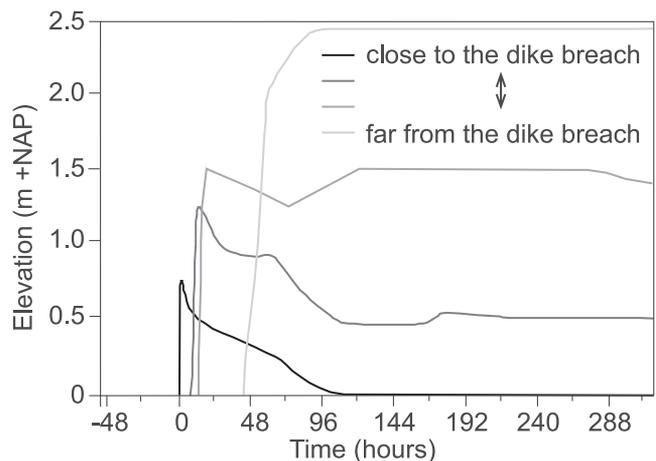


Figure 16. Change in water level after the 1805 dike breach in the polder, from a location close to the dike breach (solid line) to a location at maximum distance from the dike breach (light shaded line).

breach. This is very important in case of sandy dikes where the temporal evolution of the breach size determines the discharge through the dike breach and thus the inundation of the polder.

12.2. Evaluation of Delft-FLS

[47] In general, inundation models are calibrated using the maximum extent of the inundation [Bates *et al.*, 1998; Bates and De Roo, 2000]: the maximum extent of the inundation is determined from easily available high-resolution data, such as satellite synthetic aperture radar. This method is very promising, especially in large areas without a comprehensive data collection. However, in relatively flat areas surrounded by dikes or in valleys with nonembanked rivers where the valley floor is completely filled after a large inundation, the extent of the inundation is the same for each flood. Then the extent of the inundation is not a proper method to validate a computer inundation model. In these flat areas water levels and propagation velocities of the inundation are indispensable for this purpose. The locations with known water levels in time should be more or less evenly distributed over the inundated area.

13. Conclusions

[48] It was shown that it is possible to evaluate the simulation results of Delft-FLS for the inundation of river polders using historic data. The main advantage of the use of historic data in inundation modeling is that it allows evaluation of model performance for real inundations and for inundations with long return periods.

[49] Because of the “bath-tub” topography of these polders, the inundation is characterized by a rise in water level over time. Extent of the inundation is entirely controlled by the location of the dike breach and the position of the river dikes. Sensitivity analyses showed a strong influence of topography and floodplain friction coefficient on the inundation. Propagation velocity of the inundation front decreased by 50%, in case a polder dike network is present. Land use influences propagation velocity of the inundation but not the water level. Detailed polder dike network and high friction coefficients also influenced discharge through the dike breach. A detailed polder network and high friction coefficient reduced discharge through the dike breach by 20%.

[50] During inundation, two zones with different types of damage are distinguished. Close to the dike breach, the inundation is characterized by high flow velocity. Here, damage is caused by washing away of roads, buildings, livestock, crops, and trees. In the downstream part of the polder, the inundation is characterized by a high water level. This results in saturation of buildings and roads, drowning of livestock, and devastation of crops. In between, both types of damage can be expected. The extent of the zones depends on the location of the dike breach and the discharge through the dike breach. If the dike breach is located in the downstream part of the polder, damage will mainly be caused by saturation.

[51] **Acknowledgments.** We hereby thank WL/Delft Hydraulics, for providing their computer facilities and their model Delft-FLS. We also thank Gerard van de Ven who kindly provided old maps of the polder Land van Maas en Waal and Anneke Driessen who gave us access to interesting

archives. Ron Agtersloot and Bert Jagers introduced us to the miracles of computers and computer models. Three anonymous reviewers, Ward Koster, Henk Berendsen, Jeroen Schokker and Sandra van der Linden of Utrecht University and Paul Bates of the University of Bristol kindly reviewed earlier drafts of this manuscript. We thank Jacqueline Franssens, for showing us the meaning of writing. This study was funded by the Netherlands Organization for Scientific Research (NWO), project number 750-19-611. The animation of the inundation can be downloaded from the Internet <http://www.geog.uu.nl/fg/palaeogeography>; click Ongoing research).

References

- Acrement, G. J., and V. R. Schneider, Guide for selecting Manning's roughness coefficients for natural channels and floodplains, *Rep. FHWA-TS-84-204*, Fed. Highways Admin., U.S. Dep. of Transportation, Washington, 1984.
- Aronica, G., B. Hankin, and K. Beven, Uncertainty and equifinality in calibrating distributed roughness coefficients in a flood propagation model with limited data, *Adv. Water Resour.*, 22, 349–365, 1998a.
- Aronica, G., B. Hankin, and K. Beven, Topographic sensitivity and parameter uncertainty in the predictions of a 2D inundation model, in *Hydroinformatics '98*, edited by V. Babovic and L. C. Larsen, pp. 1083–1088, A. A. Balkema, Brookfield, Vt., 1998b.
- Aronica, G., T. Tucciarelli, and C. Nasello, 2D multilevel model for flood wave propagation in flood-affected areas, *J. Water Resour. Plann. Manage.*, 124, 210–217, 1998c.
- Bates, P. D., and A. P. J. De Roo, A simple raster-based model for flood inundation simulation, *J. Hydrol.*, 236, 54–77, 2000.
- Bates, P. D., M. G. Anderson, D. E. Walling, and D. Simm, Modelling floodplain flow using a two-dimensional finite element model, *Earth Surf. Processes Landforms*, 17, 575–588, 1992.
- Bates, P. D., M. D. Stewart, G. B. Siggers, C. N. Smith, J.-M. Hervouet, and R. H. J. Sellinn, Internal and external validation of a two-dimensional finite element code for river flood simulations, *Proc. Inst. Civ. Eng. Water Marit. Energy*, 130, 127–141, 1998.
- Berendsen, H. J. A., E. L. J. H. Faessen, and H. F. J. Kempen, Zand in banen, Zanddiepte-attentiekaarten van het Gelders rivierengebied, Provincie Gelderland, Arnhem, Netherlands, 1994.
- Berendsen, H. J. A., W. Z. Hoek, and E. A. Schorn, Late Weichselian and Holocene river channel changes of the rivers Rhine and Meuse in the Netherlands (Land van Maas en Waal), *Paleoclim. Res.*, 14, 151–171, 1995.
- Casulli, V., Semi-implicit finite difference method for 2D shallow water equations, *J. Comput. Phys.*, 86, 56, 1990.
- Chaudry, M. H., *Open-Channel Flow*, Prentice-Hall, Old Tappan, N. J., 1993.
- Chow, V. T., *Open-Channel Hydraulics*, McGraw-Hill, New York, 1959.
- Darby, S. E., Effect of riparian vegetation on flow resistance and flood potential, *J. Hydraul. Eng.*, 125, 443–454, 1999.
- Driessen, A. M. A. J., Watersnood tussen Maas en Waal. Overstromingsrampen in het rivierengebied tussen 1780 en 1810, Ph.D. thesis, D., Univ. of Amsterdam, Walburg Pers, Zutphen, Netherlands, 1994.
- Fijnje, H. F., Profiel van Waterpassing van het terrein langs de geprojecteerde verbetering der waterlozing in het Rijk van Nijmegen en in Maas en Waal opgenomen in het najaar van 1839, inventory number 105, Supplement of the map collection of Hingman, General State Archive of the Netherlands, 's-Gravenhage, 1840.
- General State Archive, *Inventory Number 777*, Archive of the Direct. for Public Works and Water Manage., 's-Gravenhage, Netherlands, 1801.
- Gottschalk, M. K. E., Stormvloed en rivieroverstromingen in Nederland, Deel 1, de periode vóór 1400, Van Gorcum, Assen, Netherlands, 1971.
- Gottschalk, M. K. E., Stormvloed en rivieroverstromingen in Nederland, Deel 2, de periode 1400–1600, Van Gorcum, Assen, Netherlands, 1975.
- Gottschalk, M. K. E., Stormvloed en rivieroverstromingen in Nederland, Deel 3, de periode 1600–1700, Van Gorcum, Assen, Netherlands, 1977.
- Han, K.-Y., J.-T. Lee, and J.-H. Park, Flood inundation analysis resulting from levee-break, *J. Hydraul. Res.*, 36, 747–759, 1998.
- Hesselink, A. W., History makes a river. Morphological changes and human interference in the river Rhine, The Netherlands, Ph.D. thesis, Utrecht Univ., Utrecht, Netherlands, 2002.
- Hirsch, C., *Numerical Computation of Internal and External Flows*, John Wiley, Hoboken, N. J., 1990.
- Knight, D. W., and K. Shiono, River channel and floodplain hydraulics, in *Floodplain Processes*, edited by M. G. Anderson, D. E. Walling, and P. D. Bates, pp. 139–182, John Wiley, Hoboken, N. J., 1996.
- Knight, D. W., K. Shiono, and J. Pirt, Prediction of depth, mean velocity and discharge in natural rivers with overbank flow, in *Proceedings*

- International Conference on Hydraulic and Environmental Modelling of Coastal, Estuary and River Water*, edited by R. A. Falconer, P. Goodwin, and R. G. S. Mathew, pp. 419–428, Gower Tech., Aldershot, U.K., 1989.
- Koren, B., A Robust upwind discretization for advection, diffusion and source terms, in *Numerical Methods for Advection-Diffusion Problems, Rep. Dep. Numer. Math. B93,40042*, Centrum voor Wiskunde en Informatica, Amsterdam, 1993.
- Kwadijk, J. C. J., The impact of climate change on the discharge of the River Rhine, Ph.D. thesis, Utrecht Univ., Utrecht, Netherlands, 1993.
- Lambert, J. D., *Numerical Methods for Ordinary Differential Systems: The Initial Value Problem*, John Wiley, Hoboken, N.J., 1991.
- Middelkoop, H., Embanked floodplains in the Netherlands. Geomorphological evolution over various time scales, Ph.D. thesis, Utrecht Univ., Utrecht, Netherlands, 1997.
- Middelkoop, H., K. Daamen, D. Gellens, W. Grabs, J. C. J. Kwadijk, H. Lang, B. W. A. H. Parmet, B. Schädlér, J. Schulla, and K. Wilke, Impact of climatic change on hydrological regimes and water resources management in the Rhine Basin, *Clim. Change*, 49, 105–128, 2001.
- Municipal Archive Nijmegen, Notes on February 21 and 27, 1805, *Inventory Number 48*, Archive of polder Rijk van Nijmegen, Nijmegen, Netherlands, 1805a.
- Municipal Archive Nijmegen, *Inventory Number 2562*, folio 167 verso-170 recto, Archive of polder Land van Maas en Waal Nijmegen, Nijmegen, Netherlands, 1805b.
- Municipal Archive Nijmegen, Notes on March 6 and 12, 1805, *Inventory Number 49*, Archive of polder Rijk van Nijmegen, Nijmegen, Netherlands, 1805c.
- Nash, J. E., and J. V. Sutcliffe, River flow forecasting through conceptual models. part I: A discussion of principles, *J. Hydrol.*, 10, 282–290, 1970.
- Paquier, A., and P. Farissier, Use of a 2-D model for simulating the flooding of a plain, in *Hydroinformatics '98*, edited by V. Babovic and L. C. Larsen, pp. 129–136, A. A. Balkema, Brookfield, Vt., 1998.
- Penning-Roswell, E. C., and S. M. Tunstall, Risk and resources: Defining and managing the floodplain, in *Floodplain Processes*, edited by M. G. Anderson, D. E. Walling, and P. D. Bates, pp. 493–533, John Wiley, Hoboken, N. J., 1996.
- Ploeger, B., Bouwen aan de Rijn. Menselijke ingrepen op de Rijn en zijn takken, Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat 56.20, Minist. van Verkeer en Waterstaat, 's-Gravenhage, Netherlands, 1992.
- Pons, L. J., De geologie, de bodemvorming en de waterstaatkundige ontwikkeling van het Land van Maas en Waal en een gedeelte van het Rijk van Nijmegen, Verslagen van Landbouwkundige Onderzoekingen 63.11, Ph.D. thesis, Univ. of Wageningen, 's-Gravenhage, Netherlands, 1957.
- Pourquié, M., Some classical non-linear schemes for advection, in *Numerical Methods for Advection-Diffusion Problems*, edited by C. B. Vreugdenhil and B. Koren, Vieweg, Braunschweig, Germany, 1993.
- Roberson, J. A., and C. T. Crowe, *Engineering Fluid Mechanics*, Houghton Mifflin, Boston, Mass., 1993.
- Stelling, G. S., On the construction of computational methods for the shallow water equations, Rijkswaterstaat communications 35, Rijkswaterstaat, Directie Waterhuishouding en Waterbeweging, 's-Gravenhage, Netherlands, 1984.
- Stelling, G. S., A numerical method for inundation simulations, in *Proceedings of the Seventh International Conference on Estuarine and Coastal Modelling*, edited by M. L. Spaulding, pp. 872–892, Am. Soc. of Civ. Eng., Reston, Va., 2002.
- Stelling, G. S., H. W. J. Kernkamp, and M. M. Laguzzi, Delft Flooding System: A powerful tool for inundation assessment based upon a positive flow simulation, in *Hydroinformatics '98*, edited by V. Babovic and L. C. Larsen, pp. 449–456, A. A. Balkema, Brookfield, Vt., 1998.
- Testa, G., A. Di Filippo, F. Ferrari, and D. Gatti, Two-dimensional model for flood simulation over flat dry areas with infrastructures, in *Hydroinformatics '98*, edited by V. Babovic and L. C. Larsen, pp. 231–238, A. A. Balkema, Brookfield, Vt., 1998.
- Thomkins, D. J., Kaart van den doorbraak te Weurt, voorgevallen in Februarij des Jaars 1805, inventory number 664, map collection of Hingman, General State Archive, 's-Gravenhage, Netherlands, 1805.
- Wilders, P., T. Van Steijn, G. S. Stelling, and G. A. Fokkema, A fully implicit splitting method for accurate tidal computations, *Int. J. Numer. Methods Eng.*, 26, 2707–2721, 1988.
- Wolters-Noordhoff Atlasproducties (Ed.), Topographical survey, 1950–1965, in *Grote Topografische Atlas van Nederland*, scale 1:50,000, Wolters-Noordhoff, Groningen, Netherlands, 1987.
- Wolters-Noordhoff Atlasproducties (Ed.), Topographical map of the Netherlands, in *Grote historische atlas van Nederland*, Wolters-Noordhoff, Groningen, Netherlands, 1990.
- Zagwijn, W. H., The paleogeographic evolution of the Netherlands during the Quaternary, *Geol. Mijnbouw*, 51, 369–385, 1974.

A. W. Hesselink, Ministry of Transport, Public Works and Water Management, Directorate-General of Public Works and Water Management, National Institute for Coastal and Marine Management, P.O. Box 8039, 4330 EA Middelburg, Netherlands. (a.w.hesselink@rikz.rws.minvenw.nl)

G. S. Stelling, Delft University of Technology, Faculty of Geosciences and Technology, P.O. Box 5048, 2600 GA Delft, Netherlands. (g.s.stelling@citg.tudelft.nl)

J. C. J. Kwadijk, WL|Delft Hydraulics, P.O. Box 177, 2600 MH Delft, Netherlands. (jaap.kwadijk@wldelft.nl)

H. Middelkoop, Department of Physical Geography, Faculty of Geographical Sciences, Utrecht University, P.O. Box 80.115, 3508 TC Utrecht, Netherlands. (h.middelkoop@geog.uu.nl)

**VERS UNE GESTION DURABLE DES RISQUES
D'INONDATION DANS LES BASSINS VERSANTS
DU RHIN ET DE LA MEUSE**

**PRINCIPAUX MESSAGES
DU PROGRAMME IRMA-SPONGE**

Vers une gestion durable des risques d'inondation dans les bassins versants du Rhin et de la Meuse

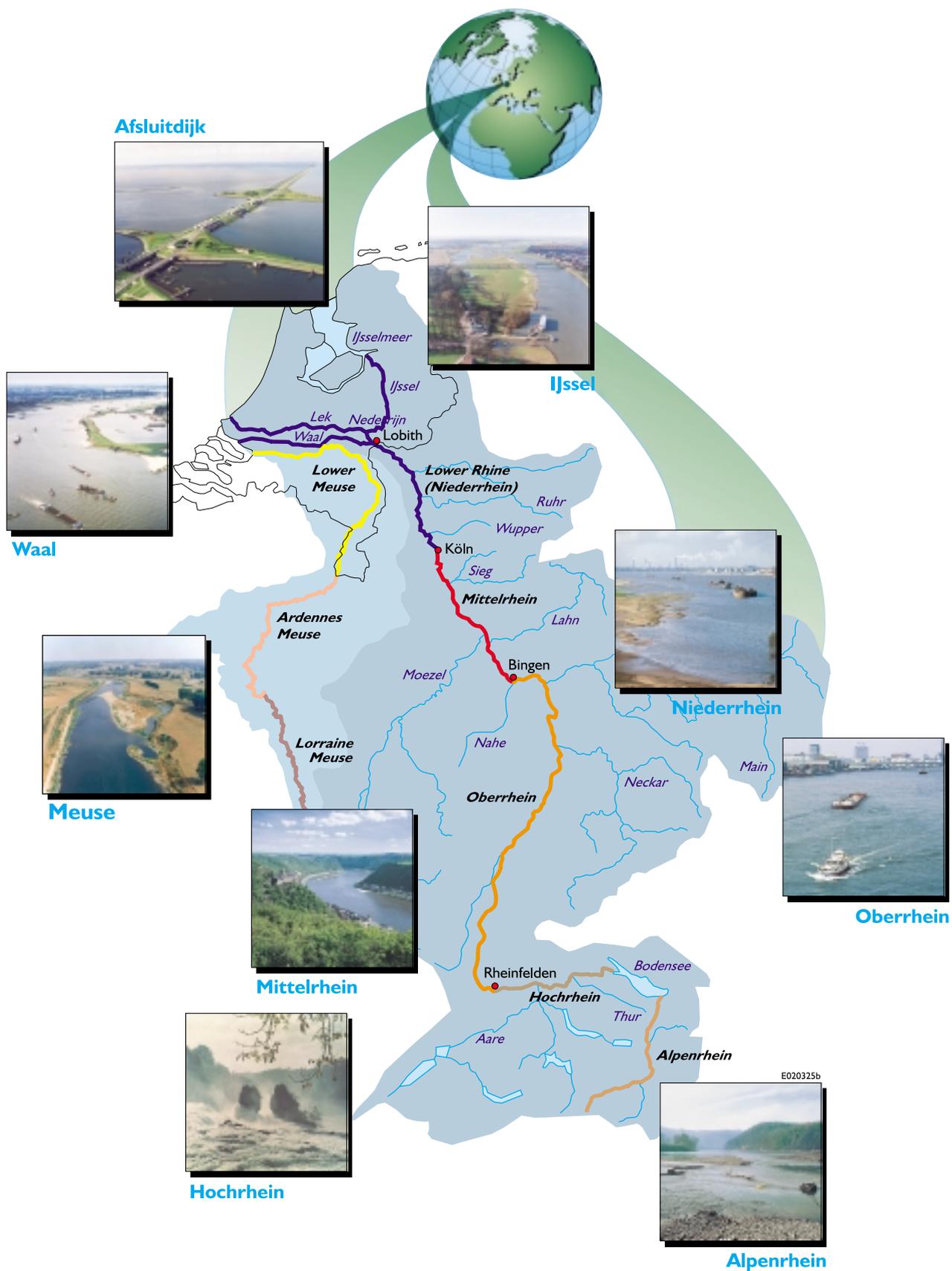
Principaux Messages du Programme IRMA-SPONGE

Aljosja Hooier, Frans Klijn, Jaap Kwadijk et Bas Pedroli
Editeurs

Contribution:
Ad van Os
les membres d'ISAC
les Participants des Projets IRMA-SPONGE



PRINCIPAUX MESSAGES DU PROGRAMME IRMA-SPONGE.....	1
1 INTRODUCTION : LE PROGRAMME IRMA-SPONGE	3
ORGANISATION DU PROGRAMME IRMA-SPONGE - LES BASES.....	3
OBJECTIF ET PORTÉE DU PROGRAMME IRMA-SPONGE - EXPLICATION DES CONCEPTS CLÉS.....	3
LE PRÉSENT RAPPORT	5
2 AMÉLIORER LA GESTION DES RISQUES D'INONDATION FLUVIALE.....	9
TENDANCES DES RISQUES D'INONDATION	9
L'APPROCHE ACTUELLE DE LA GESTION DES RISQUES D'INONDATION ET SES LACUNES	11
3 EFFICACITÉ DES MESURES DE RÉDUCTION DES RISQUES D'INONDATION	15
PRÉVENTION DES INONDATIONS : MESURES POUR LE BASSIN VERSANT	15
ATTÉNUATION DES CRUES : RÉTENTION ET CONTRÔLE DES CRUES EN AMONT DES COURS D'EAU.....	17
(P)RÉSERVATION D'ESPACE POUR LES COURS D'EAU	19
PRÉVENTION DES DOMMAGES.....	19
4 STRATÉGIES INTÉGRÉES DE GESTION DES RISQUES D'INONDATION.....	23
GESTION DES INCONNUES PAR LES STRATÉGIES DE RÉSILIENCE	23
COMBINAISON DE LA GESTION DES RISQUES D'INONDATION ET DE LA GESTION DU PATRIMOINE NATUREL	25
ÉVALUATION DE STRATÉGIES INTÉGRÉES DE GESTION DES RISQUES D'INONDATION	29
5 MISE EN ŒUVRE DES MESURES.....	33
TROUVER L'APPUI POUR UNE MESURE	33
L'IMPORTANCE DE LA COMPENSATION FINANCIÈRE.....	33
PRISE EN COMPTE DU RISQUE D'INONDATION DANS L'AMÉNAGEMENT DU TERRITOIRE : LE ZONAGE COMME MESURE RÉGULATRICE.....	35
COLLABORATION RÉGIONALE ET INSTITUTIONNELLE EN MATIÈRE DE GESTION DES RISQUES D'INONDATION.....	37
6 REMARQUES FINALES.....	39
INÉGALITÉS ET LACUNES AU NIVEAU DES CONNAISSANCES ET DES DONNÉES	39
ENSEIGNEMENTS TIRÉS	39
ANNEXES.....	42
RÉSUMÉS DE PROJETS METTANT L'ACCENT SUR LES ASPECTS 'RISQUES D'INONDATION ET HYDROLOGIE'.....	42
RÉSUMÉS DE PROJETS METTANT L'ACCENT SUR LES ASPECTS 'PROTECTION CONTRE LES INONDATIONS ET ÉCOLOGIE'	43
RÉSUMÉS DE PROJETS METTANT L'ACCENT SUR LES ASPECTS 'GESTION DES RISQUES D'INONDATION ET AMÉNAGEMENT DU TERRITOIRE'	44
GLOSSAIRE DE TERMES TECHNIQUES UTILISÉS DANS LE RAPPORT IRMA-SPONGE.....	45



Les bassins versants du Rhin et de la Meuse.

Principaux messages du Programme IRMA-SPONGE

*Vers une gestion durable des risques d'inondation dans les bassins versants du Rhin et de la Meuse
(Conclusions et recommandations basées sur les résultats de 13 projets de recherche menés dans 6 pays)*

A. Risques accrus d'inondations dans le futur

Conclusion : le risque d'inondation (défini comme résultant de la *probabilité d'inondation* et des *dommages potentiels* provoqués par les crues) le long des fleuves Rhin et Meuse devrait s'accroître de deux façons :

A. Les changements climatiques seront à l'origine d'une augmentation importante de la *probabilité* de crues extrêmes (comme le prévoient la majorité des scénarios de changements climatiques).

B. Les *dommages potentiels* provoqués par les inondations (le niveau des investissements dans les zones à risques) doublent tous les trente ans.

Par ailleurs, on assiste à une raréfaction rapide - due à l'urbanisation des rives des cours d'eau - de l'espace nécessaire et disponible pour mieux gérer les risques d'inondation à l'avenir ; cette raréfaction de l'espace nécessaire à la mise en œuvre de mesures de protection entraîne une augmentation du coût des solutions futures.

Recommandation : les stratégies et mesures liées à la gestion des risques d'inondation devraient être développées en anticipation des futurs pics d'écoulement d'eaux fluviales. Eu égard aux incertitudes demeurant, il convient de ménager de l'espace pour la prise ultérieure de mesures.

B. Les mesures de prévention contre les inondations prises en aval ne peuvent réduire que localement l'ampleur des inondations

Conclusion : la rétention d'eau par modification de l'occupation du sol peut s'avérer utile pour amorcer une baisse de la fréquence des grandes crues dans les petits bassins versants, voire une réduction du niveau des crues 'moyennes' dans les grands bassins versants. À l'échelle des bassins du Rhin et de la Meuse, ces mesures n'ont pas d'incidence significative sur les crues extrêmes se produisant en aval en raison des périodes de précipitation prolongées sur de vastes étendues. Les zones de rétention d'eau le long des lits de cours d'eau beaucoup plus en amont n'ont qu'une efficacité marginale à cet égard malgré l'impact non négligeable que peut avoir l'aménagement de zones de stockage des crues (pour la 'rétention maîtrisée').

Recommandation : les décideurs des régions se trouvant sur le cours inférieur du Rhin et de la Meuse ne devraient pas trop attendre des solutions adoptées par leurs homologues en amont mais se concentrer sur les mesures à prendre localement ou à proximité.

C. La stratégie la plus efficace de gestion des risques d'inondation est la prévention des dommages par le biais de l'aménagement territorial

Conclusion : les vallées fluviales et les zones alluviales seront toujours exposées à des risques d'inondation. Tant que les services publics chargés de gérer les risques d'inondation privilégieront la maîtrise du débit fluvial plutôt que la prévention des dommages, la prise en considération des risques d'inondation dans les politiques d'aménagement du territoire sera insuffisante, avec pour conséquence une augmentation du risque effectif et une banalisation du risque dans l'opinion publique. Sur le long terme, cette approche ne peut être qualifiée de durable. À ceci s'ajoute un autre fait important : dans les régions riveraines du cours inférieur du Rhin et de la Meuse, des vies peuvent être aujourd'hui sauvées grâce à l'amélioration des plans d'urgence et d'évacuation précoce. C'est pourquoi la gestion des risques d'inondation dans ces bassins est plus une affaire d'optimisation des coûts et avantages des mesures adoptées plutôt que de 'lutte contre les inondations'.

Recommandation : au regard des conclusions **A**) (augmentation du risque d'inondation) et **B**) (les mesures prises bien plus en amont ne peuvent prévenir les grandes crues en aval), il serait judicieux de modifier la stratégie de gestion des risques d'inondation dans les régions du cours inférieur des fleuves Rhin et Meuse. En prévision de l'évolution à venir et des incertitudes y étant nécessairement liées, la question des risques d'inondation devrait occuper une place plus importante dans la politique d'aménagement du territoire de toutes les zones concernées par les risques d'inondation (y compris les régions protégées par des digues), et l'opinion publique devrait être plus sensibilisée à ces questions. Il serait possible de s'appuyer sur un zonage des risques basé sur une cartographie des risques d'inondation. Condition préalable : (p)réserver des zones inondables (déplacement d'ouvrages tels que les digues, aménagement de 'rivières vertes', prévoir des zones de stockage des eaux de crues).

D. Les stratégies de gestion des risques d'inondation devraient s'inscrire dans un développement intégré des couloirs fluviaux

Conclusion : les mesures de gestion des risques d'inondation peuvent contribuer à la combinaison du développement économique et d'autres objectifs politiques comme la création d'une 'infrastructure écologique' et l'amélioration de la qualité de l'environnement paysager. Pour ce faire, il convient d'élaborer des stratégies complètes pour le développement souhaité pour l'ensemble des couloirs fluviaux concernés. Les solutions locales devraient respecter les exigences définies dans le cadre de telles stratégies tout en tenant compte des impératifs locaux. Bien sûr, de telles stratégies doivent bénéficier de l'appui total de leurs défenseurs. L'opposition de la population locale face aux mesures à prendre peut être réduite moyennant des campagnes d'information pertinentes, la prise de mesures compensatoires équitables et l'application judicieuse des réglementations.

Recommandation : il n'est pas judicieux de développer des stratégies isolées pour la gestion des risques d'inondation. Étant donné la rareté de l'espace disponible dans les bassins du Rhin et de la Meuse, l'objectif consiste à optimiser plus d'une fonction dans les zones exposées aux risques d'inondation. Du point de vue écologique, il importe également de créer et de maintenir une polyvalence dans l'occupation du sol longeant le cours des fleuves. Ceci exige une vision à long terme pour l'ensemble du bassin. Certains choix difficiles s'avèrent inévitables car il n'est pas toujours possible de parvenir à une solution 'tout bénéfique' satisfaisant à 100 % chacune des parties concernées.

Participants au Programme IRMA-SPONGE

Membres NCR		
<i>Abréviation</i>	<i>Organisation</i>	<i>Pays</i>
ALTERRA	Alterra	Pays-Bas
IHE	International Institute for Infrastructure and Environmental Engineering	Pays-Bas
KUN	Katholieke Universiteit Nijmegen (Université de Nimègue)	Pays-Bas
RWS-DON	Rijkswaterstaat - Directie Oost Nederland (Ministère néerlandais des Transports et des Travaux publics et de la Gestion des eaux - Direction régionale Est des Pays-Bas)	Pays-Bas
RWS-RIZA	Rijkswaterstaat - Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling (Ministère néerlandais des Transports et des Travaux publics et de la Gestion des eaux - Institut pour la gestion intégrée des eaux douces et le traitement des eaux usées)	Pays-Bas
TUD	Technische Universiteit Delft (IUT de Delft)	Pays-Bas
UU	Universiteit Utrecht (Université d'Utrecht)	Pays-Bas
WL	WL Delft Hydraulics	Pays-Bas
Autres participants		
	<i>Organisation</i>	<i>Pays</i>
BfG	Bundesanstalt für Gewässerkunde (Office hydrologique fédéral)	Allemagne
CC	Carthago Consultancy	Pays-Bas
CEREG	Centre d'Études et de Recherches Écogéographiques (Université de Strasbourg)	France
CHR	Commission internationale de l'Hydrologie du bassin du Rhin	France, Allemagne, Pays-Bas, Suisse
CRP	Centre de Recherche Public - Gabriël Lippmann	Luxembourg
DLR	Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (Centre allemand aérospatial)	Allemagne
EPFL	École Polytechnique Fédérale de Lausanne	Suisse
ICIS	International Centre for Integrative Studies (Université de Maastricht)	Pays-Bas
IfW	Institut für Wasserbau (Institut d'ingénierie hydraulique)	Allemagne
IvN	Instituut voor Natuurbehoud (Institut de conservation du patrimoine naturel)	Belgique
KNMI	Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut (Institut royal de météorologie des Pays-Bas)	Pays-Bas
PIK	Potsdam Institut für Klimafolgenforschung (Institut de Potsdam pour la recherche sur l'impact climatologique)	Allemagne
RA	Resource Analysis	Pays-Bas
TUD/WAR	Technische Universität Darmstadt / Wasserversorgung-, Abwassertechnik-, Abfalltechnik-, Umwelt- und Raumplanung (IUT de Darmstadt)	Allemagne
UB	Universität Bonn (Université de Bonn)	Allemagne
UBerne	Universität Bern (Université de Berne)	Suisse
UM	Université de Metz, Laboratoire de Phyto-écologie	France
VUB (ULB)	Vrije Universiteit Brussel / Université libre de Bruxelles	Belgique
Autres contributions		
	<i>Organisation</i>	<i>Pays</i>
BWG	Bundesamt für Wasser und Geologie (Institut fédéral hydrologique et géologique)	Allemagne
ETH	Eidgenössische Technische Hochschule (Université de Zurich)	Suisse
OVB	Organisatie ter Verbetering van de Binnenvisserij (Organisation pour l'amélioration des pêches en eau douce)	Pays-Bas
RIVO	Rijks Instituut voor Visserij Onderzoek (Institut de recherche sur la pêche)	Pays-Bas
Stroming	Bureau Stroming B.V.	Pays-Bas
UHo	Universität Hohenheim (Université de Hohenheim)	Allemagne
UKa	Universität Karlsruhe (Université de Karlsruhe)	Allemagne
URou	Université de Rouen	France
USt	Universität Stuttgart (Université de Stuttgart)	Allemagne
UTr	Universität Trier (Université de Trèves)	Allemagne
WUR	Wageningen University and Research centre (Université de Wageningen et Centre de recherche)	Pays-Bas
WWF	World Wildlife Fund - Observatoire des marécages	Allemagne

1 Introduction : le Programme IRMA-SPONGE

Organisation du Programme IRMA-SPONGE - les bases

Le Programme IRMA-SPONGE a pour but de contribuer au Thème 3 (Amélioration des connaissances et de la collaboration) du Plan commun d'action IRMA (Interreg Rhine Meuse Action). IRMA est un programme interrégional de type Interreg II-C initié par la Commission européenne et visant à réduire les risques d'inondation dans les bassins versants du Rhin et de la Meuse. Cinq États-membres de l'UE (Allemagne, Belgique (Flandre et Wallonie), Luxembourg, France et Pays-Bas) ont, en collaboration avec la Suisse, choisi de développer et de promouvoir conjointement de meilleures méthodes pour gérer durablement les risques d'inondation.

IRMA-SPONGE est un ensemble constitué par 13 projets innovants, cohérents et complémentaires dans lesquels collaborent plus de 30 instituts de tous les pays des bassins du Rhin et de la Meuse. La gestion du Programme IRMA-SPONGE a été confiée à NCR (the Netherlands Centre for River studies) dans le cadre duquel collaborent neuf universités et instituts de recherche (organismes gouvernementaux et privés). Dans sa tâche, NCR a bénéficié de l'appui d'un comité scientifique consultatif international (ISAC - International Scientific Advisory Committee).

Objectif et portée du Programme IRMA-SPONGE - explication des concepts clés

Comme le laisse sous-entendre le titre du présent rapport, le Programme IRMA-SPONGE visait à contribuer au développement de stratégies pour la gestion durable des risques d'inondation dans les bassins versants du Rhin et de la Meuse. Étant donné que les grands concepts auxquels il fait appel évoquent des significations différentes en fonction des personnes, il convient d'abord de les expliquer.

Que sont les inondations (ou crues) et comment sont-elles générées ?

Le présent rapport a trait aux phénomènes de montée des eaux susceptibles de provoquer des dommages en inondant des terres normalement 'asséchées'. L'accent est mis sur les inondations et crues de grande ampleur le long du cours moyen et inférieur des fleuves Rhin et Meuse. Il convient de mentionner que les résultats peuvent ne pas toujours s'appliquer aux niveaux de crues plus courants ni aux inondations plus en amont des bassins versants concernés.

La survenue d'un pic de crue (excepté dans le cas d'une rupture de digue) dépend essentiellement du mode de transformation des précipitations lors de leur écoulement dans les cours d'eau. Cinq facteurs sont déterminants pour savoir si des précipitations provoqueront ou non un pic de crue : 1) caractère d'averse orageuse, 2) conditions préalables à la chute de pluie (sols secs ou (déjà) détrempés) 3) mécanisme d'écoulement des eaux de pluie dans les cours d'eau, 4) taille et configuration du lit fluvial déterminant la propagation de la vague de la crue, 5) (pour les bassins importants) succession dans le temps de divers événements climatiques. Dans les petits bassins, il suffit d'un seul orage pour qu'une crue soit amorcée et que la pluie recouvre une région étendue. Dans les bassins plus vastes comme ceux du Rhin ou de la Meuse, les crues typiques résultent en revanche de précipitations pluvieuses prolongées (sur plusieurs jours voire plusieurs semaines) sur des vastes étendues géographiques. D'autres facteurs déterminent si la fonte des neiges contribue aux inondations : l'endroit et la quantité des accumulations de neige, et la période et le taux d'accroissement des températures.

Comment déterminer le risque d'inondation ?

La gestion des risques d'inondation a pour objet des événements rares caractérisés par une faible *probabilité*. L'effet de ces événements est mesuré à l'ampleur des *dommages* qu'ils provoquent. Ainsi pourrait-on définir le 'risque d'inondation' comme suit :

Groupement des projets du Programme IRMA-SPONGE selon leur thème principal*
[les numéros de projet et les organisations en charge du projet sont indiqués entre crochets]**

Recherche fondamentale en génération de crues et quantification des risques

- FRHYMAP : influence du climat passé et futur et des changements d'occupation du sol sur les inondations, déterminée à la faveur d'analyses hydro-climatologiques et d'une évaluation du risque socio-économique dans le bassin transfrontalier de l'Alzette. [projet 3, direction : CRP]

Recherche sur l'efficacité (et les effets connexes) de mesures spécifiques

- Le rajeunissement cyclique des plaines inondables : évaluation d'une méthode d'accroissement de la capacité d'écoulement comprenant un abaissement cyclique des plaines inondables, (re)construction des lits secondaires et restauration de la succession végétale [projet 7, direction : RWS-DON]
- La valeur des prés inondables : évaluation de la contribution des prés inondables dans la réduction du risque d'inondation et la rétention de nutriments [projet 8, direction : IHE]

Évaluation de méthodes d'amélioration du rôle de la planification d'intégration dans la gestion des risques d'inondation

- INTERMEUSE : évaluation de l'optimisation de la protection contre les inondations le long de la Meuse en combinaison avec la réhabilitation durable de l'écosystème des plaines inondables. [projet 9, direction : RIZA]
- Vivre avec les crues : conception et évaluation des stratégies de résilience pour la gestion des risques de crues et l'occupation multiple du sol dans le bassin du Rhin inférieur. [projet 10, direction : RIZA]
- Stratégies de gestion intégrée du Rhin et de la Meuse : série de stratégies FRM développées et évaluées à la lueur de scénarios probables [projet 2, direction : UU]
- Évaluation (de l'utilisation) d'instruments d'aménagement du territoire pour la gestion des risques d'inondation, par les pouvoirs publics européens, nationaux, régionaux et locaux [projet 5, direction : TUD/WAR]

Développement de l'appui à la prise de décisions (et à la recherche) : outils et méthodes

- DEFLOOD : méthode d'évaluation de l'effet hydrologique combiné des mesures de réduction des risques d'inondation locale sur la génération de crues dans des bassins versants complexes et étendus. [projet 1, direction : CHR]
- BIO-SAFE : méthode d'évaluation de l'impact des mesures sur les cibles de la politique de préservation de la nature, sur la base du statut des espèces caractéristiques des cours d'eau [projet 11, direction : KUN]
- DSS Large Rivers : système d'appui à la prise de décisions pour la planification des mesures de gestion des risques d'inondation – avec accent mis sur les zones de rétention et de stockage des eaux de crue sur le cours inférieur du Rhin. [projet 4, direction : RIZA]

Développement d'instruments de communication

- STORM-Rhine : outil de simulation interactif visant à améliorer la compréhension de la gestion des cours d'eau et des plaines inondables chez les décideurs politiques et parties intéressées [projet 13, direction : IHE]
- Directives pour les mesures de réhabilitation et la gestion des plaines inondables – en optimisant l'écologie et la sécurité [projet 6, direction : RIZA]
- FloRIJN : développement d'un système d'avertissement précoce des crues du Rhin, avec prévision à 4 jours à la frontière germano-néerlandaise. [projet 12, direction : RIZA]

* Pour plus d'informations sur la portée des projets : voir l'Annexe avec résumés de projets, et les résumés d'exécution de projet pour la description détaillée des projets.

** Plus de 2 organisations collaborant dans tous les projets.

Le risque d'inondation est l'équation résultant de la probabilité (de survenue d'inondations ou de crues) et des dommages (provoqués par celles-ci).

Il ne faut pas oublier non plus que la gestion du risque d'inondation comprend non seulement la minimisation du risque effectif mais a également trait à la 'perception du risque' - deux éléments n'étant pas toujours comparables ou proportionnels.

Comment gérer les risques d'inondation ?

L'objectif de la gestion des risques d'inondation pourrait être résumé comme suit : *minimiser le risque d'inondation en mettant en œuvre des mesures capables de réduire le risque de la façon la plus efficace possible.* Il résulte de cette définition que la gestion des risques d'inondation peut viser soit à réduire la probabilité d'inondation, soit à minimiser les dommages potentiels. Souvent, elle consiste en une combinaison de ces deux objectifs.

Que faut-il entendre par gestion durable des risques d'inondation ?

Il ne peut être véritablement question de stratégie durable de gestion des risques d'inondation que si A) elle garantit une sécurité suffisante pour le présent comme pour l'avenir, et si B) elle permet d'atteindre un équilibre acceptable entre les restrictions imposées par les mesures de réduction du risque d'inondation d'une part, et les conditions nécessaires au développement économique, social et environnemental des zones exposées aux risques d'inondation d'autre part. La stratégie 'idéale' de gestion durable des risques d'inondation n'est pas forcément identique pour chaque région : en effet, il existe non seulement des différences du point de vue physique, mais les régions sont également très diverses du point de vue culturel, économique et écologique. L'objectif du présent rapport n'est donc pas de présenter une nouvelle stratégie de gestion des risques d'inondation mais de montrer quelle peut être la voie pour en développer une.

Le présent rapport

Le Programme IRMA-SPONGE consistait en 13 projets de recherche liés. Les différents projets traitaient toute une gamme de sujets liés à la gestion des risques d'inondation dans les bassins versants du Rhin et de la Meuse. Plus de 50 scientifiques issus de diverses disciplines et de divers pays ont échangé des idées et se sont entretenus mutuellement et avec les décideurs sur les résultats des recherches. Sur la base des recherches faisant l'objet des divers projets, le programme a permis de formuler un point de vue commun sur la gestion des risques d'inondation dans les bassins du Rhin et de la Meuse et une vision cohérente sur la façon d'y apporter des améliorations. Ce bref résumé en fait la présentation.

La structure de rapport suivante a été retenue :

- Au *Chapitre 2* sont présentés les résultats les plus importants concernant l'urgence du **problème des risques d'inondation** et la pratique actuelle en matière de gestion des risques d'inondation dans les bassins du Rhin et de la Meuse.
- Les conclusions et recommandations concernant l'**efficacité des mesures alternatives** de réduction des risques d'inondation étudiée dans le Programme IRMA-SPONGE, sont énoncées au *Chapitre 3*.
- Le *Chapitre 4* traite du développement de stratégies de gestion des risques d'inondation.
- Les conclusions et recommandations concernant la **mise en œuvre** de mesures et stratégies possibles sont présentées au *Chapitre 5*.
- Enfin, certains **enseignements** concernant l'opportunité de mener à terme un programme de grande envergure, interdisciplinaire et international tel que le Programme IRMA-SPONGE, ainsi que les lacunes encore existantes, font l'objet du *Chapitre 6*.

La rédaction du présent rapport exprime bien le fait que IRMA-SPONGE résulte de plusieurs projets indépendants et qu'il constitue une plate-forme de communication et d'échange d'informations. Lorsque les conclusions et recommandations sont basées directement sur les résultats de projets individuels, l'indication en est donnée dans le numéro du projet. Toutefois, une grande partie du présent rapport traite de conclusions et recommandations basées sur les



La bifurcation du Rhin près Pannerdense Kop.

résultats ou expériences de la plupart des participants, et étant donc communément partagées et discutées dans le programme - pour ces conclusions et recommandations-là, aucun numéro n'est indiqué.

Tout ce que comprend le présent rapport, tel que les Annexes, sont de courts résumés des projets de recherche, et un glossaire comportant l'explication et la traduction (en anglais, néerlandais, français et allemand) de termes techniques. Des informations plus détaillées figurent dans d'autres publications, à savoir :

- Le résumé de l'exécution de projets individuels publiés simultanément au présent résumé du programme complet.
- Le résumé des résultats du projet 'Room for the Rhine' (De l'espace pour le Rhin), une autre source d'informations sur la gestion des risques d'inondation aux Pays-Bas que nous ne saurions trop recommander. Il est lié à un bon nombre des projets néerlandais entrant dans le cadre du Programme IRMA-SPONGE. Ce résumé est disponible auprès du NCR en langues anglaise, allemande et néerlandaise.



Inondations sur le cours inférieur du Rhin et de la Meuse (source : Ministère Néerlandais des transports, des travaux publics et de la gestion des eaux, projets IRMA-SPONGE)

2 Améliorer la gestion des risques d'inondation fluviale

Un certain nombre de développements ont récemment relancé le débat sur la question de savoir si les pratiques actuelles en matière de gestion des risques d'inondation dans les bassins du Rhin et de la Meuse sont durables au regard :

- des conséquences hydrologiques prévues face aux changements climatiques et à l'évolution de l'occupation des sols,
- de l'évolution économique et écologique dans les couloirs fluviaux, et
- des changements d'opinion sur des sujets tels que la sécurité et l'écologie.

Cette question constitue la base du Programme IRMA-SPONGE. Les projets entrant dans le cadre d'IRMA-SPONGE et qui considèrent des stratégies possibles de gestion des risques d'inondation se sont également intéressés, bien sûr, à la situation actuelle. À l'issue de cette comparaison, on conclut qu'une utilisation raisonnée et raisonnable de nos systèmes fluviaux exige une amélioration des pratiques en matière de gestion des risques d'inondation.

Tendances des risques d'inondation

Tendance concernant la fréquence des inondations

La fréquence à laquelle se produisent les inondations (en terme d'intervalles de récurrence) est généralement déterminée à partir d'une extrapolation statistique des séquences observées pour l'écoulement ou le niveau des eaux. Cette extrapolation n'est possible que si les facteurs provoquant les inondations sont restés stables pendant la période d'observation - en termes statistiques, ce concept est appelé 'stationnarité', et il n'est appliqué à l'analyse de la fréquence des crues que si des changements sont intervenus au niveau de l'occupation du sol, du climat ou de la morphologie de la rivière. Aussi est-il important de reconnaître l'existence d'une incertitude fondamentale dans toute prédiction de changement de la fréquence des inondations dû à une modification de l'occupation du sol ou aux changements climatiques. Néanmoins, on s'est aperçu que l'impact des changements climatiques sur la fréquence des crues semblait être important [2, 3]. Bien qu'il ait été démontré que les modifications d'occupation du sol pouvaient avoir un impact sur les crues dans les petits bassins, on a conclu que, pour les grands bassins versants, les futurs changements climatiques (conformément à la plupart des scénarios climatiques) auront un impact bien plus important que les mesures de réduction des risques d'inondation visant à palier au changement d'occupation du sol. Les modes de mise en évidence utilisés à cet égard ont été les suivants :

- *Évaluation de l'impact des changements climatiques passés et futurs sur les schémas de circulation atmosphérique et la répartition des précipitations.*
- *Analyse et élaboration de modèles sur l'effet des scénarios climatiques existants sur la future hydrologie du Rhin, avec accent particulier mis sur les crues.* La majorité des scénarios de changements climatiques pour les bassins du Rhin et de la Meuse indiquent que A) la température de l'atmosphère va augmenter, B) les précipitations hivernales seront plus importantes (alors que la pluie se fera plus rare en été) ce qui se traduira par des pics de crues plus importants partout, C) que les précipitations neigeuses tendront à prendre un caractère pluvieux dans les Alpes ce qui renforcera les crues dans le cours inférieur du bassin versant rhénan, étant donné que les pics de débit des cours d'eau descendant du massif alpin concorderont avec les pics des cours d'eau en Allemagne centrale .
- *Analyse et élaboration de modèles de l'effet des changements récents et projetés au niveau de l'occupation du sol et des changements climatiques sur les crues dans les petits bassins versants.* Il a été démontré, concernant le bassin de l'Alzette, que les modifications historiques des schémas de précipitations ont induit d'importantes modifications des pics de crues. Ceci va dans le sens des modèles hydrologiques valables pour d'autres bassins comme celui de la rivière Leine. Les effets des changements d'occupation du sol ont été jugés importants au niveau local du bassin.
- *Bibliographie sur les changements de l'écoulement des eaux au cours du siècle passé.*



Bases du Programme IRMA-SPONGE

Historique et portée du Programme IRMA-SPONGE

Les récentes inondations et les développements socio-économiques ont agi en faveur d'une prise de conscience de la nécessité d'une meilleure gestion des risques d'inondation le long du Rhin et de la Meuse. Pour y répondre, le Programme IRMA-SPONGE a intégré 13 projets de recherche auxquels ont collaboré plus de 30 organisations des 6 pays impliqués. Le Programme est financé en partie par le programme européen IRMA (INTERREG Rhine-Meuse Activities). Le but du Programme IRMA-SPONGE est défini comme suit : *“Le développement de méthodes et d'outils pour évaluer l'impact des mesures de réduction des risques d'inondation et de scénarios de changement dans l'occupation du sol et des changements climatiques. Ceci a pour but de venir en appui du processus d'aménagement du territoire en établissant des stratégies alternatives pour que les bassins versants du Rhin et de la Meuse fonctionnent de façon optimale du point de vue hydraulique, économique et écologique.”* D'autres objectifs importants sont la promotion de la collaboration transfrontalière dans la gestion des risques d'inondation par des organismes scientifiques et de gestion, et la promotion de la participation publique dans les questions relatives à la gestion des crues.

Pendant le déroulement du programme, les résultats du projet ont été évalués et présentés selon 3 **Axes** liés aux objectifs dans IRMA Thème 3, le premier étant le plus important :

- Efficacité et effets connexes des mesures de gestion des risques d'inondation - comment les déterminer et les compenser ?
- Science - quel est son rôle actuel et futur dans la gestion des risques d'inondation ?
- Collaboration transfrontalière dans la gestion des risques d'inondation - comment l'améliorer ?

Évolution des recommandations IRMA-SPONGE dans le présent résumé du Programme

Le Programme IRMA-SPONGE n'est pas un simple projet de recherche mais une structure pour la collaboration de 13 études dans le domaine de la gestion des risques d'inondation. De nombreux thèmes différents ont été étudiés sous des angles différents. Avoir autant de scientifiques collaborant sur un même thème permet d'identifier quelles recommandations seront les plus utiles et opportunes dans la pratique, tout en bénéficiant d'un large appui de la communauté scientifique. Toutefois, un processus de sélection précise et minutieuse, des discussions et des vérifications sont nécessaires pour y parvenir. Parmi plus de 200 conclusions et recommandations produites par les projets individuels, ceux présentés dans le présent aperçu ont été sélectionnés au cours des étapes suivantes :

1. Au départ, tous les projets avaient pour but de produire des résultats à partir desquels il serait possible de formuler des conclusions claires et des recommandations pratiques. L'idée de base du programme était que si les connaissances scientifiques existent en quantité importante, une trop grande partie de ces connaissances ne sont accessibles qu'à un groupe relativement restreint de spécialistes. L'accent du programme était donc mis sur l'intégration et l'application des résultats.
2. Les résultats des projets apparentés ont été débattus par *groupes scientifiques* faisant office de cadre directeur pour la formulation des principales conclusions et recommandations du présent rapport :
 - *Risque d'inondation et hydrologie* : les projets de ce groupe mettaient l'accent sur le mode de génération des inondations (processus, modèles), la prévisibilité des inondations (par exemple cartographie des risques de crues, système d'avertissement précoce) et les modifications de probabilité des crues (en raison des changements climatiques et de l'occupation du sol).
 - *Protection contre les inondations et écologie* : les projets de ce groupe traitaient des effets écologiques des changements apportés au système hydrographique afin de contrôler les crues.
 - *Gestion du risque d'inondation et aménagement du territoire* : les projets de ce groupe avaient trait aux interactions entre la gestion des risques d'inondation et l'aménagement du territoire, et sur le rôle de la sensibilisation de l'opinion publique et des styles appliqués pour y parvenir.

Les conclusions et recommandations des groupes scientifiques ont été débattues entre 120 participants (dont un bon nombre étaient des organisations chargées de la gestion de cours d'eau) lors de la Conférence finale IRMA-SPONGE qui s'est tenue à Bonn, et étudiées par le comité consultatif scientifique international (ISAC/International Scientific Advisory Committee) au sien duquel sont regroupés des experts des 6 pays riverains du Rhin et de la Meuse.

Tendance des dommages potentiels provoqués par les crues

En dépit des objectifs fixés dans le Plan d'action contre les inondations pour le Rhin (par la Commission rhénane internationale), il s'avère que les dommages économiques potentiels (total des investissements + production) des zones exposées à des risques d'inondation (y compris les zones protégées par des digues comme aux Pays-Bas) continueront de croître à un rythme proche de celui de la croissance économique moyenne, c'est-à-dire doublant plus ou moins tous les 30 ans. Ce problème semble même plus grave au vu de la conclusion selon laquelle minimiser les dommages potentiels des zones exposées aux risques d'inondation constitue souvent la mesure de gestion des risques d'inondation la moins onéreuse.



Tendance des futures options de prise de mesures opportunes en matière de gestion des risques d'inondation

Les risques d'inondation futurs augmentent également car les investissements actuels limitent les options s'offrant aux futurs responsables de l'aménagement du territoire - les terres nécessaires pour donner 'de l'espace aux cours d'eau' sont rendues irrémédiablement indisponibles par l'urbanisation. Même si aucun consensus n'existe encore sur la nécessité de prendre de telles mesures, il importe de garantir aux générations futures l'opportunité de réagir de façon appropriée face à l'accroissement de la fréquence et de l'ampleur des inondations.

L'approche actuelle de la gestion des risques d'inondation et ses lacunes

L'actuelle stratégie de gestion des risques d'inondation vise à fournir des niveaux de sécurité égaux pour toutes les zones protégées par digues, en maîtrisant totalement les inondations. Toutefois, l'effet indésirable est que tout écoulement d'eau supérieur au débit prévu est susceptible de provoquer une inondation partout : au lieu d'être totalement maîtrisé, le cours des événements devient alors *fondamentalement imprévisible*. Nombreux sont ceux à remettre en question cette gestion 'maîtrisée' des risques d'inondation : certains trouvent qu'elle ne peut être soutenue du point de vue écologique, d'autres lui reprochent d'être trop onéreuse. Si ces points de vue divergents avaient plus d'influence, la stratégie de gestion des risques d'inondation résulterait soit A) en l'acceptation de risques accrus (basée sur l'équilibre financier entre coût et profit) soit B) en plus de résilience et d'adaptabilité à l'avenir.



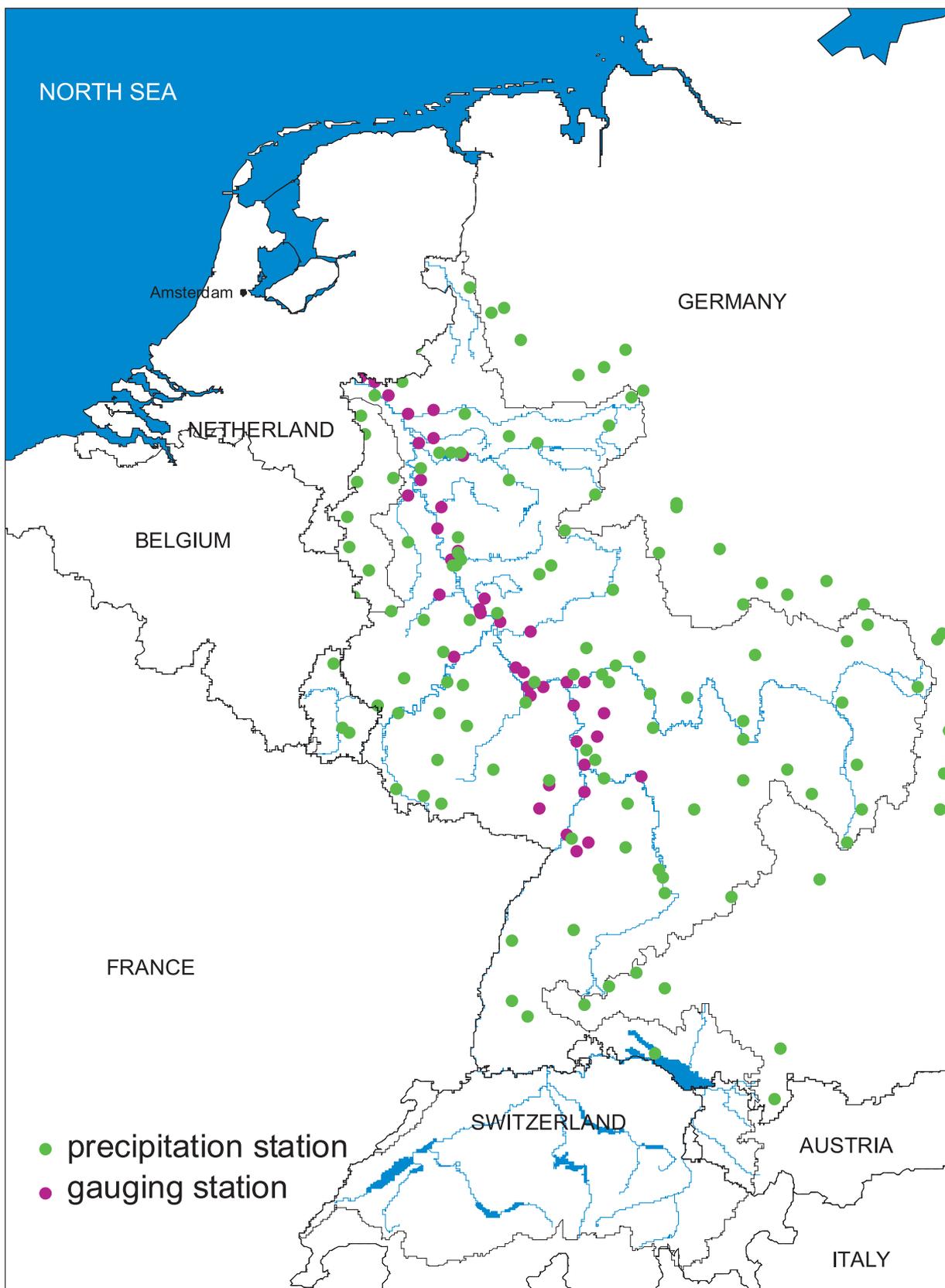
L'insuffisance d'aménagement du territoire et de réglementation des investissements conduit à un risque accru

Le sentiment de sécurité créé par la stratégie de contrôle total des crues se traduit par un manque de prise de conscience - parmi les responsables de l'aménagement du territoire et la population en général - quant aux implications du risque d'inondation pour les investissements. En conséquence, on continue d'investir (dans l'intensification de l'urbanisation et d'autres types d'occupation du sol) dans les zones exposées à des risques d'inondation - en particulier dans les zones protégées par des digues. Non seulement ceci contribue à accroître le risque d'inondation (dont on a vu qu'il résulte à la fois de la probabilité d'inondation mais aussi des dommages potentiels) et réduit rapidement et souvent irrémédiablement l'espace disponible pour la mise en œuvre de mesures 'résilientes' de gestion des risques d'inondation, comme la compartimentation pour la rétention ou les 'rivières vertes'. Ceci limite les possibilités de développement ultérieur d'une stratégie de gestion durable des risques d'inondation pour tout le cours inférieur du Rhin. La situation est similaire sur le cours inférieur de la Meuse.



Plus d'appui pour les stratégies alternatives de gestion des risques d'inondation

Les stratégies dites 'résilientes' bénéficient d'un appui de plus en plus important parmi les professeurs et les décideurs ; un certain nombre d'avantages évidents par rapport à la stratégie actuelle de protection contre les inondations, sont désormais reconnus. Toutefois, le passage des stratégies de 'contrôle total des crues' à des stratégies 'résilientes' requiert également un appui fort des responsables locaux et régionaux éventuellement appelés à les mettre en œuvre ; or, l'obtention de tels appuis exige le déploiement d'efforts considérables. Lors de la présentation des alternatives aux stratégies actuelles, il convient d'insister sur le fait que :



Les stations de la modèle de prédiction du Rhin.

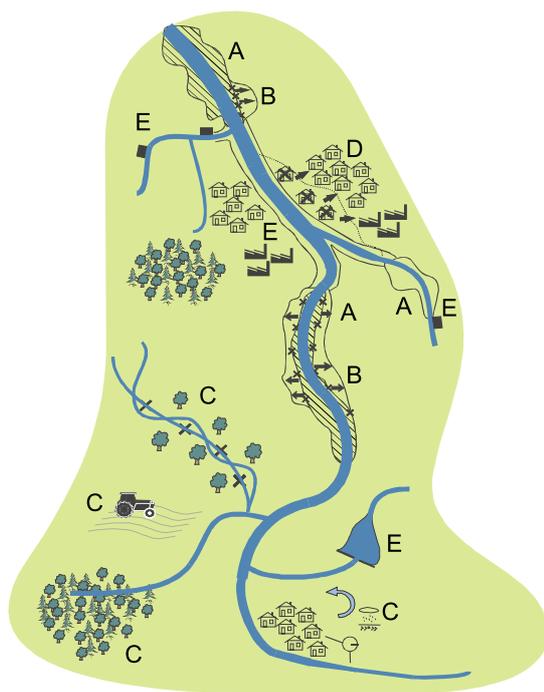
1. Au cœur de *toute* stratégie future de gestion des risques d'inondation se trouvent le contrôle des crues, et une protection maximale contre les inondations pour la plupart des zones. Un risque d'inondation accru n'est tolérable que dans certaines zones.
2. L'espace nécessaire à la mise en œuvre des mesures résilientes n'échappe pas de façon permanente à l'utilisation par l'homme ou à d'autres finalités (par exemple écologique), car il n'est requis *que de façon temporaire et/ou occasionnelle* pour le stockage ou l'écoulement des eaux des crues.



Les inondations ne constituent plus un danger pour la vie humaine sur le cours inférieur du Rhin et de la Meuse

Bientôt, le temps nécessaire pour prévoir une crue du Rhin sera de 4 jours à la frontière germano-néerlandaise, et les prévisions devraient être assez précises. On devrait bientôt pouvoir encore les améliorer ; de la même façon, une amélioration considérable du délai de prévision des crues de la Meuse est également possible (de 12 à 36 heures). Ce fait est important car il signifie que si des incertitudes subsisteront toujours concernant la probabilité des crues, il est désormais clair qu'on est en mesure de sauver les vies potentiellement exposées, et ce quelles que soient les circonstances. La gestion des risques d'inondation sur le cours inférieur des fleuves ne doit donc plus être considérée comme une 'lutte inégale contre les crues', comme ce fut le cas dans le passé et c'est encore parfois le cas aujourd'hui. Ceci faciliterait le passage difficile mais rationnel à des stratégies 'résilientes' requérant l'acceptation de l'inondabilité de certaines zones inhabitées.

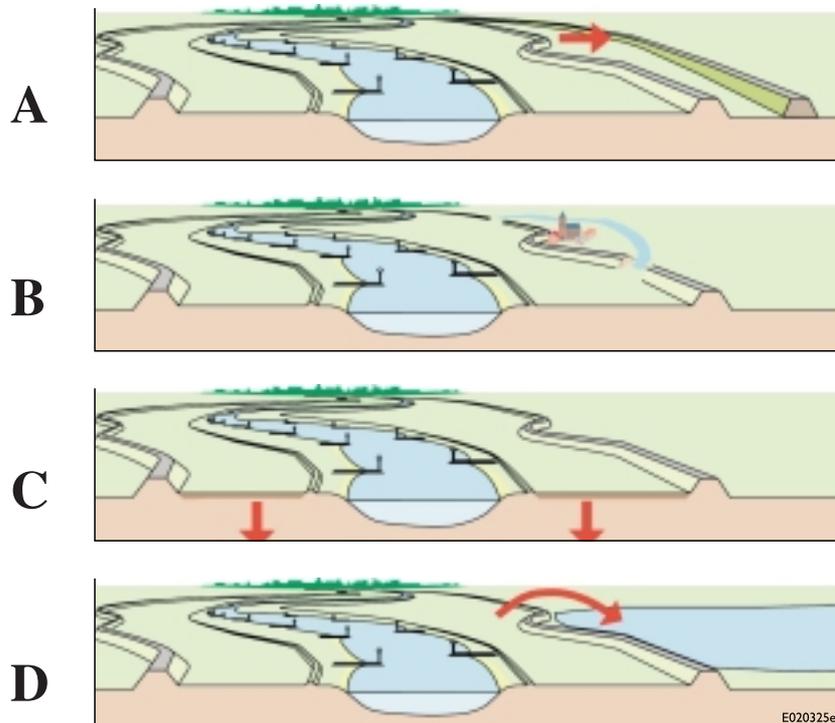




focuses of spatial planning

- A Protection of existing retention areas**
- B Extension of retention areas**
 - backward relocation of dikes
 - creating detention ponds
 - restoration of large streams
 - floodplain scrapes/deepening of retention areas
- C Retention in the catchment**
 - rainwater storage and greywater use
 - restriction of sealed surfaces
 - reduction of interflow on agricultural and forestry land
 - restoration of small streams
- D Minimisation of damage potential**
 - preventive land use management
 - precautionary measures of construction
 - information of the public
 - improvement of public awareness
 - prediction and warning of floods
 - disaster prevention/control
- E Technical flood protection measures**
 - dikes
 - flood protection walls
 - retention ponds
 - river dams, barrages

Illustration d'emplacement typique de mesures de gestion des risques d'inondation dans un bassin versant. (Tirée du Projet 5).



Certaines mesures en faveur de 'l'espace pour les cours d'eau' mises en pratique ou envisagées sur le cours inférieur du Rhin : (A) déplacement de digues, (B) passages pour eaux de crues ou 'rivières vertes', (C) abaissement des plaines inondables, (D) zones de stockage des crues.

3 Efficacité des mesures de réduction des risques d'inondation

Types de mesures de gestion des risques d'inondation étudiés par IRMA-SPONGE

On peut distinguer cinq types de mesures de gestion des risques d'inondation :

1. Mesures préventives visant à éviter les crues : gestion de l'occupation du sol dans le bassin versant en amont.
2. Mesures préventives visant à réduire les risques d'inondation : contrôle des crues, rétention, aménagement territorial et sensibilisation.
3. Mesures préparatoires : prévisions et avertissement de l'imminence des crues et mise en œuvre de plans d'urgence.
4. Mesures en cours de crues : mise en place de cellules de crises, évacuation et protection par les services d'urgence locaux.
5. Mesures ultérieures aux crues : prise en charge, compensation et assurance.

La majorité des recherches au sein du Programme IRMA-SPONGE avait trait aux mesures préventives de gestion des risques d'inondation, ce qui explique que l'accent de l'évaluation est mis sur la stratégie 'préventive' (types 1 et 2). Au sein de ce type général de stratégies, on distingue quatre catégories de mesures (et d'instruments politiques) :

- Mesures/instruments techniques (bassins de rétention, digues, etc.).
- Mesures/instruments réglementaires (zonage, instruments légaux).
- Mesures/instruments financiers (partages des charges, aides, compensations financières, assurances).
- Mesures/instruments de communication (DSS, jeux, jeux de rôle, brochures, etc.).

De façon générale, l'application d'une mesure faisant partie d'une de ces catégories n'est efficace que si elle est au moins combinée à des mesures d'une ou de toutes les autres catégories. L'*équilibre de la combinaison des mesures* est un aspect essentiel de la '*gestion intégrée*'. La conception de la politique choisie doit donc s'appuyer sur des recherches quant à l'efficacité de la combinaison des mesures envisagées.

Étant donné que le risque d'inondation résulte à la fois de la probabilité (fréquence) des crues et des dommages potentiels qu'elles engendrent, la gestion des risques d'inondation peut viser la réduction à la fois de la probabilité et des dommages potentiels - ce qui correspond en fait à deux types très différents de mesures.

Prévention des inondations : mesures pour le bassin versant

Il est souvent dit que le meilleur moyen de résoudre un problème est de le résoudre à la source et, en théorie, ceci vaut également pour la gestion des risques d'inondation. C'est pourquoi les responsables de la gestion des risques d'inondation ont tendance à regarder ce qui se passe en amont pour voir comment prévenir les inondations. Ces mesures de bassin versant ont également été étudiées dans le cadre du Programme IRMA-SPONGE, mais elles se sont avérées inefficaces pour prévenir les grandes crues des grands bassins versants.

L'occupation qui est faite du sol se modifie du fait de l'urbanisation et de la déforestation qui ont des effets notoirement néfastes sur les grandes crues, les faibles débits et la qualité des cours d'eau. Ces effets sont flagrants dans les petits bassins (des cours amont). Aussi a-t-on défendu une mesure consistant à inverser la tendance en augmentant la quantité d'eau de pluie s'infiltrant dans les sols afin de réduire l'écoulement superficiel du bassin versant en amont. Cette approche, lorsqu'elle est mise en œuvre sur une large partie d'un bassin, peut s'avérer efficace pour améliorer les débits de base et réduire les pics de crue moyens à l'échelle locale, voire régionale, d'un bassin ['Room for the Rhine']. Toutefois, ses effets sur les pics de crue extrêmes sont limités, même pour les petits bassins versants, et dépendent fortement du type de précipitation (de convection ou d'advection) et de la situation antérieure.



Portée des 13 projets de recherche dans le Programme IRMA-SPONGE

Domaine de recherche	Scénarii et mesures			Critères dévaluation				Évaluation du risque	Support décisionnel & sensibilisation											
	Changements climatiques	Zones de stockage des crues	Élargissement du lit majeur	Abaissement de plaine inondable	Rehabilitation des marécages	Options d'occupation du sol	Mesures diverses			Fonctions hydrauliques	Fonctions écologiques	Fonctions socio-économiques	Durabilité	Données fixes	Critères divers	Méthodes d'évaluation	Cartographie GIS-DTM	Cartographie des risques	Développement de DSS	Gestion de l'information
1	DEFLOOD - mesures de réduction des crues et crues de référence																			
2	Stratégies de gestion intégrée pour le Rhin et la Meuse																			
3	FRHYMAP : cartographie hydrologique et des risques de crue																			
4	DSS-LARGE RIVERS - outil pour mesures d'évaluation																			
5	Instruments d'amélioration de l'aménagement du territoire pour la gestion des risques de crue																			
6	Directives pour la mise en œuvre de mesures écologiques le long des cours d'eau																			
7	Rajeunissement cyclique des plaines inondables																			
8	Valeur ajoutée des marécages - réduction des crues et qualité de l'eau																			
9	INTERMEUSE - aménagement du territoire intégré pour la Meuse																			
10	Vivre avec les crues : stratégies de résilience pour la gestion des risques d'inondation																			
11	BIO-SAFE - outil d'évaluation de l'impact des mesures sur la biodiversité																			
12	FloRIJN - amélioration du système de prévision des crues du Rhin																			
13	STORM-Rhine - jeu de rôle pour la gestion transfrontalière des cours d'eau																			

Couverture de l'évaluation des scénarii & mesures au sein du Programme IRMA-SPONGE

Domaine d'étude :	Rhin supérieur	Rhin moyen, Moselle	Rhin inférieur (D)	Rhin inférieur (NL)	Bassin rhénan	Affluent Meuse	Meuse - Wallonie	Bassin de la Meuse
Cartographie des risques de crues								
Changements climatiques								
Options de contrôle des crues								
Marécages								
Élargissement du lit majeur								

En outre, il n'a pu être prouvé que 'l'inversion' du changement d'occupation du sol sur une partie du bassin pouvait avoir un effet notable sur les crues au niveau des principaux lits fluviaux du Rhin et de la Meuse. Ceci concorde avec les résultats d'autres études hydrologiques. Deux faits principaux peuvent expliquer cet effet limité de la gestion du bassin versant en amont sur les crues extrêmes en aval :



- *Il existe un lien direct entre l'effet des changements d'occupation du sol sur les débits des cours d'eau et la fraction du bassin versant où s'opèrent lesdits changements.* Des mesures ponctuelles comme l'amélioration de la gestion des eaux urbaines (visant à favoriser l'infiltration) n'ont d'effet qu'à petite échelle et ne sont donc jamais très efficaces pour les bassins versants étendus.
- *L'inversion du changement d'occupation du sol ne peut induire une inversion des changements hydrologiques dans une période exploitable par la gestion des risques d'inondation.* Par exemple, la déforestation de bassins à caractère forestier dense peut se traduire par des débits annuels plus importants et par des crues elles aussi plus conséquentes. Toutefois, après reforestation, il faut attendre des décennies voire des siècles avant que la forêt et la structure du sol arrivent à maturité et que la situation hydrologique initiale soit rétablie.

On en conclut que les crues extrêmes des fleuves Rhin et Meuse ne peuvent être réduites de façon sensible par la prise de mesures pour l'ensemble du bassin versant. En conséquence, la gestion des risques d'inondation le long de du cours inférieur du Rhin et de la Meuse ne devrait pas reposer sur de telles mesures - même si leur mise en œuvre était certaine. Aussi convient-il de réaliser que les effets des changements climatiques sur les crues ne peuvent être compensés à long terme par les changements d'utilisation, étant donné que l'influence des changements climatiques (si l'on en croit les projections actuelles) sur les grandes inondations est bien plus importante que celle des mesures liées aux changements d'occupation du sol.



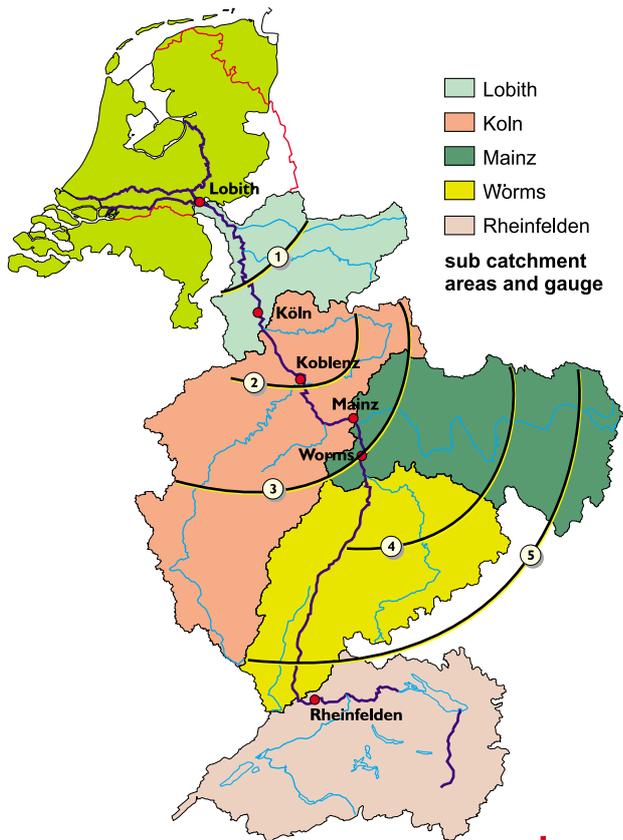
Atténuation des crues : rétention et contrôle des crues en amont des cours d'eau

Une autre mesure souvent envisagée est le développement et l'extension des zones de rétention, bien en amont du tronçon fluvial où les débits doivent être réduits. La rétention des eaux fluviales, par stockage graduel lors de la montée des eaux, se traduit par une atténuation des crues: si le débit du cours d'eau en crue est réduit, c'est en revanche la durée totale de la crue qui est rallongée. D'aucuns suggèrent qu'il serait possible de généraliser cette mesure en accroissant la capacité de rétention des marécages, mais il a été montré que la zone disponible pour la réalisation de cette mesure le long du Rhin ne pouvait contribuer notablement qu'à l'atténuation des pics de crue moyens et non pas à celle des crues extrêmes ou des inondations prolongées.

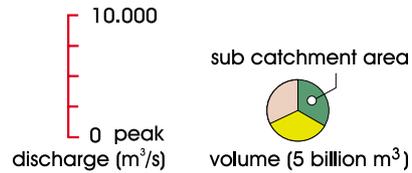


Ce qui est vrai concernant les zones de rétention le long du lit des cours d'eau où le débit n'est pas contrôlé, vaut en moindre mesure aussi pour les zones de rétention avec accès maîtrisé des eaux de crues dans le but de stocker les eaux fluviales uniquement lorsque le niveau des eaux est au plus haut. Les zones de stockage des crues très en amont le long du Rhin ne sont pas d'une grande efficacité dans l'abaissement des crues extrêmes menaçant les zones plus en aval comme la Rhénanie du Nord-Westphalie en Allemagne et les Pays-Bas. Ceci s'explique par les facteurs suivants :

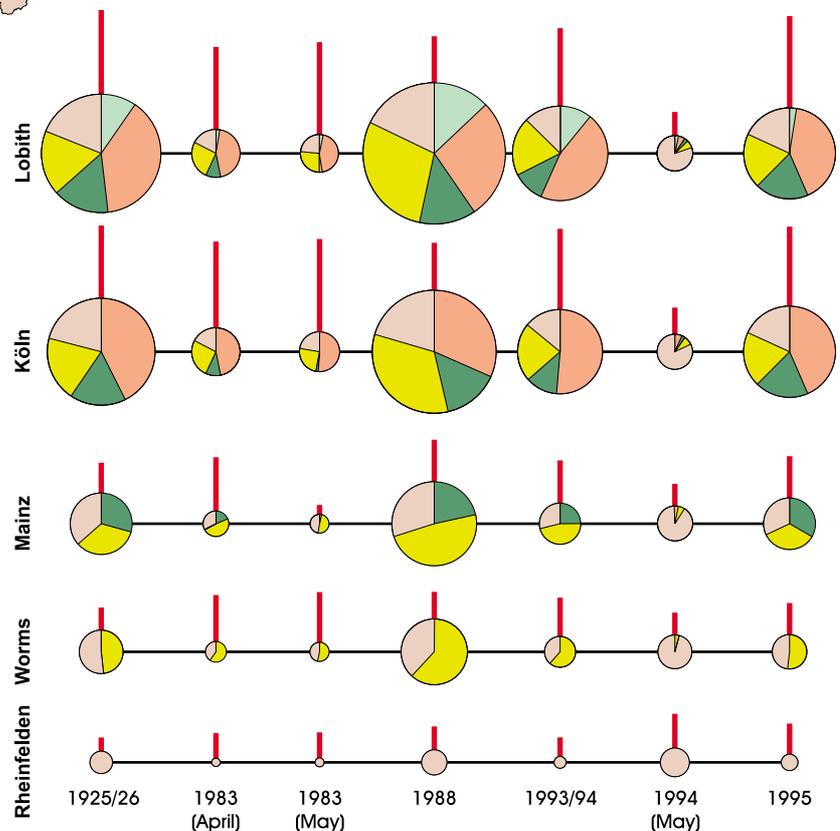
- L'étalement dans le temps des eaux de crues provenant des affluents du fleuve principal est très complexe. Contrairement à ce que l'on serait naturellement porté à croire, l'atténuation d'un fort débit au niveau d'un affluent a tendance à entraîner un pic de crue en aval du fleuve principal et non pas l'inverse.
- Le volume de stockage disponible dans les zones de rétention peut être utilisé avec plus d'efficacité pour 'l'écrêtement des crues' - c'est-à-dire lorsqu'elles sont remplies en période de pleine crue et non pas en phase d'amorce de crue. Toutefois, la réduction du risque d'inondation au plan local peut exiger un planning d'utilisation du potentiel de stockage différent de celui valable lorsque l'objectif consiste à parvenir à une réduction optimale du risque d'inondation en aval. En fait, il est difficile de faire l'impasse sur la prévalence des intérêts locaux, même si la communication et la collaboration des divers organismes intervenants dans les différentes régions sont satisfaisantes.



Carte du bassin du Rhin avec temps de déplacement des crues à la frontière germano-néerlandaise. Indication des contributions aux crues en divers endroits du bassin hydrographique rhénan (Résultat de 'Room for the Rhine/De l'espace pour le Rhin'). Une nouvelle version améliorée du système de prévision précoce des crues permettra de prévoir les crues 4 jours à l'avance aux Pays-Bas. (Résultat du Projet 12).



EO20325c



La conclusion concernant les zones de rétention et de stockage des crues est que plus elles se situent en amont, moins elles sont susceptibles de contribuer à la réduction des crues extrêmes survenant sur le cours inférieur de Rhin et de la Meuse. Toutefois, il convient de noter que les zones de stockage des crues sont généralement plus efficaces que les zones de rétention pour lutter contre les crues. Bien sûr, les zones de rétention et de stockage des crues jouent souvent un rôle dans la gestion de la nature, ce qui peut conduire à d'autres considérations.

(P)réservation d'espace pour les cours d'eau

Les mesures dites en faveur de 'l'espace pour les cours d'eau' accroissent la largeur de l'espace occupé par les cours d'eau en période de crue, en créant de l'espace supplémentaire pour le stockage et l'écoulement dans les parties de plaines alluviales normalement protégées par des digues. Ces mesures contribuent à l'accroissement de la capacité d'écoulement, à l'atténuation des gros débits ou à l'écrêtement des crues'. Les options principales sont :

1. Relocalisation des digues - élargissement des plaines inondables non protégées.
2. Création de passages pour eaux de crue, avec ou sans lit permanent ('rivières dites vertes').
3. Création de zones de stockage des crues à l'arrière des digues actuelles - de telles zones permettent de disposer d'un potentiel de stockage contrôlé pour les eaux de crue. Voilà ce que sous-entend la notion 'd'espace pour les cours d'eau' bien qu'il n'y soit activement fait recours que dans les situations d'urgence.
4. Rajeunissement cyclique des plaines inondables - cette mesure prévoit l'excavation périodique de parties de plaines inondables, après laquelle la dynamique naturelle du fleuve et la succession de la végétation sont rendues possibles pour plusieurs dizaines d'années. Cette option n'accroît pas latéralement l'espace réservé aux cours d'eau mais elle est souvent envisagée en combinaison avec les mesures précitées.

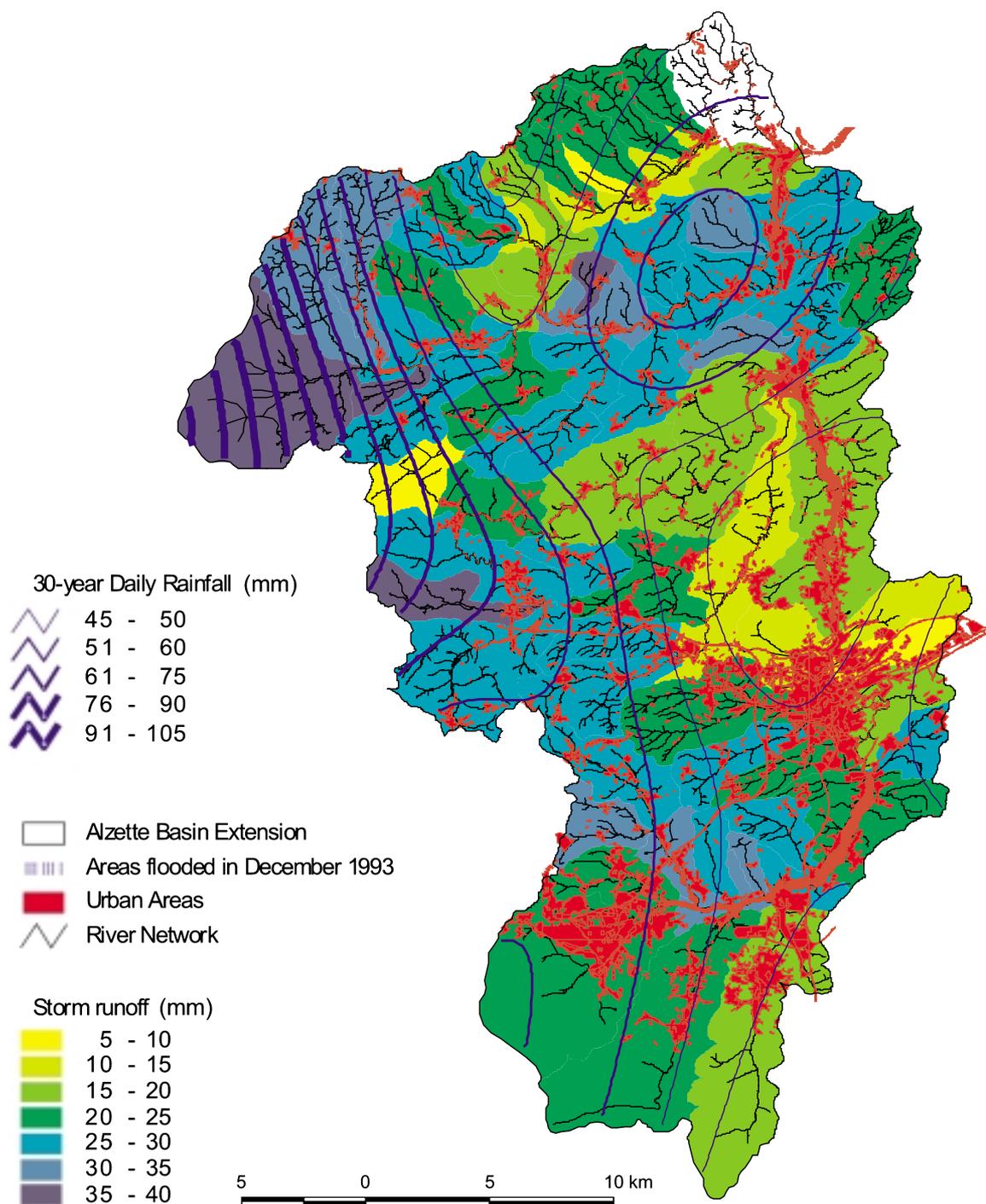
Les mesures en faveur de 'l'espace pour les cours d'eau' sont très différentes dans leur portée et leurs effets ; elles ont cependant toutes en commun l'accroissement de capacité de stockage ou d'écoulement des eaux de crue près des zones à risques. Prises plus en amont, ces mesures ont un certain effet sur l'étalement dans le temps de tout le volume des eaux de crue, mais seulement un impact mineur sur le niveau des pics de crue. Prises en aval, sur le cours inférieur du Rhin et de la Meuse, elles peuvent toutefois s'avérer efficaces. Par exemple : il a été montré que l'aménagement de zones de stockage des crues et le déplacement de digues (dans le but d'accroître une possibilité de rétention) sur 11 sites proposés dans la seule Rhénanie du Nord-Westphalie, pouvait théoriquement faire baisser les niveaux d'eaux pendant les périodes de crue extrême (avec une probabilité annuelle de 1/1250) du fleuve avec un maximum de 10 cm. D'autres études ont démontré des réductions possibles du niveau des crues de l'ordre de 30 cm en conséquence d'une combinaison de mesures de déplacement de digues et de rajeunissement cyclique ['Room for the Rhine'].



Bien que les mesures 'd'espace pour les cours d'eau' soient efficaces et techniquement réalisables, il est clair qu'elles rencontreront une certaine résistance dès qu'il sera sérieusement envisagé de les mettre en œuvre. Ceci est particulièrement vrai en ce qui concerne les mesures requérant plus d'espace latéral, étant donné qu'elles impliquent l'inondation sporadique de zones inhabitées. La mise en œuvre de telles mesures exige des modifications majeures des politiques d'aménagement du territoire et ne sont économiquement viables que si les coûts et les avantages de la gestion des risques d'inondation sont envisagés sur le très long terme (plusieurs décennies). Toutefois, elles se révèlent nettement avantageuses lorsqu'elles sont envisagées comme s'inscrivant dans une stratégie de développement intégré du lit fluvial visant à optimiser plus d'une fonction, étant donné qu'elles présentent de bonnes possibilités de restauration naturelle et d'aménagement paysager.

Prévention des dommages

Qu'il soit décidé ou non d'adopter une stratégie 'd'espace pour les cours d'eau', il est nécessaire de réduire les dommages potentiels dans les zones occasionnellement ou potentiellement inondables. De fait, la prévention des dommages s'est avérée la mesure de gestion des risques d'inondation la moins onéreuse. Elle peut être appliquée à l'échelle locale et régionale dans les plaines inondables et les zones protégées par digues, en tout endroit des bassins du Rhin et de



Carte des précipitations maximales quotidiennes sur une période de 30 ans et pics de débit correspondants pour le bassin transfrontalier de l'Alzette (France, Luxembourg et Belgique). Ce type de carte permet de comprendre dans quelles zones les crues se produisent et quelles zones sont exposées à des risques d'inondation. (Résultat du Projet 3, FRHYMAP).

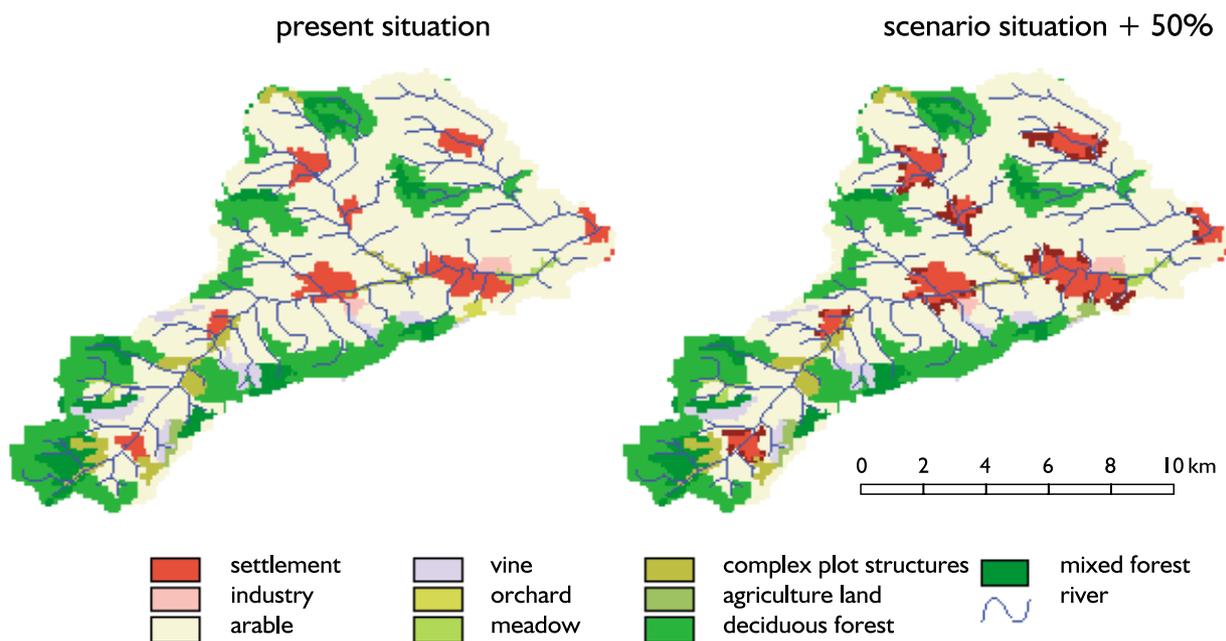
la Meuse. Actuellement, la prévention des dommages est insuffisamment pratiquée dans la plupart des bassins hydrographiques du Rhin et de la Meuse et les dommages économiques potentiels dans les vallées fluviales et les zones protégées par digues continuent donc de croître.



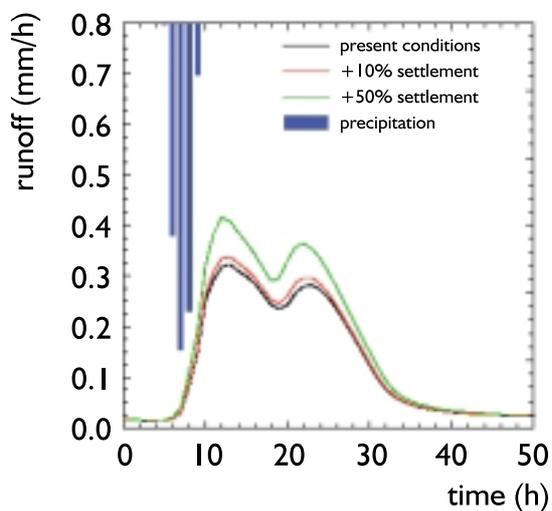
Utiliser les instruments d'aménagement du territoire pour la gestion des risques d'inondation: réglementations et zonage des dangers

Une raison importante du manque d'effort entrepris pour réduire les dommages potentiels dans les zones exposées à des risques d'inondation est le fait que la plupart des pays du bassin rhénan disposent certes d'instruments utiles en matière d'aménagement du territoire au plan local mais que leur contribution effective à la prévention des dommages causés par les inondations est insuffisante. Les instruments existants sont rarement utilisés à bon escient par les pouvoirs publics locaux pour garantir la limitation des investissements dans des zones exposées aux risques d'inondation. Une grande part du problème s'explique par le déficit de prise de conscience quant à la nature exacte de ces zones - aussi peut-il s'avérer intéressant de recourir à des moyens visuels tels que des cartes représentant les zones menacées par un risque d'inondation. De telles cartes constituent des instruments simples et efficaces pour la communication et l'aménagement du territoire. Dans les vallées fluviales dites 'ouvertes', les zones à risque peuvent être déterminées sur la base des données disponibles sur la fréquence des crues ; dans les zones protégées par digues, une différenciation des normes de sécurité pourrait se traduire par la définition de 'zones de sécurité' auxquelles serait conférée une fonction similaire dans la politique d'aménagement du territoire. Pour bien catégoriser les zones à risque, il convient d'abord de comprendre le régime des crues : notamment la probabilité d'inondation, la profondeur et la vitesse sont des facteurs importants, mais la durée et l'étalement dans le temps peuvent aussi avoir un effet sur l'ampleur des dommages occasionnés. Bien qu'il soit possible d'établir une cartographie des profondeurs en utilisant des modèles numériques du terrain et en exploitant les données sur les niveaux d'eau enregistrés, ces cartes pêcheront par leur imprécision, sauf en cas d'utilisation de modèles 2D à partir des schémas d'inondations existants ('simulations d'inondations'). La modélisation des inondations des zones protégées par digues exige des moyens particulièrement sophistiqués et des données très précises. C'est pourquoi seules quelques-unes des cartes existantes (et ne concernant que des zones limitées) peuvent être utilisées comme base pour l'aménagement du territoire, les plans d'évacuation et les autres mesures de gestion des risques d'inondation. L'amélioration de cette situation devrait être prioritaire, car l'utilisation de moyens cartographiques imprécis tend à jouer plus en faveur d'une augmentation que d'une réduction du risque d'inondation.

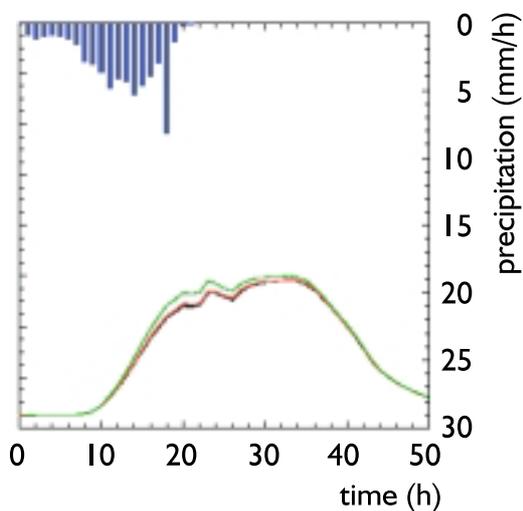




a) June/28/1994, Frankenbach/Lein



b) February/16/1990, Frankenbach/Lein



Le changement d'occupation du sol peut accroître le volume des crues, notamment à l'échelle des petits bassins hydrologiques. Voici une simulation de deux crues dans le bassin versant de la Leine (115 km²) suite à (a) un orage de convection local et (b) une zone de basse pression d'advection traversant l'Europe, pour les conditions actuelles et deux scénarii d'urbanisation. (Résultat du Projet 2).

4 Stratégies intégrées de gestion des risques d'inondation

La tâche de la gestion des risques d'inondation consiste à mettre en œuvre les mesures permettant de réduire le plus efficacement le risque d'inondation, après analyse détaillée de leur coût et de leurs avantages - prenant en compte non seulement les paramètres économiques mais aussi la valeur sociétale et écologique. Une telle analyse devrait être basée sur une évaluation des risques d'inondation - étant fonction à la fois de la probabilité d'inondation et des dommages provoqués par les crues. Toutefois, les éléments qui suivent viennent compliquer le débat sur le risque d'inondation et le coût et les avantages des mesures effectives :

- Il y aura toujours une incertitude concernant la probabilité d'inondation - même s'il est fait appel aux connaissances et modèles scientifiques les plus fiables qui soient. Une stratégie à long terme devrait être valable indépendamment du scénario climatique retenu.
- Concernant la définition des dommages potentiels, il n'existe pas de moyen satisfaisant à 100 % toutes les parties concernées. Si la valeur des éléments économiques comme les investissements et la production est déjà difficile à déterminer, il n'y a pas d'éléments vraiment objectifs pour définir la valeur des éléments d'autre nature comme le patrimoine et les fonctions écologiques, culturels et sociaux.
- La perception par l'opinion publique peut s'avérer tout aussi importante que les éléments scientifiques ; et cette perception est souvent plus concentrée sur la réduction de la probabilité d'inondation que sur la réduction du risque dans sa globalité. Étant donné que c'est la volonté commune d'accepter un certain risque d'inondation qui importe aux décideurs, les mesures visant à réduire la probabilité sont souvent plus faciles à mettre en œuvre que celles visant à réduire les dommages - même dans les cas où ces dernières permettraient de réduire le risque global avec une plus grande efficacité (et donc à moindre coût).

Bref, la recherche de la stratégie 'optimale' en matière de gestion des risques d'inondation exige la formulation de nombreuses suppositions concernant l'évolution non seulement de l'environnement naturel mais aussi celle de l'économie et de la société. Faire la lumière sur ces suppositions et les incertitudes qui y sont liées, joue un rôle important dans leur acceptation par l'opinion publique.

Gestion des inconnues par les stratégies de résilience

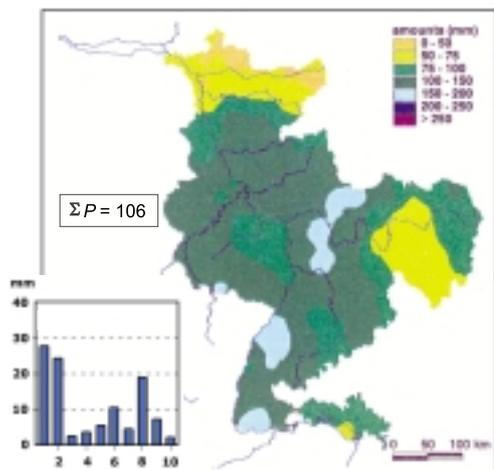
L'objectif de gestion vraiment durable des risques d'inondation devrait consister à minimiser le risque d'inondation à long terme tout en permettant un développement économique, social, écologique et paysager à long terme. La durabilité exige non seulement une vision à long terme et prenant en considération l'ensemble du bassin, elle doit également tenir compte du changement des 'conditions limites'. Ceci signifie que des inconnues concernant l'évolution biophysique (modifications des conditions climatiques, hydrologiques et écologiques), économique et sociétale, et les changements de vision normative ('évaluation') des aspects économiques, écologiques et liés à la sécurité (inhérents aux changements culturels) doivent être pris en considération lors de l'élaboration des stratégies de gestion des risques d'inondation.



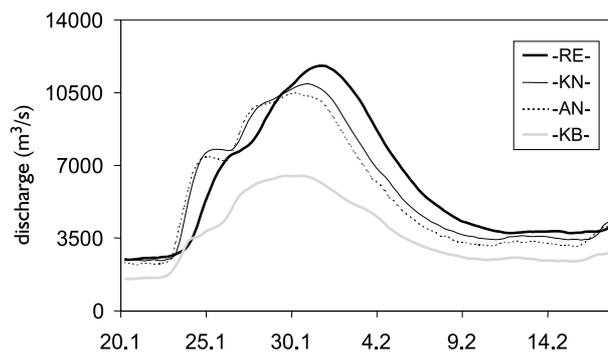
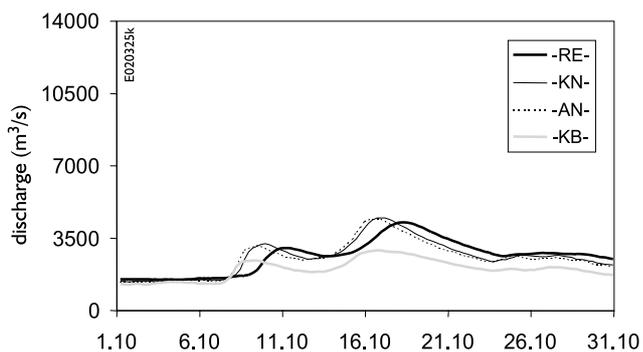
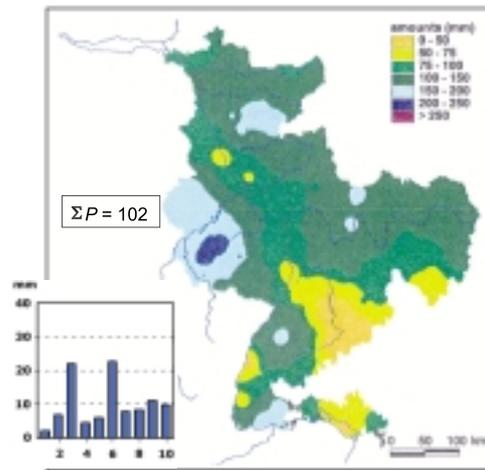
Au cours des dernières années, des changements notoires ont été induits dans la façon d'envisager la gestion des risques d'inondation : les conclusions du Programme IRMA-SPONGE sont clairement liées aux convictions et évolutions contemporaines :

- Les nouvelles technologies - et notamment l'amélioration des systèmes de prévision des inondations, de communication, des infrastructures et de la mobilité en cas d'évacuation - peuvent augmenter considérablement les conditions de sécurité et réduire les accidents.
- Les valeurs écologiques telles que la biodiversité sont devenues hautement prioritaires.
- La nature et les paysages sont reconnus comme étant des éléments de patrimoine importants.
- On sait que la société change, que l'affectation des terres change et que même le climat peut changer.

FLOOD 1982



FLOOD 1995



Différents schémas de précipitations pluvieuses se traduisent par diverses hydrographies de crues même lorsque la quantité totale de pluie est très similaire, comme indiqué ici pour 4 sites de la partie allemande du bassin rhénan. (Résultat du Projet 1, DEFLOOD ; cartographie d'après Brandsma & Buishand, 1999).

- On sait également que la probabilité de crue extrême ne peut être connue avec une certitude totale pour les diverses raisons suivantes :
 - Même en exploitant les meilleures données, modèles et techniques statistiques disponibles, la fréquence des crues extrêmes (se produisant par exemple une fois tous les 500 ans en moyenne) ne peut être connue avec une précision absolue sur la base des données enregistrées suite aux observations effectuées (on dispose souvent de moins d'un siècle de recul).
 - Dans la situation actuelle, alors que la fréquence des crues est probablement en augmentation, toute prédiction basée sur une extrapolation des conditions passées risque de se traduire par une sous-estimation des fréquences de crues à venir.

En bref : *le contexte dans lequel la gestion des risques d'inondation est faite, n'est pas statique mais dynamique*. Plus encore : ce contexte est fondamentalement imprévisible. Ceci a des incidences importantes pour le développement d'une stratégie de gestion des risques d'inondation : cette dernière ne peut être véritablement durable que si elle est en mesure de contrôler ou de s'adapter à la part imprévisible des évolutions futures. Une bonne approche du développement d'une telle stratégie est donc le principe de 'pas de regret' : les décisions prises actuellement doivent limiter le moins possible les options futures. Cette réalisation a conduit à l'élaboration de stratégies 'résilientes' de gestion des risques d'inondation.

Si les stratégies actuelles ayant pour but de prévenir les inondations en maîtrisant totalement les cours d'eau sont assimilées aux 'stratégies de résistance', alors les stratégies permettant l'écoulement des eaux de crues dans certaines zones tout en réduisant les dommages y afférents, peuvent être qualifiées de 'résilientes'. Les stratégies de résilience présentent un certain nombre d'avantages :

- Elles réservent de l'espace pour que les générations futures puissent étendre, maintenir voire limiter l'espace de stockage et d'écoulement des eaux de crue - en fonction de l'évolution des impératifs posés par les futures conditions physiques, économiques, sociales et écologiques.
- Elles sont plus durables car elles peuvent faire partie d'une stratégie de développement du lit fluvial véritablement intégrée - fournissant notamment des opportunités de restauration écologique et paysagère.

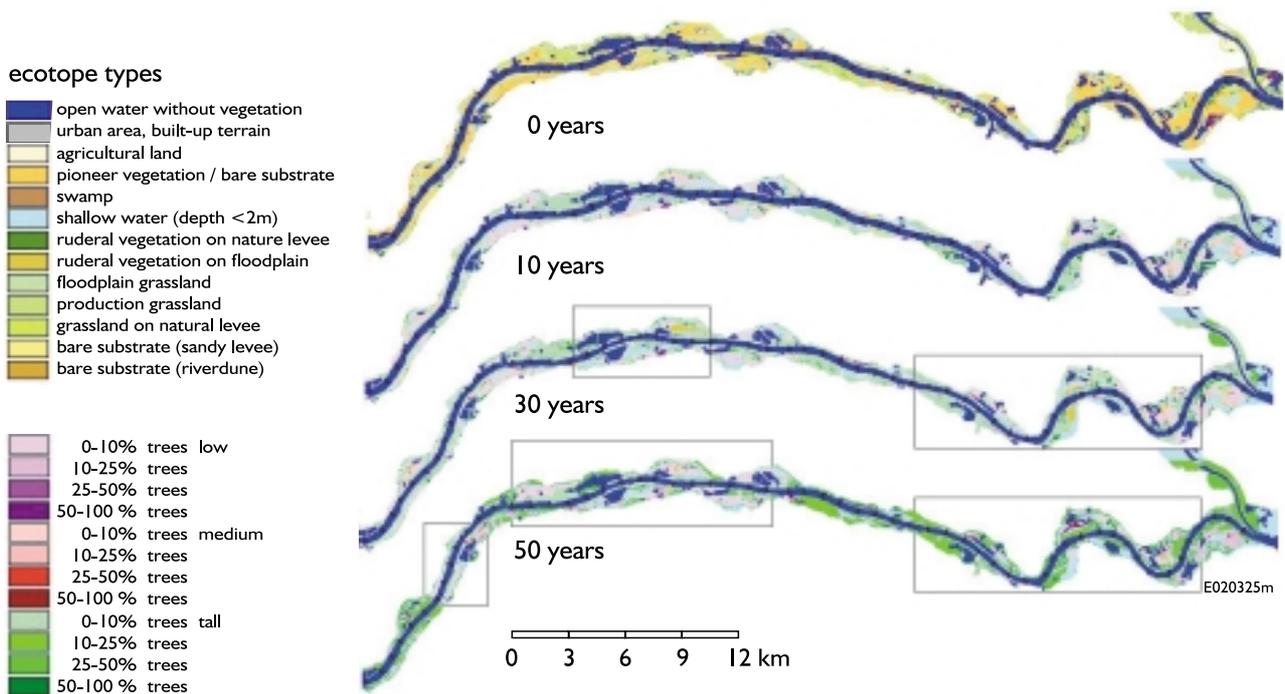
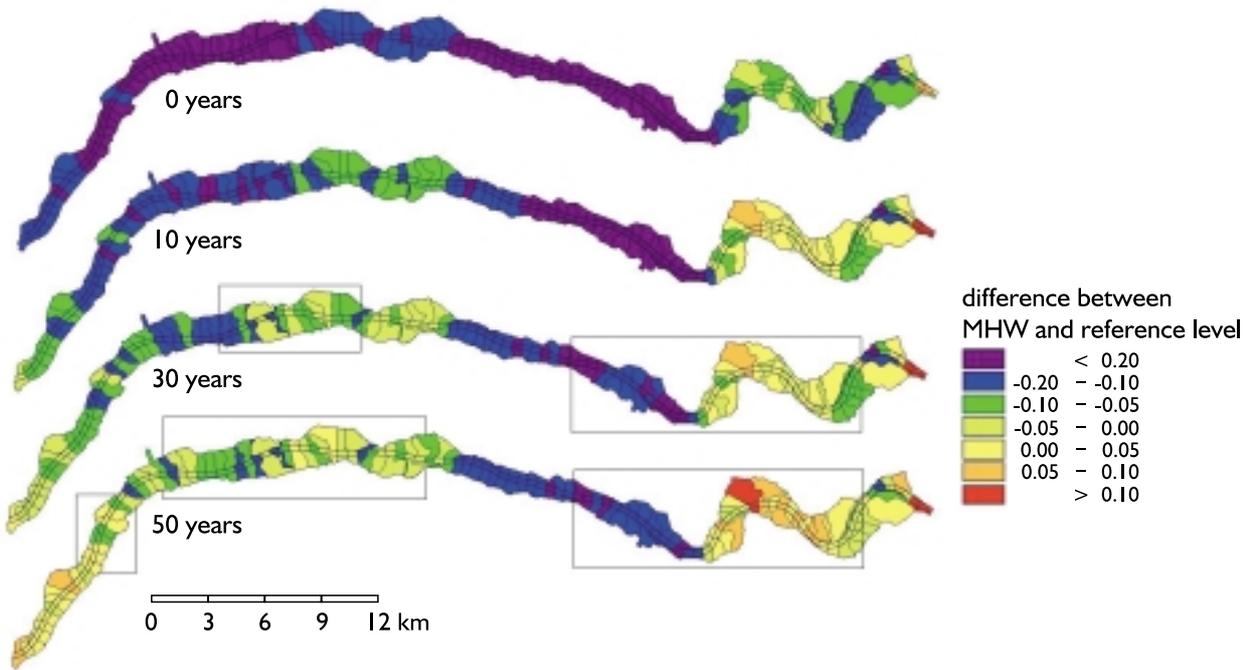
La plupart des mesures pouvant être qualifiées de 'résilientes' exigent que de grandes superficies actuellement protégées par des digues puissent être inondées : soit en les transformant en zones de stockage des crues, soit en prévoyant des aménagements supplémentaires pour l'écoulement des eaux. Toutefois, la perte de cet espace pour l'activité humaine ou pour d'autres fonctions n'est pas permanente mais seulement temporaire et/ou occasionnelle pour permettre le stockage ou l'écoulement des eaux excédentaires.



Combinaison de la gestion des risques d'inondation et de la gestion du patrimoine naturel

La gestion des risques d'inondation a un impact sur tous les objectifs de planification des lits des cours d'eau, qu'ils soient d'ordre économique, culturel, social ou écologique. Au sein du Programme IRMA-SPONGE, plusieurs projets se sont concentrés en particulier sur l'interaction entre la gestion des risques d'inondation et les fonctions écologiques, et certains résultats intéressants seront présentés dans ce chapitre. Toutefois, il est à souligner que si la gestion des risques d'inondation n'a de caractère durable que si elle permet le développement écologique, les développements économique et social doivent aussi être pris en considération lorsque les idées présentées ici sont retenues.

L'analyse des diverses stratégies de gestion des risques d'inondation pour le Rhin et la Meuse révèle de grandes différences concernant leur impact sur la biodiversité. L'amendement écologique faisait partie des objectifs du développement de la plupart des concepts de reconstruction des plaines inondables évalués au sein du Programme IRMA-SPONGE - et, de fait, si elles sont toutes susceptibles de jouer en faveur de la biodiversité, elles ne sont pas



Effets de l'abaissement périodique des plaines inondables (rajeunissement cyclique des plaines inondables) sur les niveaux d'eau et le développement de la végétation sur une période de 50 ans. Les cases indiquent les zones où des mesures supplémentaires de 'rajeunissement cyclique' (y compris l'excavation) ont été appliquées. Ces données concernant la végétation ont été utilisées en combinaison avec les données morphologiques pour prévoir les effets sur les niveaux d'eau, en utilisant les modèles hydrauliques (Résultat du Projet 7).

sans laisser présager de certains effets fortement néfastes. Les concepts de reconstruction ont une valeur certaine du fait de la création de nouveaux habitats, mais ils peuvent s'avérer avoir un effet désastreux sur la flore et la faune existantes. Par ailleurs, l'analyse a montré que la situation la plus 'naturelle', qui est souvent la cible des projets de développement de la nature, ne correspond pas nécessairement aux objectifs politiques et légaux et/ou ne permet pas le maintien viable des populations.



Comment définir les cibles écologiques ?

S'assurer que le patrimoine naturel n'est pas réduit par les mesures de protection contre les inondations a été une des priorités des politiques mises en œuvre au cours des dernières années. Toutefois, de nombreux experts en la matière s'accordent à dire que cette priorité n'est souvent pas vraiment mise en pratique. Deux éléments principaux jouent un rôle à cet égard :

- Les processus naturels peuvent être imprévisibles et le développement naturel n'est souvent possible que si ce caractère imprévisible est accepté et que les responsables de la planification et de la gestion autorisent une (certaine) dynamique naturelle aux cours d'eaux.
- La restauration de la nature ne peut donner de bons résultats que si les décideurs font des choix clairs concernant le type de nature qu'ils souhaitent voir se développer (dans la mesure où ceci est contrôlable - voir plus haut) et se donnent les moyens de soutenir ces décisions sur le long terme. Les choix généraux doivent être effectués à un stade précoce - par exemple : les plaines inondables peuvent être gérées de différentes façons pour optimiser la rétention de nutriments, le rajeunissement cyclique, la définition d'objectifs-paliers' pour les espèces ciblées ou d'un optimum de biodiversité pour chaque site - sachant que ces objectifs ne peuvent être tous atteints sur un seul et même site.



Définition à l'échelle du bassin des priorités en matière de gestion du patrimoine naturel

La collaboration internationale doit définir les priorités pour la gestion de la nature (par exemple la biodiversité doit être accrue). Pour garantir la traduction de telles priorités en choix clairs et concrets par rapport aux cibles écologiques spécifiques des stratégies de gestion des risques d'inondation (par exemple : représentation en grand nombre d'une espèce donnée dans une région donnée), l'impact d'une mesure sur tous les facteurs écologiques doit être étudié avant la mise en œuvre effective. Pour évident qu'il y semble, ceci est rarement appliqué dans la pratique : même lorsqu'il est question d'une gestion intégrée d'un fleuve, les décisions sont rarement basées sur l'évaluation intégrée des effets, ce qui vient limiter les avantages en termes de valeur naturelle.



Recommandation : l'approche écologique par réseau

Le patrimoine naturel existant dans les systèmes hydrologiques très régulés est généralement restreint, fragmenté voire, parfois, isolé. Pour maintenir ou créer des populations d'espèces durables (présentes et après recolonisation), la réhabilitation écologique doit concentrer ses efforts non seulement sur la protection de ces éléments existants et sur l'augmentation de l'hétérogénéité de l'habitat mais aussi sur les populations croisées ou isolées. C'est ce en quoi consiste l'approche écologique par réseau qui prend en compte la taille de l'habitat et l'aménagement de l'espace et peut améliorer la gestion du patrimoine naturel le long des cours d'eau.



Oui à la nécessité de ménager de l'espace pour les cours d'eau - mais dans un souci de variété!

La combinaison de mesures de gestion des risques d'inondation et d'accroissement de la biodiversité est possible si des solutions uniformes sont évitées - la dynamique des cours d'eau doit avoir une influence différente en fonction des zones. Les mesures visant à ménager de l'espace pour les cours d'eau' actuellement débattues sont souvent considérées en combinaison avec des plans visant à améliorer la valeur écologique et paysagère des rives des cours d'eau, et il est vrai que ces objectifs peuvent très bien être intégrés. Toutefois, l'objectif devrait être de combiner différentes mesures à divers endroits plutôt que de rechercher une solution polyvalente et universelle. Par exemple, l'abaissement des plaines inondables peut très bien



aller de pair avec des mesures visant à étendre les mêmes plaines, si l'objectif est d'atteindre ou de maintenir un taux important d'habitats en zone humides à sèches.



Marécages et réduction du risque d'inondation

Un grand nombre de mesures en faveur de 'l'espace pour les cours d'eau', dont le but principal est d'accroître la capacité de stockage et d'écoulement des plaines inondables, peut être combiné avec succès à une augmentation de la superficie occupée par les marécages le long du Rhin. Un autre avantage que représente une plus grande quantité de marécages est l'accroissement de la capacité de rétention du phosphore. La restauration des marécages peut aussi être combinée au *Rajeunissement cyclique des plaines inondables* qui combine le développement du patrimoine naturel et l'excavation récurrente d'une partie des plaines inondables, à plusieurs décennies d'intervalles.



Directives pour la combinaison des mesures en faveur des plaines inondables et la gestion du patrimoine naturel

Une fois que les décisions ont été prises sur les stratégies générales de gestion des risques d'inondation et les mesures appropriées, leur mise en œuvre pratique dans les plaines inondables est souvent confiée aux services techniques et pouvoirs publics locaux. Les individus impliqués à ce niveau éprouvent rarement un intérêt pour le devenir des mesures en question et ne font que les appliquer du mieux qu'ils peuvent. Sans directives, ils ont tendance à recourir aux méthodes traditionnelles, connues mais inappropriées. Par exemple, des ressources sont gaspillées si la restauration des bras latéraux dans les plaines inondables se traduit par des lits à rives fortement pentues ne présentant que peu d'avantages du point de vue écologique - et qui seront certainement transformés en cours plus naturels pendant les périodes de crue. Aussi est-il important de définir des directives pour la gestion locale des plaines inondables qui soient adaptées aux éventuels nouveaux objectifs de gestion ; de telles directives ont été formulées dans le cadre du Programme IRMA-SPONGE.



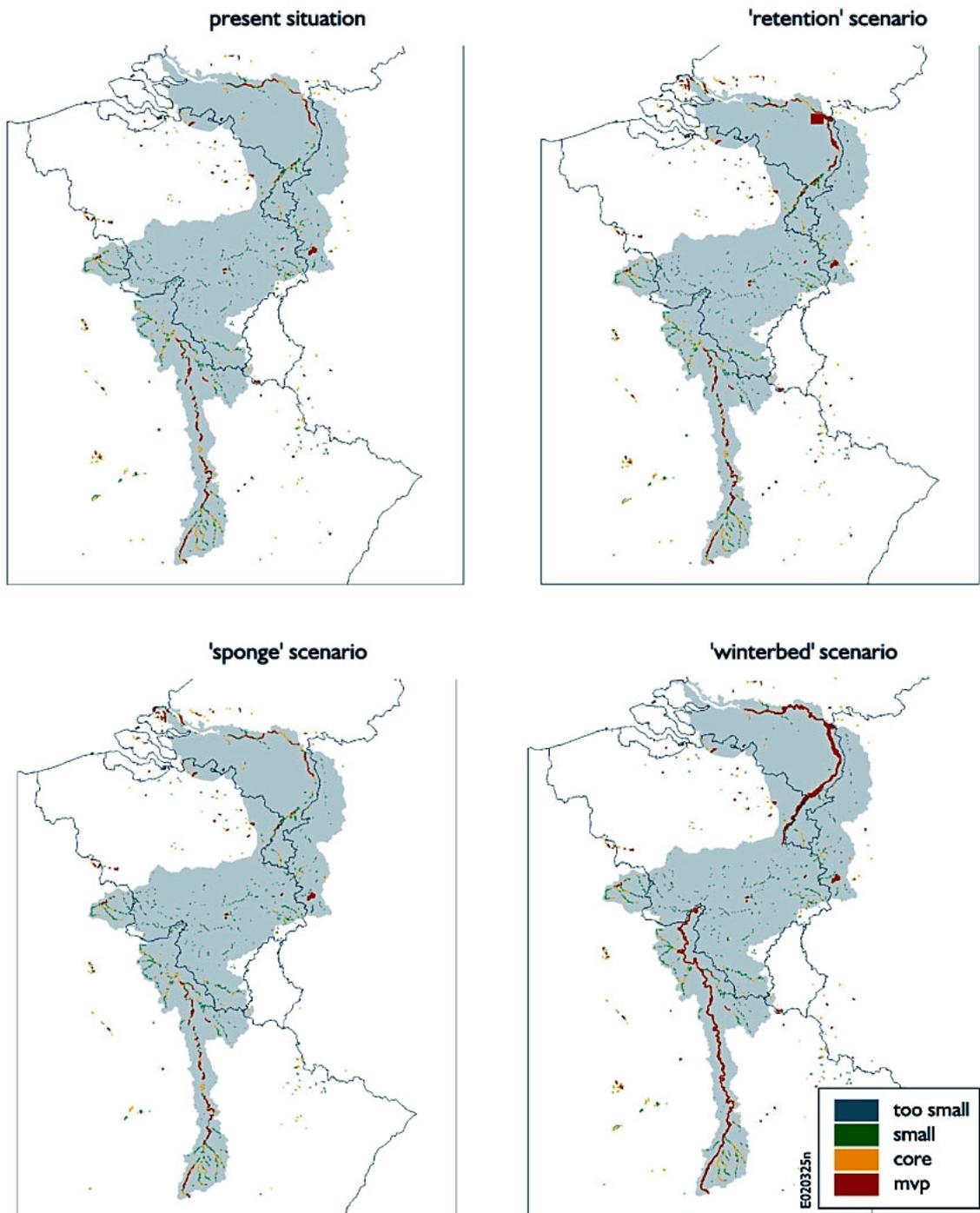
Évaluation de stratégies intégrées de gestion des risques d'inondation

Aucune stratégie de gestion des risques d'inondation n'est meilleure que les autres à tous les points de vue et pour toutes les parties impliquées, parce qu'une bonne gestion des risques d'inondation ne peut se réduire à une question d'optimisation 'scientifique'. Les choix stratégiques devant être effectués dépendent de la position des individus et organismes quant à l'acceptabilité du risque d'inondation et de l'importance des aspects économiques, culturels et écologiques. Enfin, l'opposition sécurité / coût (économique, sociétal et écologique) constitue un réel dilemme politique, et les solutions "win-win" (ou tout bénéfique) ne peuvent pas toujours être réalisées.

Les perspectives sur la gestion des risques d'inondation sont très différentes

Dans divers projets, on a pu voir qu'il était utile de rallier divers points de vue sur la meilleure stratégie de gestion des risques d'inondation à diverses 'visions mondiales' ou 'perspectives'. Pour les bassins du Rhin et de la Meuse, on peut distinguer trois perspectives principales ; certains styles de gestion peuvent être associés en raison de l'accent qu'ils mettent sur le contrôle, l'environnement ou l'économie - avec des résultats très différents. La politique de planification de la gestion des risques d'inondation est avant tout une tâche destinée aux organismes régulateurs tendant à avoir une perspective de 'contrôle' à laquelle s'ajoute un rôle de soutien aux institutions ayant une perspective 'environnementaliste' (ONG, organismes de recherche). Toutefois, si les organisations ayant une perspective 'économique' (par exemple les ministères de l'économie et des finances) sont rarement impliquées dans les phases précoces du processus de planification, ils jouent un rôle décisif dès qu'il s'agit de mettre en œuvre les mesures. Aussi serait-il plus judicieux et efficace d'impliquer toutes les parties dès le début et de formuler, débattre et élaborer des buts et objectifs (normatifs) explicites à un stade précoce du développement d'une stratégie de gestion des risques d'inondation.

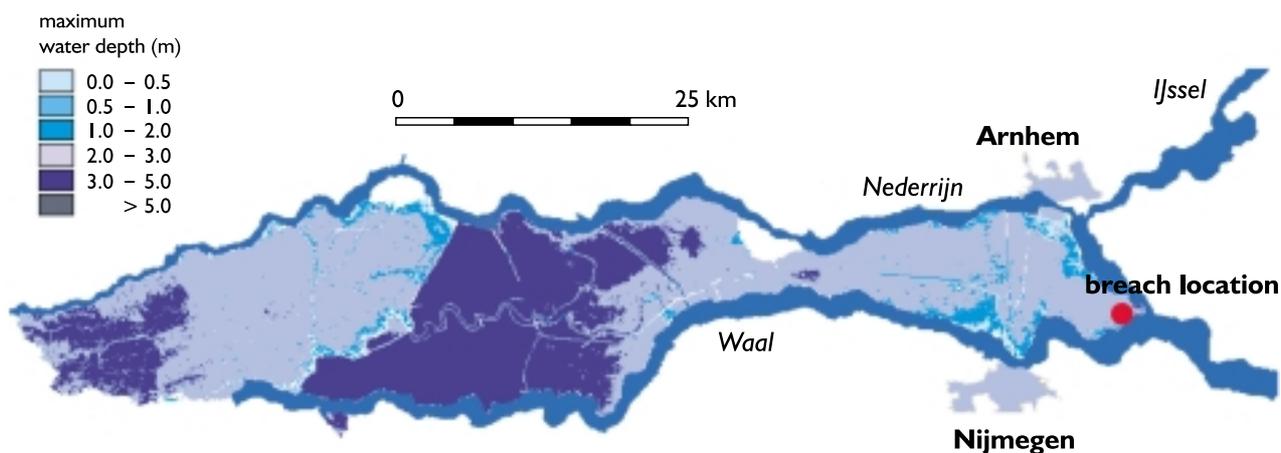




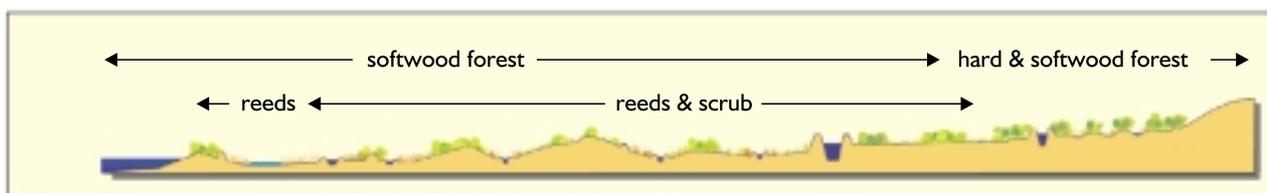
Analyses de la répartition et de l'état de la population de la *grande sauterelle des marais* : pour la situation actuelle et trois alternatives de stratégie de gestion des risques d'inondation, avec divers scénarii d'occupation du sol du lit fluvial (explication : mvp signifie minimum de viabilité de la population). (Résultat du Projet 9).

Une gestion intégrée des bassins hydrologiques est nécessaire pour gérer de façon intégrée les risques d'inondation

Souvent, la collaboration de toutes les parties impliquées est plus importante que l'élaboration de stratégies complexes ou la mise en œuvre de technologies sophistiquées. À la faveur de plusieurs projets du Programme IRMA-SPONGE, il s'est avéré qu'en dépit de déclarations d'intention par les organisations, il était parfois difficile voire impossible d'obtenir les données essentielles en pratique. Apparemment, l'échange d'informations entre les organisations impliquées dans la gestion d'un seul et même bassin est encore limité - non seulement entre les pays, ce que l'on sait pertinemment, mais aussi entre les régions d'un même pays. Remédier à cet état de fait pourrait constituer une première étape vers une gestion vraiment intégrée des bassins hydrologiques.



Modèle de la profondeur d'eau maximale en cours de crue dans la région de la Betuwe (Pays-Bas) sur le cours inférieur du Rhin, après rupture de digue et pic de crue de 18 000 m³/s. (Résultat du Projet 10).



Structure de végétation et d'occupation du sol projetée sur le cours inférieur du Rhin aux Pays-Bas après mise en œuvre d'une stratégie de gestion des risques d'inondation par aménagement de 'rivières vertes'. Il s'agit de l'alternative de 'développement multifonctions' visant à créer un réseau écologique parallèlement à une occupation du sol pour l'agriculture extensive, les loisirs et l'habitat. (Résultat du Projet 10).

5 Mise en œuvre des mesures

Les mesures (avant tout *techniques*) précédemment évoquées ne peuvent être mises en œuvre que si elles sont assorties d'instruments *réglementaires*. Les mesures techniques et réglementaires doivent, à leur tour, être supportées par des instruments *financiers* et de *communication* car la société doit soit A) accepter une certaine fréquence de crues, avec toutes les conséquences que cela comporte, soit B) prendre/accepter les mesures visant à prévenir les crues ou minimiser les dommages qu'elles provoquent. Parmi les nombreux et divers instruments de communication, on peut distinguer : non seulement les brochures, les rapports et les conférences, mais aussi des instruments interactifs plus sophistiqués comme les jeux de rôle animés sur ordinateur (tels ceux développés dans le cadre du Programme IRMA-SPONGE).

Trouver l'appui pour une mesure

La mise en œuvre de nouvelles stratégies de gestion des risques d'inondation, par exemple 'l'espace pour les cours d'eau' et/ou la prévention des dommages causés par les crues grâce à l'aménagement du territoire, exige des investissements massifs à court terme alors que les fruits financiers de la stratégie ne seront sensibles qu'après une période relativement longue. En outre, toute stratégie possible (y compris la poursuite de celle en cours) rencontrera toujours une opposition. C'est pourquoi la façon de trouver et garantir l'appui est essentielle pour la mise en œuvre d'une mesure ; elle doit s'inscrire dans la stratégie même. On peut évoquer à ce propos plusieurs conclusions de projets sur des améliorations possibles :

- Une façon de garantir l'appui d'une mesure au-delà des premières étapes de la prise de décision est de s'assurer que toutes les organisations sont impliquées dès le début. Actuellement, diverses organisations aux 'perspectives' différentes jouent un rôle décisif à des stades différents du processus décisionnel, ce qui réduit l'appui global dont jouissent les mesures et ralentit le processus décisionnel.
- Les systèmes spécialisés d'appui aux décisions ou DSS (Decision Support Systems) et les outils de communication comme les jeux de rôle sont actuellement suffisamment élaborés pour que leur soit accordé un rôle plus important dans les processus décisionnels, et ils pourraient aider à présenter clairement les arguments à toutes les parties impliquées.
- L'acceptation du risque par l'opinion publique peut être accrue par la sensibilisation du public de différentes façons :
 - En fournissant des informations claires et objectives sur les risques actuels et futurs.
 - En apportant plus de transparence sur les objectifs des politiques envisagées.
 - En mettant en place des mécanismes équitables de compensation financière pour les conséquences des mesures de gestion des risques d'inondation et des dommages provoqués par les crues.



L'importance de la compensation financière

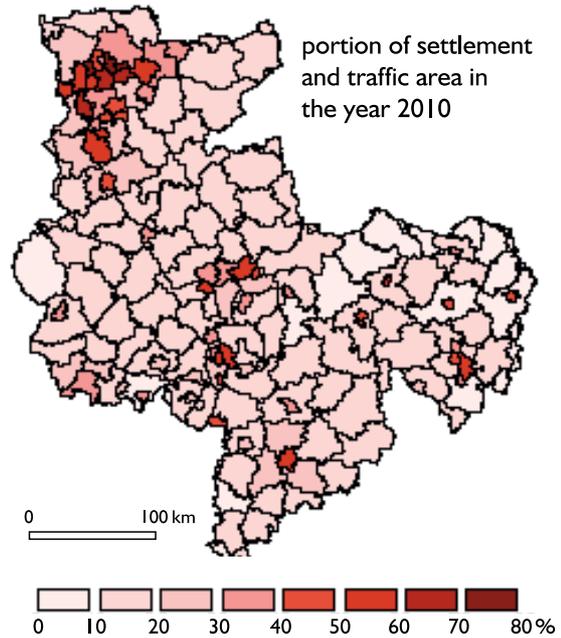
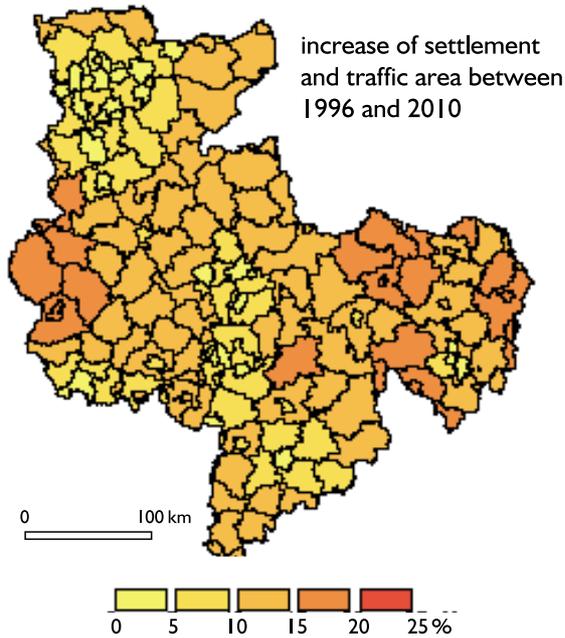
La compensation financière peut jouer un rôle à deux niveaux de la gestion des risques d'inondation : celui des personnes (pour compenser les pertes dues aux mesures ou les dommages consécutifs aux crues) et celui des régions (pour compenser les frais engagés au titre de la prise de mesures de gestion des risques d'inondation).

Compensation aux personnes

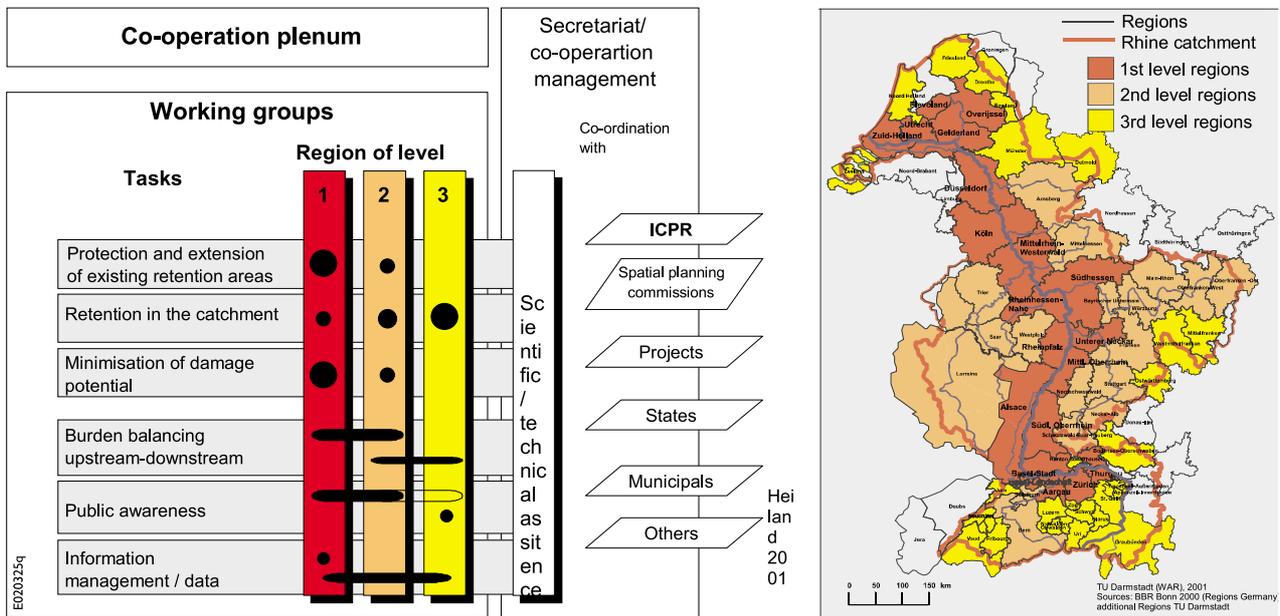
La 'volonté d'accepter' les mesures peut être accrue en montrant l'avantage des mesures pour la population locale. La compensation financière pour les pertes consécutives aux mesures (par exemple pertes d'investissements ou d'opportunités économiques) doit être considérée, ce qui est souvent trop insuffisant actuellement ou se fait trop tard.



La compensation des dommages *post-inondation* est un autre point où des améliorations sont possibles dans de nombreuses régions. Il peut y être pourvu par l'entremise des pouvoirs publics ou du secteur privé mais, dans un cas comme dans l'autre, des directives claires doivent être énoncées. Or, ces directives font actuellement souvent défaut et créent une incertitude quant à la compensation escomptée, ce qui fait qu'elles contribuent au recours à



Pronostic d'augmentation de l'urbanisation ('zones d'établissement et de circulation') dans une grande partie du bassin rhénan en Allemagne (entre Maxau et Lobith) pour la période 1996-2010. (Résultat du Projet 2).



Structure de collaboration suggérée pour la gestion intégrée des risques d'inondation dans le bassin du Rhin. (Résultat du Projet 5).

une stratégie de 'risque zéro' onéreuse (et finalement infructueuse). L'exemple de la Suisse montre qu'il est possible de faire autrement ; en effet, on y a mis en place des 'programmes d'assurance collective' dans le but de minimiser les dommages potentiels. Les communautés qui ont adopté de tels programmes ont vu leurs primes d'assurance baisser de 50 % au cours des vingt dernières années - un indice clair prouvant que l'assurance peut être utilisée comme 'instrument' de motivation des citoyens et de 'sensibilisation aux risques d'inondation'. Cette approche pourrait contribuer à augmenter l'acceptation d'un risque (limité) de crue.

Compensation aux régions

Dans certains cas, les régions (ou les municipalités) ont une responsabilité dans le risque d'inondation d'une autre région :

- Certaines mesures de réduction des risques d'inondation (par exemple les zones de stockage des eaux de crues) peuvent être plus efficaces lorsqu'elles sont prises un peu plus en amont de la région où le risque d'inondation doit être réduit au minimum.
- Parfois, la gestion régionale d'un cours d'eau se fait au détriment d'autres régions : par exemple la régulation d'un cours d'eau en amont peut accroître le risque d'inondation en aval ; ou inversement, les barrages fluviaux en aval peuvent accroître le risque d'inondation en amont.

Dans les deux cas, il est nécessaire de procéder à des transferts de fonds de région à région - soit pour entreprendre une action, soit pour procéder à une compensation. Pour ce faire, soit les moyens mis à disposition pour financer la protection contre les inondations sont puisés dans un 'budget central', soit des négociations directes sont entamées entre les régions aval et amont. La pratique actuelle du financement des plans et mesures de protection contre les inondations est insuffisante. C'est pourquoi un changement radical doit intervenir en matière de financement de la protection contre les inondations et aller dans le sens d'une compensation interrégionale des charges financières, et des incitations doivent être créées pour pousser les régions ou les municipalités à entreprendre des actions.



Prise en compte du risque d'inondation dans l'aménagement du territoire : le zonage comme mesure régulatoire

Tous les pays des bassins du Rhin et de la Meuse disposent d'instruments d'aménagement du territoire, mais leur contribution à la prévention des dommages consécutifs aux crues est jugée insuffisante. Une raison importante expliquant cet état de fait est que les organismes responsables de l'aménagement du territoire et de l'attribution des permis de construire (souvent au niveau communal) jouent un rôle décisif pour le succès de la prévention des dommages, mais ils y accordent normalement trop peu d'importance. Il en résulte que l'objectif du Plan d'action contre les inondations du Rhin (par la Commission rhénane internationale) pour réduire les dommages potentiels dans les zones exposées à des risques d'inondation n'est pas atteint et que les dommages économiques potentiels dans les vallées fluviales et les zones protégées par digues ne cessent de croître.



Il existe de grandes différences régionales dans la façon dont les instruments d'aménagement du territoire sont utilisés pour contrôler les développements économique et démographique des zones potentiellement inondables. Elles sont principalement le fruit de différences nationales d'ordre culturel et au niveau des systèmes de planification plutôt que de différences de conditions physiques (typologie des crues, occupation du sol, etc.). Il serait plus opportun et plus efficace d'optimiser les pratiques en matière d'aménagement du territoire en fonction des conditions physiques locales ou régionales.



L'utilisation judicieuse des instruments d'aménagement du territoire pour garantir une baisse des investissements dans les zones exposées aux risques de crues, peut être améliorée sur la base d'un zonage du risque basé sur une cartographie des risques d'inondations - un moyen simple et efficace pour la communication des décisions d'aménagement du territoire à chacune des parties impliquées.





Collaboration régionale et institutionnelle en matière de gestion des risques d'inondation

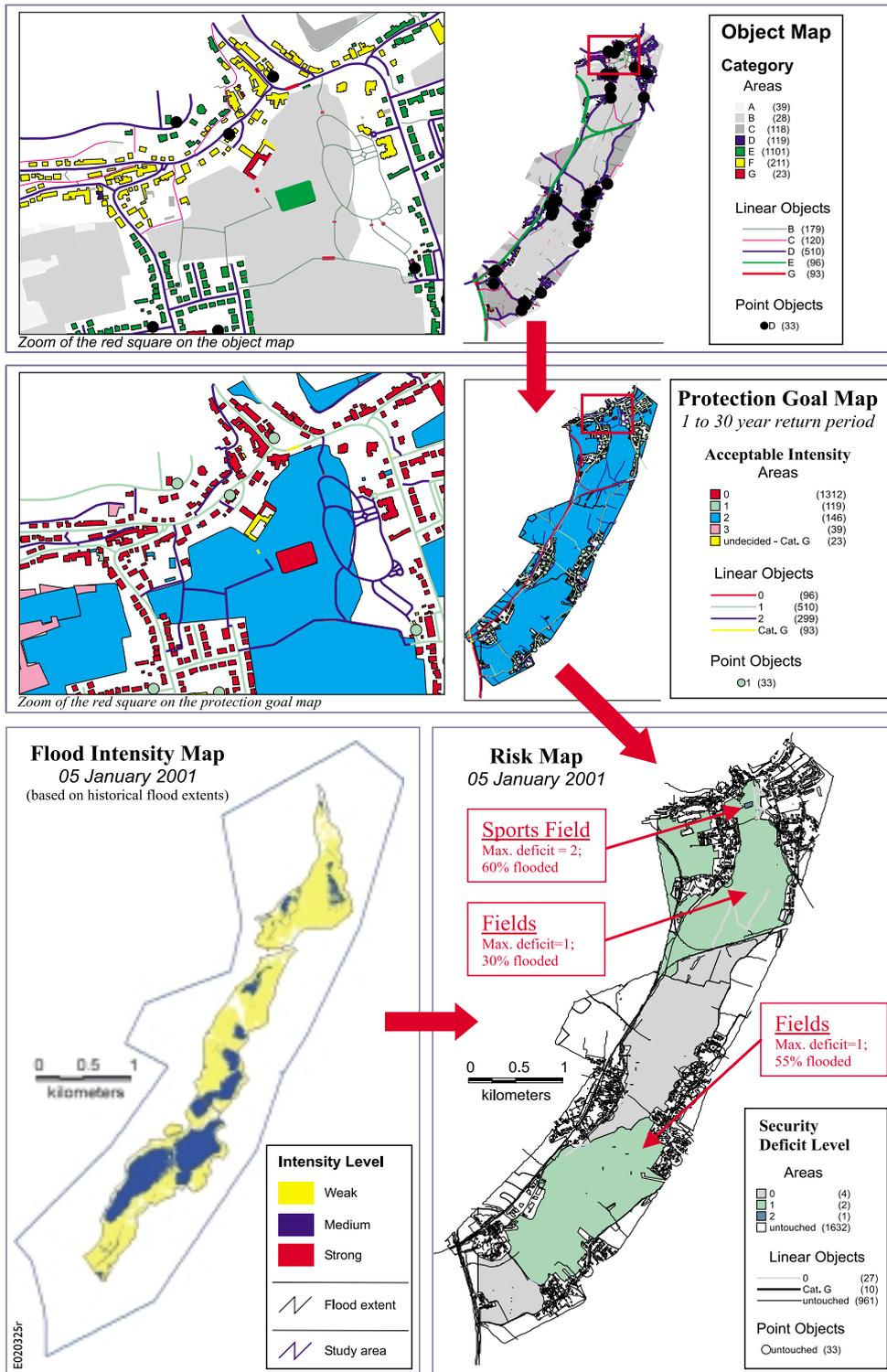
En raison des liens hydrologiques et écologiques entre les régions aval et amont des bassins versants, il est essentiel de collaborer mais pas nécessaire d'impliquer tout le bassin versant pour chaque question. Une structure hiérarchisée à 3 niveaux par exemple pourrait constituer un cadre de travail adéquat pour une telle collaboration à plusieurs niveaux.



La gestion des risques d'inondation et l'aménagement du territoire doivent être plus étroitement intégrés, à défaut de quoi les réclamations, tensions et pressions territoriales augmenteront et, avec elles, le risque et les coûts y afférents. Ceci vaut particulièrement dans les pays/régions où l'aménagement du territoire et la gestion de l'eau relèvent de la responsabilité et des compétences d'organismes indépendants les uns des autres (comme aux Pays-Bas par exemple). Lorsque la responsabilité de l'aménagement du territoire et de la gestion des risques d'inondation est confiée à une seule autorité, il s'agit souvent d'une organisation disposant de connaissances insuffisantes notamment en matière d'hydraulique, de risques d'inondation, de vulnérabilité, etc. En pareil cas, il convient de mieux informer les responsables de la planification territoriale.



La collaboration internationale doit prendre en considération les différences régionales. Non seulement des modifications interviennent sur le cours du fleuve (par exemple la régulation des cours d'eau augmente au fur et à mesure de leur progression en aval), mais les valeurs culturelle et économique accordées au fleuve et à ses fonctions écologiques diffèrent. Le succès de la collaboration est d'autant plus probable que l'importance de ces divergences culturelles sera reconnue et respectée.



Analyse schématique des risques de crue pour la région de Livange-Hespérange dans le bassin de l'Alzette, sur la base de l'historique des niveaux d'eaux pour la crue du 5 janvier 2001 (avec période de retour de 1 à 30 ans). (Résultat du Projet 3, FRHYMAP).

6 Remarques finales

Inégalités et lacunes au niveau des connaissances et des données

L'objectif principal du Programme IRMA-SPONGE était de développer des méthodes 'state-of-the-art' basées sur les meilleures informations disponibles - et cet objectif a pu être atteint. Toutefois, pour la plupart des projets, la durée du programme était trop courte pour mener à bien de nouvelles recherches détaillées et certaines lacunes importantes demeurent au niveau des connaissances et des données disponibles.

Nécessité de prise en compte des sciences économiques et sociales

L'accent de la plupart des projets du Programme IRMA-SPONGE était mis sur les aspects physiques (climatique, hydrologique et hydraulique) et écologiques, et ceci s'est traduit principalement par des conclusions et recommandations sur l'*efficacité* des mesures. Toutefois, dans la réalité de la gestion des risques d'inondation, la perception des mesures par l'opinion publique joue un rôle tout aussi important que celui des données scientifiques sur l'efficacité de ces mesures. C'est pourquoi, concernant les études sur la *faisabilité* des mesures et la meilleure façon de les mettre en œuvre, il convient de collaborer encore plus avec les experts en sciences économiques et sociales.

Comment gérer les incertitudes ?

La prévision des développements futurs comportera toujours une part d'inconnu - en ce qui concerne non seulement les scénarios climatiques mais aussi l'acceptation du risque et les priorités définies par la société. Sur plusieurs points en rapport les uns avec les autres, on a pu identifier des lacunes de connaissances :

- Si les décideurs tendent à développer des stratégies intégrées de gestion des risques d'inondation pouvant gérer les incertitudes, la recherche doit viser la définition de scénarios intégrés et cohérents sur la base desquels peuvent s'appuyer ces stratégies. Ceci requiert une plus grande intégration des sciences physiques, sociales et économiques et des disciplines environnementales.
- En sensibilisant davantage l'opinion publique aux incertitudes, un effort pourrait être fait pour évoquer clairement ces incertitudes dans les résultats de recherche de telle sorte qu'elles puissent être comprises par l'opinion publique.
- Si des incertitudes doivent être mieux indiquées dans les résultats de recherche, elles doivent faire partie du résultat de modèles hydrologiques et hydrauliques - ce qui n'est pas suffisamment le cas actuellement.

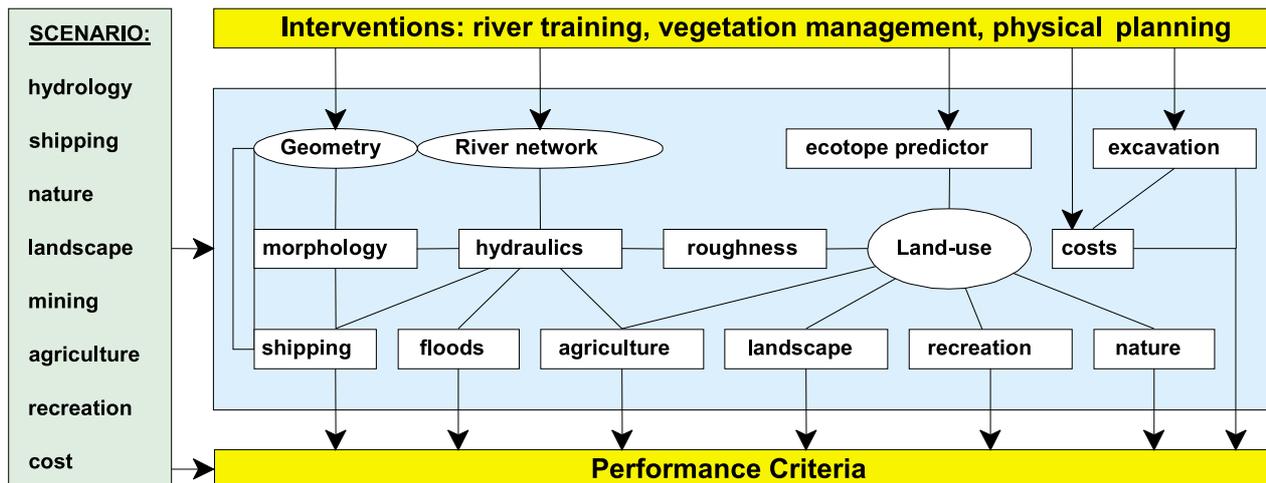
Nécessité de disposer de meilleures données pour cartographier les zones menacées par les inondations

La prévention des dommages provoqués par les crues par une meilleure répartition spatiale des investissements (zonage des risques) basée sur une cartographie des zones de danger d'inondation est une mesure efficace de gestion des risques d'inondation. Les techniques de réalisation de telles cartes ont beaucoup progressé ces dernières années (GIS, instruments de prévision de la probabilité d'inondation, modèles de crue en 2D), et il serait techniquement possible de les dresser pour de vastes zones riveraines du Rhin et de la Meuse. Toutefois, la disponibilité des modèles numériques du terrain (Digital Elevation Models) très détaillés nécessaire pour y parvenir, est actuellement insuffisante. Le développement de cartes des dangers d'inondation à large échelle pour les bassins du Rhin et de la Meuse nécessite une volonté et une mobilisation politique en faveur du développement et de la mise à disposition d'une base de données topographiques numériques pour l'ensemble du bassin très détaillée et précise.

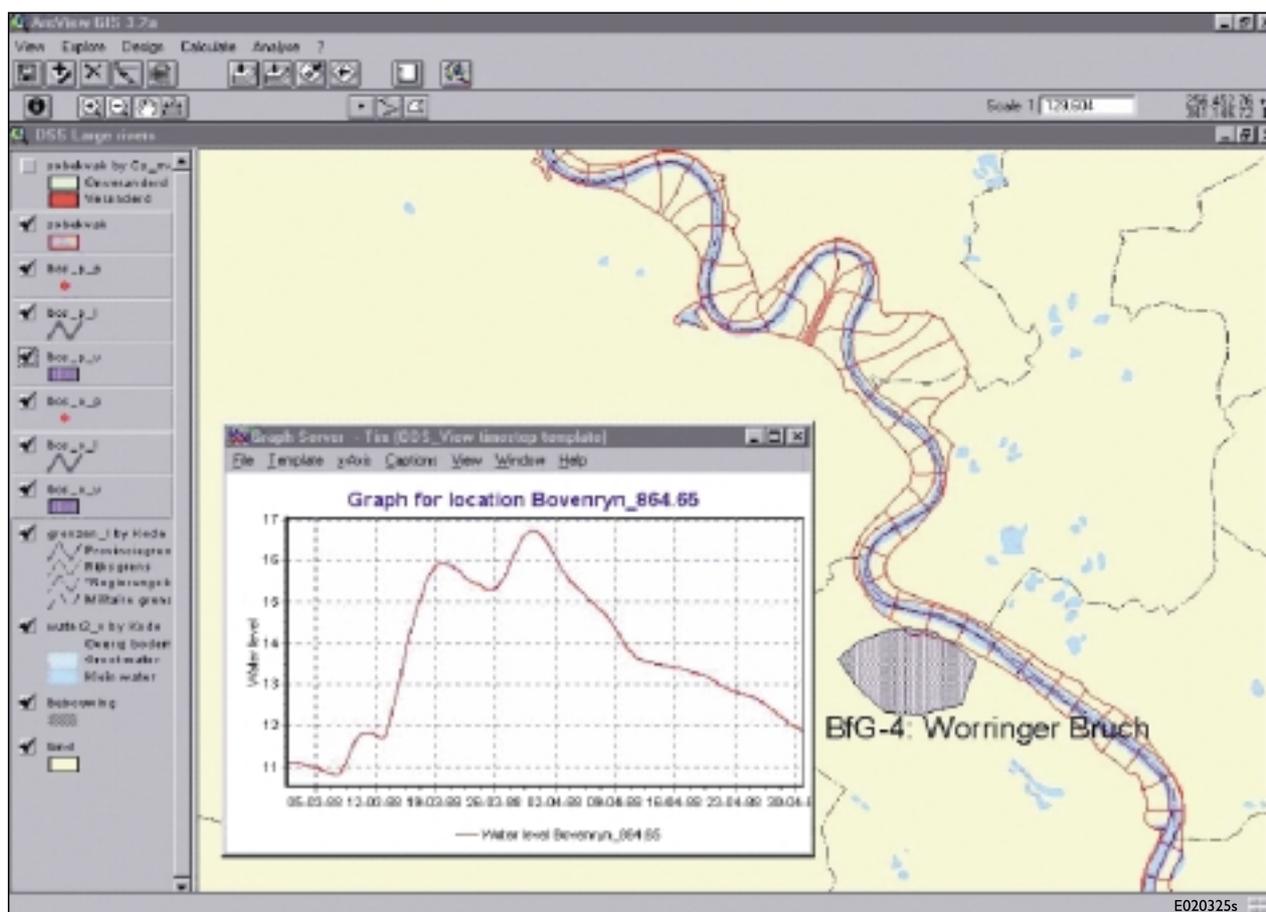
Enseignements tirés

Valeur de la gestion centralisée du programme

Le Programme IRMA-SPONGE s'est avéré complexe à bien des égards : international, cofinancé par des sources différentes, multidisciplinaire, et impliquant un grand nombre



Liens entre les modules de l'outil de simulation STORM-Rhine pour la gestion des risques d'inondation permettant aux 'joueurs' de découvrir les effets de toute une série de mesures de gestion des risques d'inondation. (Résultat du Projet 13).



Interface du DSS Large Rivers, avec le Rhin et un site potentiel de contrôle des eaux de crue dont l'effet sur les niveaux d'eau peut être calculé. (Résultat du Projet 4).

d'individus et d'organisations. Au total, les recherches ont été menées par plus de 50 scientifiques travaillant dans 30 instituts différents, et collaborant dans le cadre de 13 projets. Une grande partie de la recherche avait trait à des sujets complexes et parfois sensibles. En outre, la période durant laquelle tous les projets ont dû être coordonnés pour parvenir à des objectifs communs ne durait que 2 ans - un laps de temps très court pour exécuter les présentes tâches. Le fait que ces objectifs aient pu être atteints atteste des efforts de coopération fournis par les participants dont tous s'accordent à dire qu'ils ont été grandement aidés par la gestion du programme centralisée et transparente - même si jugée parfois un peu stricte - par NCR. L'enseignement tiré est que ce type de gestion a fait ses preuves et qu'il convient parfaitement pour ce type de programme.

Meilleure compréhension entre scientifiques

Un objectif important du programme consistait à favoriser la collaboration transfrontalière entre scientifiques et plusieurs initiatives allant dans ce sens ont été prises dans le cadre du Programme IRMA-SPONGE. On a montré que non seulement la collaboration pouvait être améliorée dans la pratique, mais aussi la compréhension entre scientifiques : des différences culturelles de région à région existent également dans la façon dont les scientifiques de différentes régions perçoivent les thèmes et les questions faisant l'objet des recherches. Il n'existe pas, dans l'absolu, de 'meilleure' stratégie de gestion des risques d'inondation : la perception des sujets y afférents varie dans l'espace et change avec le temps, et ces différences doivent être surmontées et non pas masquées. Le programme a investi dans la construction d'un réseau transfrontalier et interdisciplinaire de groupes de recherche communiquant de façon satisfaisante. Il est suggéré de maintenir ce réseau actif, de l'étendre et de continuer à l'exploiter. Assurément, la collaboration transfrontalière entre les responsables de la planification et de la gestion exige une compréhension qui n'est possible que si les scientifiques collaborent non pas sur une base ad-hoc mais dans le cadre d'un réseau international et interdisciplinaire à long terme.

Les barrières linguistiques peuvent mener à des différences de compréhension

Bien que tous les participants au Programme IRMA-SPONGE (des régions néerlandophones, germanophones et francophones) aient très bien pu communiquer en anglais, il s'est avéré que certains termes anglais étaient interprétés différemment par les ressortissants des différents pays, et parfois même par des personnes d'un même pays ayant des formations scientifiques différentes. En outre, dans certains cas, des difficultés ont été éprouvées pour s'accorder sur la traduction de termes à spécificité régionale (par exemple certaines mesures) en néerlandais, en allemand ou en français. Aussi est-il recommandé de procéder à une 'standardisation' des termes et concepts dès le début des programmes qui, comme le Programme IRMA-SPONGE, sont à la fois multidisciplinaires et transfrontaliers. C'est dans ce but qu'un glossaire a été ajouté au présent résumé.

Nécessité d'identifier clairement les groupes cibles pour la recherche

Dans le Programme IRMA-SPONGE, les scientifiques ont développé des méthodes et des instruments destinés aux décideurs, aux planificateurs de l'aménagement du territoire et autres personnes ou organismes actifs en matière de gestion des risques d'inondation. Dans certains cas, toutefois, il est difficile de dire clairement quels organismes ou quelles personnes vont utiliser les résultats de R&D. Par exemple : si un DSS ou un 'jeu de rôle informatif' ont une fonction évidente dans le développement de stratégies de gestion des risques d'inondation et la mise en œuvre de mesures, il n'est pas toujours facile de savoir qui doit en faire l'utilisation, dans quel but et à quel moment. Si ces informations étaient disponibles, il serait possible de mieux 'cibler' certaines recherches et d'en communiquer les résultats de façon plus efficace.

ANNEXE

Résumés de projets mettant l'accent sur les aspects 'risques d'inondation et hydrologie'

Projet 1 – DEFLOOD : Développement de méthodes pour l'analyse de l'efficacité des mesures de réduction des risques d'inondation dans le bassin du Rhin sur la base de crues de référence

Mots-clés : condition de référence hydrométéorologique, cadre de travail pour l'établissement d'un modèle de bassin versant intégré.

Objectif : développer des procédures d'évaluation de l'effet des mesures décentralisées sur la survenue de crues dans les grands bassins versants – comme base pour des instruments de planification. La méthode développée devrait en outre permettre de comparer et d'évaluer les crues passées et futures probables.

Méthode : des procédures recourant à des modèles hydrologiques ont été développées pour la définition de conditions de référence hydrométéorologiques (CRH). Ces conditions sont classées en fonction des séquences historiques et synthétiques des précipitations et des températures. Par ailleurs, des méthodes sont étudiées pour estimer la répartition du maximum de précipitations possible. Un cadre de travail (FIRM-Flood Reduction) a été créé pour élaborer une approche intégrée de modélisation des bassins versants prenant en considération les CRH définies, un module intégré de modélisation des bassins versants (modèle de ruissellement des précipitations et outils de suivi de l'itinéraire des crues) et des directives pour l'incorporation de calculs de scénarii. Le bassin de la Moselle a fait l'objet d'une étude pilote pour faire la démonstration des méthodes développées.

Projet 2 – Stratégies intégrées de gestion pour le Rhin et la Meuse

Mots-clés : occupation du sol, changements climatiques, modèles hydrologiques, incertitudes, perspectives, scénarii.

Objectif : développer une série de stratégies intégrées de gestion des eaux (et de scénarii) pour les bassins du Rhin et de la Meuse, prenant en compte les futures évolutions possibles et les incertitudes.

Méthode : une étude scénario a été menée ; elle combinait l'élaboration de modèles physiques et la théorie socioculturelle. Les scénarii existants sur le climat, l'occupation du sol et les données socio-économiques ainsi que les stratégies de gestion des risques d'inondation, ont été structurés en recourant à la méthode des perspectives. Le résultat fut une série de scénarii intégrés de gestion des eaux, dont chacun représentait une vision différente de l'avenir liée à un style particulier de gestion des eaux. L'utilisation d'un ensemble d'outils de modélisation existants a permis d'évaluer les implications de chacun de ces scénarii pour les systèmes hydrologiques. Enfin, les risques, coûts et avantages liés à chacune de ces stratégies ont été évalués pour chacun des scénarii.

Projet 3 – FRHYMAP – Flood Risk and HYdrological MAPping (Cartographie hydrologique et des risques d'inondation)

Mots-clés : changements climatiques, dangers, modèles hydrauliques, atlas hydro-climatologique, modèle hydrologique, changement de l'occupation du sol, régionalisation.

Objectif : améliorer la compréhension de la survenue des crues, surtout au niveau des cours amont, et de la gestion des crues dans les plaines inondables.

Méthode : une vaste gamme de thèmes liés aux crues, allant des causes hydro-climatologiques aux impacts socio-économiques, a été étudiée. Les études se sont déroulées dans le seul bassin de l'Alzette, de taille moyenne et transfrontalier. L'analyse des séquences a été exécutée pour rechercher les possibles signaux des effets induits par le changement d'occupation du sol et les changements climatiques au niveau des débits enregistrés. La traduction hydrologique des changements de l'occupation du sol sur la survenue des crues a été simulée à l'aide de divers modèles hydrologiques. Des méthodes ont été explorées pour l'application des résultats 'locaux' des modèles hydrologiques à des zones plus vastes (régionalisation).

Projet 12 – Extension du modèle de prévision des crues FloRIJN

Mots-clés : modélisation fluviale, système d'avertissement précoce des crues (FEWS / Flood Early Warning System).

Objectif : mettre au point un prototype de système d'avertissement précoce des crues pour le Rhin permettant de prévoir les pics de crue sur le site de Lobith (près de la frontière néerlandaise) 4 jours à l'avance.

Méthode : le système de prévision existant, FloRIJN, a fait l'objet d'une extension en amont et la plupart des éléments du modèle ont subi des améliorations importantes. Le système peut exploiter l'historique des données enregistrées concernant les précipitations (pour calibrer) et des précipitations prévues fournies par l'enquête météorologique allemande (DWD). Les modèles hydrologiques ont été développés pour la plus grande partie du bassin rhénan entre Bâle et Lobith.

Résumés de projets mettant l'accent sur les aspects 'protection contre les inondations et écologie'

Projet 6 – Directives pour la réhabilitation et la gestion des plaines inondables - *alliant écologie et sécurité*

Mots-clés : plaines inondables, réhabilitation écologique, développement de plan.

Objectif : élaborer des directives pour l'optimisation des habitats en plaine inondable et de l'infrastructure écologique, tout en améliorant la protection contre les inondations par accroissement en premier lieu de la capacité d'écoulement des eaux.

Méthode : à partir de la littérature spécialisée, des résultats scientifiques et de l'expérience pratique, des recommandations ont été formulées concernant la mise en œuvre de mesures envisageables pour les projets de réhabilitation des plaines inondables. Elles portaient notamment sur l'excavation des réservoirs d'eaux stagnantes, la reconstruction de lits secondaires, l'abaissement des plaines inondables, l'élimination de digues mineures, la mise en herbage, la promotion du développement de levées naturelles, dunes fluviales et marécages. Le processus de planification est explicitement pris en compte ainsi qu'un certain nombre de points requérant une attention particulière lors du développement d'un plan de gestion de plaines inondables.

Projet 7 – Rajeunissement cyclique des plaines inondables

Mots-clés : abaissement des plaines inondables, rajeunissement végétal, gestion du patrimoine naturel.

Objectif : développer une stratégie permettant à la fois une meilleure gestion des risques d'inondation (par accroissement de la capacité d'écoulement des eaux du lit majeur) et la restauration du patrimoine naturel.

Méthode : une stratégie de rajeunissement cyclique des plaines inondables a été définie ; elle comprend l'excavation cyclique des plaines inondables, la (re)construction des lits secondaires et la restauration de la succession de végétation. Cette stratégie a fait l'objet de recherches pour un tronçon du Rhin aux Pays-Bas, en recourant à un ensemble de modèles hydrologiques, morphologiques, de végétation et d'habitat et au GIS. Elle a permis d'analyser l'impact à long terme de l'interaction entre les mesures et les processus naturels (de sédimentation, d'érosion et écologiques) sur les niveaux d'eau et la qualité écologique de l'eau des plaines inondables.

Projet 8 – Évaluation de stratégies de gestion des plaines inondables : valeur ajoutée de la réhabilitation des marécages

Mots-clés : rétention d'eau, rétention de nutriments, valeur de l'eau, dénitrification, marécages inondables.

Objectif : évaluer l'effet bénéfique des marécages sur la réduction des risques d'inondation et l'amélioration de la qualité de l'eau.

Méthode : l'étude comprenait deux parties : A) évaluer la contribution des marécages inondables à la réduction du risque d'inondation ; un concept a été défini pour savoir si la position d'un marécage dans un bassin versant – en amont ou en aval – avait une influence sur la valeur du marécage en termes de capacité de réduction des dommages provoqués par les crues. B) évaluer si l'accroissement des zones de plaines inondables en aval – et plus particulièrement la réhabilitation des pâturages agricoles en marécages inondables – peut accroître la rétention de nutriments.

Projet 9 – Intermeuse : reconnexion de la Meuse

Mots-clés : gestion intégrée des eaux, réhabilitation du patrimoine naturel, cohésion de l'aménagement du territoire, évaluation physique de l'habitat.

Objectif : fournir des solutions sur la façon d'optimiser la protection contre les inondations le long de la Meuse peut très bien être combiné à une réhabilitation durable de l'écosystème des plaines inondables – l'accent étant mis sur les aspects de la planification du territoire.

Méthode : une méthode d'évaluation a été mise au point et testée. Deux niveaux d'échelle ont été élaborés auxquels la protection contre les inondations et la réhabilitation des plaines inondables peuvent être intégrées : 'global' pour le bassin versant ou 'local' pour un site spécifique. Les aspects écologiques étudiés étaient la cohésion de l'aménagement du territoire et la configuration de l'habitat (niveau global) et la qualité de l'habitat (niveau local). Sur la base des résultats des analyses conduites, une approche d'intégration a été développée ; elle peut être utilisée à diverses étapes du cycle de planification : divers arsenaux d'outils pour la phase de planification et l'évaluation effective, et directives sur la façon d'utiliser ces outils dans la pratique.

Projet 11 – BIO-SAFE

Mots-clés : écosystèmes fluviaux, évaluation de la biodiversité, politique de conservation du patrimoine naturel et législation.

Objectif : réaliser un outil d'évaluation de l'impact des mesures de prévention des crues sur la biodiversité des plaines inondables.

Méthode : le modèle international BIO-SAFE (Spreadsheet Application For Evaluation of BIOdiversity) pour les fleuves Rhin et Meuse, est un modèle d'évaluation basé sur la politique mise en œuvre et la législation en vigueur visant à quantifier la valeur de la biodiversité dans les bassins versants pour plusieurs groupes taxonomiques sur la base de l'état officiel des espèces fluviales caractéristiques. Le modèle exploite les données disponibles pour les espèces et les unités écologiques des paysages fluviaux (écotopes) pour diverses échelles d'aménagement. Il donne des informations sur le degré auquel les caractéristiques de la plaine inondable ou ses tendances observées (ou prévues) concordent avec les objectifs définis dans les accords (internationaux).

Résumés de projets mettant l'accent sur les aspects 'gestion des risques d'inondation et aménagement du territoire'

Projet 4 – DSS - Large Rivers et analyse des options de rétention sur le cours inférieur du Rhin

Mots-clés : DSS (Decision Support System), gestion du risque d'inondation, zone de stockage des crues.

Objectif : fournir un appui à la prise de décision concernant les mesures de contrôle des eaux de crue sur le cours inférieur du Rhin, en prenant en considération les conséquences hydrauliques, paysagères et écologiques.

Méthode : un système générique d'appui à la prise de décisions (DSS / Decision Support System) a été développé pour supporter la planification et l'évaluation des paysages fluviaux – l'accent étant mis sur les options de zones de rétention et de stockage des eaux de crue sur le cours inférieur du Rhin. Les effets de telles options sont considérés au regard de leur degré de faisabilité, non au niveau du détail de leur conception. Outre des modules informatisés 1D et 2D pour l'évaluation de l'impact hydraulique et écologique, le DSS renferme également un système de gestion de l'information facilitant l'accès à la documentation correspondante et un système fonctionnant à partir d'une base de données dans lequel figurent les résultats d'analyses antérieures. Une attention spéciale est accordée à l'intégration de la modélisation hydrodynamique avec l'analyse écologique et de l'habitat, l'évaluation de réseau et l'évaluation du paysage.

Projet 5 – Aménagement du territoire et instruments supportant une gestion préventive des crues

Mots-clés : aménagement du territoire, planification régionale, zonage des risques, collaboration interrégionale, partage des tâches, gestion de l'information, gestion des risques, sensibilisation de l'opinion publique.

Objectif : formuler des recommandations pour optimiser l'utilisation des instruments d'aménagement (et d'utilisation) du territoire afin de gérer les risques d'inondation, pour les organismes européens, nationaux, régionaux et locaux chargés de l'aménagement du territoire.

Méthode : deux groupes d'instruments d'aménagement du territoire ont été étudiés en Suisse, en France, en Allemagne et aux Pays-Bas : 'instruments de zonage' (instruments réglementaires de planification régionale, zonage des dangers) et instruments de support 'doux' (collaboration, mesures d'incitation, gestion de l'information). Les similarités et différences ont été analysées, et des recommandations ont été formulées pour A) mieux utiliser les instruments réglementaires existants et B) améliorer les réglementations.

Projet 10 – Vivre avec les crues

Mots-clés : gestion des risques d'inondation, occupation multiple du sol, Rhin, gestion de bassin versant, résilience, développement durable, planification de l'occupation du sol.

Objectif : concevoir et évaluer des stratégies alternatives de gestion des risques d'inondation pour le cours inférieur du Rhin applicables à long terme (50 à 100 ans) et mieux prendre en considération les incertitudes inhérentes aux fleuves de plaine. À cet égard, l'objectif est plus de favoriser la résilience que le contrôle (résistance), et d'accorder une attention particulière aux options d'occupation multiple du sol.

Méthode : deux stratégies différentes ont été élaborées, basées sur le principe de résilience et de vie avec les crues : 'compartimentation' pour contrôler les crues et aménagement de 'rivières vertes' pour permettre l'écoulement. Il s'est avéré que ces stratégies alternatives présentaient de nombreux avantages du point de vue de la durabilité, mais qu'elles étaient difficiles à mettre en œuvre.

Projet 13 – STORM-Rhine - outil de simulation pour la gestion des eaux fluviales

Mots-clés : jeu de simulation, jeu de rôle, participation à la prise de décision, fonctions fluviales, intérêts des parties impliquées.

Objectif : réaliser un jeu de simulation étant à la fois un outil pouvant améliorer la compréhension de la gestion des cours d'eau et des plaines inondables chez les décideurs et les parties intéressées dans les régions riveraines du Rhin moyen et inférieur. Pour y parvenir, il est fait appel à (1) une meilleure prise de conscience des fonctions fluviales, (2) l'exploration de stratégies alternatives, (3) la mise en évidence de liens entre les processus naturels, l'aménagement du territoire, les interventions de l'ingénierie, les fonctions fluviales et les intérêts des parties impliquées, (4) la promotion d'un débat entre les différents décideurs et les parties intéressées dans le bassin rhénan.

Méthode : cet outil s'articule autour du module hydraulique qui calcule les niveaux représentatifs de hautes et basses eaux pour les divers scénarii hydrologiques et influencés par les mesures techniques prises au niveau du fleuve et par la planification physique dans les plaines inondables. Les niveaux d'eau sont traduits en risques d'inondation, en potentiel de navigation, en développement naturel et en possibilités d'occupation du sol des plaines inondables. Les acteurs du jeu de rôle représentent les institutions détenant des intérêts dans les diverses fonctions (protection contre les inondations, navigation, agriculture, expansion urbaine, mines et nature).

Glossaire de termes techniques utilisés dans le rapport IRMA-SPONGE

GLOSSAIRE de termes liés à la gestion des risques d'inondation, avec traduction en néerlandais, allemand et français

Le présent glossaire fournit une explication des termes tels qu'ils sont utilisés dans le présent résumé, et n'a pas pour ambition de 'standardiser' les termes. Dans certains cas, plusieurs explications ou traductions peuvent être fournies.*

English	Dutch	German	Français
alluvial plain: flat area shaped by river processes and formed by river sediments.	alluviale vlakte	alluviales Flachland	Plaine alluviale
attenuation (flood peak-): lowering a flood peak (and lengthening its base).	hoogwatervervlakking	Hochwasserverflachung	Atténuation du pic de crue
basin (river-) (<i>same as catchment area</i>): the area from which water runs off to a river.	stroomgebied	Einzugsgebiet	Bassin
biodiversity: the variability among living organisms; this includes diversity within species, between species and of ecosystems.	biodiversiteit	<i>Artenvielfalt</i>	Biodiversité
catchment area (river-) (<i>same as river basin</i>): the area from which water runs off to a river	stroomgebied	Einzugsgebiet,	Bassin versant
channel (river-): main watercourse.	stroomgeul (hoofd-)	Hauptrinne	Lit
climate change scenario: prediction of expected long-term developments in climate, i.e. in the average temperature, rainfall and wind speed, and in the variation therein.	klimaatveranderings scenario	Klimaveränderungs-szenario	Scénario de changement climatique
compartmentalisation (<i>Dutch concept</i>): dividing a dike-protected area into smaller protected areas.	compartmentering	Untergliederung	Compartmentation
cyclic rejuvenation: periodic floodplain lowering (through excavation), setting back morphological and ecological processes to an earlier stage of development.	cyclische verjonging	zyklische Verjüngung	Rajeunissement cyclique
design discharge: flood discharge for which the river system (channels, dikes, structures) was designed.	onwerpafvoer	Entwurfswassermenge	Écoulement prévu
design flood: flood level for which the river system (channels, dikes, structures) was designed.	ontwerphoogwater	Bemessungshochwasser	Crue de calcul
detention area (<i>term used mainly in The Netherlands</i>): area for controlled storage of floodwater for 'peak shaving', usually in an area surrounded by dikes, with a controlled inlet/outlet for river water. The difference with 'retention' is that detention is more effective in storing water only during peak discharges, without being filled (and losing space for further storage) during early stages of floods, and without releasing water as soon as river levels drop. <i>Note that the terms detention and retention are sometimes used for the same concept, and that the term 'detention' is not universally accepted.</i>	detentiegebied	Gebiet zur gesteuerten Retention/Wasserspeicherung, (Taschenpolder, Rückhalteraum)	Zone de stockage des (eaux de) crues
dike relocation: moving a dike away from the river in order to provide more space for the river water during floods.	dijkverlegging	Deichrückverlegung,	Déplacement de digues
discharge (stream-, river-) (<i>same as flow</i>): as measured by volume per unit of time.	rivierafvoer, debiet	Abflussmenge	Débit, écoulement
downstream (-area): situated relatively close to the outlet of a river basin.	benedenstroms	Stromabwärts	(en) aval
ecological infrastructure: system of linkages between habitat patches.	ecologische infrastructuur	Ökologische Infrastruktur	Infrastructure écologique
ecotope: spatial ecological unit with (more or less-) uniform abiotic site conditions - location of an ecosystem.	ecotoop	Ökotoop	Écotope

English	Dutch	German	Français
evacuation scheme: plan for the combination of actions needed for evacuation (warning, communication, transport etc.).	evacuatieplan	Evakuierungsplan	Plan d'évacuation
flood (1): high river discharge.	hoogwaterafvoer	Hochwasserabfluß	Crue
flood (2): high water level.	hoogwater	Hochwasser	Montée des eaux
flood (3): inundation of land.	overstroming	Überschwemmung	Inondation
flood damage: damage to investments (buildings, infrastructure, goods), production and intangibles (without direct monetary value: life, cultural and ecological assets).	overstromingsschade	Hochwasserschaden	Dommages provoqués par les crues / inondations
flood control (-measure) usually understood as a set of actions aiming to limit the (potentially) flooded area as much as possible.	hoogwaterbeheersing	technischer Hochwasserschutz	Contrôle des crues
flood discharge: flow during a flood event.	hoogwater afvoer	Hochwasserabfluß	Écoulement des eaux de crue
flood early warning system (FEWS): suite of systems designed to provide a warning of flood levels well before they occur: A) flood forecasting system, B) warning system	hoogwater waarschuwingssysteem	Hochwasserwarnsystem	Système d'avertissement précoce des crues
flood flow (same as flood discharge): flow during a flood event.	hoogwater afvoer	Hochwasserabfluß	Écoulement des eaux de crue
flood forecasting system: suite of models designed to provide an early prediction of flood discharges: A) hydrological models (converting precipitation to discharge); B) hydraulic models (predicting channel discharge and wave propagation).	hoogwater voorspellings systeem	Hochwasservorhersage-system	Système de prévision des crues / inondations
flood hazard map: map with the predicted or documented extent of flooding, with or without an indication of the flood probability.	kaart van overstroombaar gebied	Karte der überschwemmungs-gefährdeten Bereiche.	Carte des zones menacées par les crues / inondations
flood level: water level during a flood.	hoogwaterstand	Hochwasserstand	Niveau des eaux de crue
flood peak: highest water level during a flood.	hoogwaterpiek	Hochwasserspitze	Pic de crue
flood peak shaving: storing only the top of a flood wave, by 'detention' (or 'controlled retention'). Flood water is not allowed in the storage area until water levels are high. The effect is that the flood peak is lowered more than in the case on 'attenuation' in 'retention areas'.	aftopping van hoogwaterpiek	'Abschneiden' der Spitze der Abflusswelle	Écrêtement du pic de crue
floodplain: part of alluvial plain (formed by river sediments) which is still regularly flooded.	uiterwaard, overstromingsvlakte	Flussvorland	Plaine inondable / d'inondation
flood prevention: actions to prevent the genesis of an extreme discharge peak.	voorkoming van hoogwaterafvoer	Hochwasserprävention	Prévention des crues
flood protection (-measure): to protect a certain area from inundation (using dikes etc).	hoogwaterkering, bescherming tegen hoogwater	Hochwasserschutz	Protection contre les inondations
flood risk: function of both probability of flooding, and potential damage due to flooding (<i>this is not the probability or 'danger' of flooding!</i>)	overstromingsrisico	Hochwasserrisiko	Risque de crue / d'inondation
flood risk management: totality of actions involved in reducing the flood risk - the aim can be to reduce the probability, the damage, or both.	hoogwater risico beheer	Management des Hochwasserrisikos	Gestion du risque de crue / d'inondation
flood risk zoning: delineation of areas with different possibilities and limitations for investments, based on flood hazard maps.	hoogwater risico ...?	Risikozonierung	Zonage des risques de crue
flood routing: calculation (or modelling) of the movement (propagation) of a flood wave through the river channel.	hoogwaterberekening	Hochwasserberechnung	Calcul du trajet de la crue
flood wave: high water volume moving downstream through a river channel.	hoogwatergolf	Hochwasserwelle	Vague de crue, onde de crue

English	Dutch	German	Français
flow (stream-, river-): A) same as discharge, as measured by volume per unit of time, B): movement of water (not used in this summary). FRM: abbreviation for flood risk management	A) afvoer B) sfroming	A) Abfluß(-menge), B) Strömung	Débit, courant
green river (Dutch concept): an additional channel (constructed through presently dike-protected area) which increases the discharge capacity of the river system during high waters. habitat: natural environment of an organism. Also: the set of (riverine) ecotopes that a species can utilise during the various stages of its life cycle. hazard (flood-): specific natural event, such as a flood, with the potential to cause damage characterised by a certain probability of occurrence and an intensity. headwater: source area for a stream, i.e. highest area in a river basin. hydrological model: model that simulates the conversion of precipitation into channel flow (there are several fundamentally different types). hydraulic model: model which simulates water movement through a channel. inundation: flooding of land with water. measure (flood risk management-): measure that can be used as part of FRM. modelling (hydrological-, hydraulic-, habitat-): simulation of natural processes and conditions, using a computer program nature rehabilitation: allowing or enhancing natural processes.	- groene rivier habitat, leefgebied (overstromings-)gevaar brongebied hydrologisch model hydraulisch model overstroming maatregel modellieren natuurherstel	- 'Grüne Flisse', Umlaufkanal Habitat (Überschwemmungs-) Gefahr Quellgebiet Hydrologisches Modell Hydraulisches Modell Überschwemmung Maßnahme Modellierung Renaturierung	- Rivière verte Habitat Danger Cours amont Modèle hydrologique Modèle hydraulique Inondation Mesure Modélisation Réhabilitation naturelle, renaturation
peak flow / flow peak: highest discharge during a flood. precipitation: rainfall plus snowfall. resilience (-flood risk strategy): consistent set of measures aiming to minimise the effects of floods, rather than to control (resist) them. retention (flood water-): temporary, uncontrolled, storage of flood waters, in a basin (sometimes a wetland) which is open towards the river. Note that this term is not universally accepted, e.g. in 'Anglosaxon' areas it can be understood as 'seasonal storage of water', and in Europe it is sometimes used for what is called 'detention' in this summary. retention area: area in which water is stored.	retentie retentiegebied	Retention Retentionnsgebiet	Rétention, retenue Zone de rétention / retenue
river regulation: adapting (e.g. straightening, widening, deepening) a river (or part of it). runoff: the part of precipitation that appears as streamflow. scenario (flood risk-): a sequence of expected autonomous events which have an impact on flood risk but can not (at the moment) be influenced directly by flood risk management (though FRM aims to respond to scenarios with strategies). Events shaping scenarios may be: (A) 'natural' (e.g. climate change), (B) caused indirectly by human intervention (e.g. land use change in the catchment), (C) the direct result of social changes (e.g. trends in valuation of flood losses), (D) or result from economic changes (e.g. progressive investments in floodplains).	riverregulatie afstroming scenario	Spitzenabfluß Niederschlag Dehnfähigkeit Retention Retentionnsgebiet Flußregulierung Abfluß Szenario	Pic de crue Précipitations Résilience Rétention, retenue Zone de rétention / retenue Régulation fluviale Ruissellement des précipitations Scénario

English	Dutch	German	Français
Side channel: secondary channel through the floodplain.	nevengeul	Seitenrinne	Lit secondaire, lit parallèle, bras
spatial planning: decisions and regulations aiming to regulate and optimise the use of space for different functions.	ruimtelijke ordening	Raumplanung,	Aménagement du territoire
stakeholders: parties with a direct interest (stake) in an issue.	belanghebbenden	Interessengruppen	Parties intéressées
strategy (flood risk management-): consistent set of measures, developed to achieve a certain goal - often responding to a scenario.	strategie	Strategie	Stratégie
sustainable flood risk management strategy: strategy which aims to A) be effective in the long term, and B) can be combined ('integrated') with other functions - usually summarised as economic, social and ecological development.	duurzaam	nachhaltig	Durable
uncertainty analysis: determining the accuracy of a (modelling) result. A measure of the accuracy is needed to judge the fitness of a value as a basis for making decisions.	onzekerheidsanalyse	Unsicherheitsanalyse	Analyse des incertitudes
upstream (-area): situated relatively close to highest parts of a river basin.	bovenstrooms	stromaufwärts	(en) amont
winterbed (<i>Dutch term, sometimes same as major bed or floodplain</i>): area between the dikes, across a river, consisting of the channel plus the floodplains.	winterbed, hoogwaterbed	Flußbett, Hochwasserbett	Lit majeur

*L'amélioration de la gestion des risques d'inondation à l'échelle de tout un bassin dépend impérativement de la qualité de la communication entre experts et décideurs. Pour ce faire, ils doivent bien comprendre les termes techniques qu'ils utilisent mutuellement. À la faveur du Programme IRMA-SPONGE, force fut de constater que ce n'était pas toujours le cas, pour diverses raisons :

Certains concepts ne sont utilisés et connus que dans certaines langues et sont difficiles à traduire - les traductions 'littérales' donnent souvent une signification très différente. Même parmi un groupe de locuteurs de même langue maternelle, la différence de formation ou de parcours professionnel fait que des experts ne comprennent pas toujours un terme de la même façon.

La 'gestion des risques d'inondation' est une spécialité relativement récente et très vaste (et multidisciplinaire). Les concepts et termes nouveaux apparaissent et évoluent constamment.

Le présent glossaire a pour but d'assurer que les termes principaux utilisés dans le rapport concis du Programme IRMA-SPONGE soient compris par tous les lecteurs. Il n'a pas pour ambition de 'standardiser' les termes liés à la gestion des risques d'inondation (bien qu'une telle standardisation soit assurément nécessaire), mais d'expliquer les termes tels qu'ils sont utilisés dans le présent Rapport - étant entendu qu'il existe vraisemblablement des explications plus précises et plus complètes. L'explication complète des termes n'est fournie qu'en anglais. En néerlandais, en allemand et en français, seule la traduction du terme est indiquée. L'explication et les traductions sont basées sur A) les définitions fournies par les dictionnaires techniques, B) la compréhension de l'auteur, C) les contributions des participants au Programme IRMA-SPONGE.