



MINISTÈRE DE LA TRANSITION
ÉCOLOGIQUE ET SOLIDAIRE

MINISTÈRE DE LA COHÉSION
DES TERRITOIRES ET DES RELATIONS AVEC
LES COLLECTIVITÉS TERRITORIALES

MINISTÈRE DE L'ÉCONOMIE
ET DES FINANCES

Évaluation de la réglementation thermique de 2012 dans les bâtiments neufs en vue de la prochaine réglementation environnementale

Première étape : évaluation de la réglementation thermique de 2012

Rapport CGEDD n° 010888-01 et CGE n° 2017/08/CGE/SG

établi par

Anne FLORETTE (coordinatrice), Michel JEAN-FRANCOIS, Mireille CAMPANA et Didier PILLET

Octobre 2018

Les auteurs attestent qu'aucun des éléments de leurs activités passées ou présentes n'a affecté leur impartialité dans la rédaction de ce rapport

Statut de communication	
<input type="checkbox"/>	Préparatoire à une décision administrative
<input type="checkbox"/>	Non communicable
<input type="checkbox"/>	Communicable (données confidentielles occultées)
<input type="checkbox"/>	Communicable

Sommaire

Synthèse.....	5
Recommandations - Préambule.....	8
Recommandations - Liste.....	9
Introduction.....	12
1. La RT 2012 : contexte, description et contrôle de son application.....	14
1.1. La RT 2012 s'inscrit dans les politiques françaises de l'énergie et de la construction menées depuis plus de 40 ans.....	14
1.2. La RT 2012 répond à des directives européennes et au Grenelle de l'Environnement de 2007.....	15
1.2.1. <i>Au niveau européen, plusieurs directives traitent de l'efficacité énergétique dans la construction</i>	15
1.2.2. <i>Au niveau national, le Grenelle de l'Environnement de 2007 fixe un objectif de consommation d'énergie maximale et des labels préfigurent cet objectif</i>	16
1.2.3. <i>Le passage de la performance énergétique à la performance environnementale est d'ores et déjà prévu pour la prochaine étape réglementaire</i>	17
1.3. La démarche d'élaboration et de concertation de la RT 2012 a été saluée comme exemplaire.....	17
1.4. La RT 2012 comporte trois critères visant à des objectifs de résultat et complétés par des obligations de moyens.....	18
1.5. Les contrôles de l'application de la réglementation thermique sont largement perfectibles.....	20
1.5.1. <i>Le dispositif mis en place par la RT 2012 est un progrès</i>	20
1.5.2. <i>Plusieurs autres dispositifs concourent aussi au respect de la réglementation thermique</i>	21
1.5.3. <i>Le contrôle du règlement de construction (CRC) est quantitativement limité mais doit être mieux ciblé</i>	22
1.5.4. <i>Vers une mesure in situ de la performance intrinsèque du bâtiment</i>	24
2. L'impact de la RT 2012 sur les énergies, les technologies et les filières... 	26
2.1. L'impact sur les énergies employées a été très significatif.....	26
2.1.1. <i>L'impact sur l'énergie pour le chauffage</i>	26
2.1.2. <i>L'impact sur l'énergie pour la production d'eau chaude sanitaire (ECS)</i>	29
2.1.3. <i>Le coefficient de 2,58 pour la conversion en énergie primaire de l'électricité consommée, bien que controversé, a été confirmé en 2013</i>	31

2.1.4. <i>La méthode de calcul de la consommation d'énergie doit être affinée pour mieux tenir compte du sujet de la composition du mix électrique dans la prochaine réglementation environnementale.....</i>	<u>32</u>
2.2. L'impact sur les équipements de chauffage, de ventilation et d'eau chaude sanitaire.....	<u>35</u>
2.2.1. <i>Des technologies en hausse.....</i>	<u>35</u>
2.2.2. <i>Des technologies en baisse, voire disparues, voire non développées pour des raisons techniques et/ou économiques.....</i>	<u>38</u>
2.3. L'impact sur l'enveloppe et la conception des bâtiments.....	<u>45</u>
2.3.1. <i>Les systèmes constructifs présentent une évolution sans rupture technologique, mais dynamisée par les programmes de recherche et les exigences réglementaires.....</i>	<u>45</u>
2.3.2. <i>Les systèmes d'isolation : par l'intérieur ou par l'extérieur ?.....</i>	<u>47</u>
2.3.3. <i>Les technologies de la baie sont essentielles pour la performance énergétique.....</i>	<u>47</u>
2.3.4. <i>La qualité de l'air intérieur est un sujet de plus en plus sensible.....</i>	<u>49</u>
2.3.5. <i>La dynamique d'évolution technologique et industrielle est significative pour les filières de l'enveloppe et du bâti et doit être entretenue.....</i>	<u>50</u>
2.3.6. <i>Les exigences de la RT 2012 garantissent-elles la qualité de conception énergétique du bâti ?.....</i>	<u>50</u>
2.3.7. <i>La RT 2012 laisse construire des bâtiments inadaptés au confort estival et au changement climatique</i>	<u>55</u>
2.4. Le confort devient un sujet de plus en plus prégnant avec un impact sur la consommation d'énergie. La réglementation peut-elle et doit-elle y remédier ?.....	<u>57</u>
2.4.1. <i>Le confort d'hiver est impacté par la qualité de l'air dans des logements devenus des « bouteilles thermos ».....</i>	<u>57</u>
2.4.2. <i>Et la climatisation ?.....</i>	<u>59</u>
2.5. L'impact sur l'état des filières.....	<u>59</u>
2.5.1. <i>L'apprentissage des acteurs progresse de manière satisfaisante.....</i>	<u>59</u>
2.5.2. <i>Les initiatives publiques et privées sont nombreuses pour favoriser la prise en compte des nouveaux systèmes et équipements et méritent d'être poursuivies.....</i>	<u>62</u>
2.6. Après une période d'apprentissage depuis le label BBC, le surcoût de la construction neuve en lien avec la RT 2012 ne semble pas significatif.....	<u>63</u>
2.6.1. <i>Des surcoûts de construction inhérents au resserrement des contraintes énergétiques.....</i>	<u>63</u>
2.6.2. <i>... plus marqués dans l'individuel.....</i>	<u>64</u>
2.6.3. <i>... avec toutefois une diminution des surcoûts constatés</i>	<u>65</u>
2.7. L'application de la réglementation n'obéit pas toujours à une recherche d'optimisation entre la performance énergétique et le coût global du bâtiment.....	<u>66</u>
3. La RT 2012 à l'épreuve des pratiques des habitants et des concepteurs des bâtiments.....	<u>68</u>

3.1. Évaluer les écarts.....	68
3.1.1. <i>Habiter les bâtiments neufs d'aujourd'hui</i>	68
3.1.2. <i>Consommations réglementaire, prévisionnelle et réelle</i>	69
3.2. Vers une coproduction de la performance énergétique avec les occupants.....	70
3.2.1. <i>Là où la réglementation thermique échoue</i>	70
3.2.2. <i>Les apports de la sociologie de l'énergie et des mesures sur les BBC sont-ils toujours valables ?</i>	72
3.2.3. <i>Il ne faudrait pas que les efforts faits dans la qualité de la construction soient ruinés par les modes d'utilisation</i>	73
3.2.4. <i>La réalisation d'un bâtiment neuf est l'occasion de développer l'accompagnement des occupants et de développer la notion de maîtrise d'usage à côté de celle de maîtrise d'ouvrage</i>	74
3.3. La méthode de calcul réglementaire de la consommation est une boîte noire à rendre plus transparente et à simplifier pour être mieux appliquée.....	75
3.3.1. <i>Le constat</i>	75
3.3.2. <i>Quelques améliorations simples possibles</i>	75
3.3.3. <i>Une proposition de méthode de simplification</i>	77
3.3.4. <i>Comment « challenger » la méthode de calcul?</i>	78
3.3.5. <i>Deux propositions pour que la procédure destinée au développement des systèmes innovants et appelée le « titre V », soit plus rapide et réponde mieux aux besoins des industriels</i>	79
3.3.6. <i>Le sujet des méthodes pour l'application de la RT 2012 dans le secteur des maisons individuelles est insuffisamment traité à ce jour</i>	81
3.4. L'obligation de recours aux ENR dans les maisons individuelles a favorisé les technologies des pompes à chaleur ; elle doit être accompagnée d'un programme de déploiement des EnR dans le bâtiment et étendue aux bâtiments collectifs.....	82
Conclusion.....	86
Annexes.....	87
1. Lettre de mission.....	88
2. Liste des personnes rencontrées.....	91
3. La politique énergétique, la politique de la construction et les réglementations thermiques en France depuis 45 ans.....	96
4. La situation en Europe.....	114
5. Les textes juridiques des réglementations thermiques et des labels dans les bâtiments neufs.....	117

6. Les bases de données et leur possibilité d'utilisation pour évaluer la RT 2012.....	123
7. Le coefficient d'énergie primaire de 2,58 et sa prise en compte dans les réglementations thermiques.....	126
8. Glossaire des sigles et acronymes.....	128

Synthèse

La réglementation thermique de 2012 (RT 2012) concerne les bâtiments neufs construits à partir de janvier 2013. Elle s'inscrit dans un contexte réglementaire dont l'histoire est déjà longue. En 2012, les bâtiments construits avec une réglementation thermique représentent 39,3 % des logements existants en France. Mais la performance énergétique des logements de 1974 est loin d'égaliser celle de 2012.

La RT 2012 est la sixième réglementation thermique concernant les constructions neuves. Depuis le premier choc pétrolier de 1973, les réglementations successives se sont inscrites dans la politique énergétique nationale en réponse à des objectifs d'indépendance énergétique, de réduction des besoins en énergie et de diminution des consommations d'énergie non renouvelables. L'effet des gaz à effet de serre n'a pas été directement pris en compte à ce jour.

Chacune a marqué une avancée dans la qualité des bâtiments en termes de conception, de choix techniques et de performance énergétique.

Celle de 2012 a continué à engendrer des progrès très significatifs parmi les acteurs de la construction et les industriels. Elle peut ainsi servir de fer de lance au développement du marché de la rénovation énergétique dans le bâtiment, qui est beaucoup plus important que celui des constructions neuves.

Même si la RT 2012 vise l'ensemble des constructions neuves, la mission a concentré son champ d'investigation sur les logements et les bureaux, sans examiner les commerces, les entrepôts ou les bâtiments publics.

Elle a fait suite au label « bâtiment basse consommation » (label BBC), qui, lancé à la mi-2007, a préfiguré de manière réussie cette RT 2012 avec plus de 150 000 logements¹. Elle a donné lieu à une concertation saluée par tous comme ayant valeur d'exemple. Seul point d'attention : des arbitrages finaux ont conduit à fixer quelques seuils réglementaires à un niveau moins strict que ceux du label BBC pour répondre à des réactions sur le risque de surcoût de la construction lié à cette nouvelle réglementation. Selon certaines informations recueillies, ce risque de surcoût était surestimé par rapport à ce qui était observé.

Conformément à l'objectif du Grenelle de l'environnement de 2007, la RT 2012 a constitué un saut de performance énergétique considérable par rapport à la réglementation thermique précédente.

Elle comporte trois obligations de résultat qui correspondent à une approche globale des phénomènes physiques du bâtiment et de ses équipements : il s'agit des besoins en énergie dans les constructions, de leur consommation d'énergie et du confort d'été. Elle est complétée par quelques obligations de moyens portant sur certains éléments du bâtiment et ayant une fonction de garde-fous.

Elle a fait émerger de nouvelles solutions techniques, comme les pompes à chaleur, utilisées principalement dans le tertiaire et les maisons individuelles, les chauffe-eau thermodynamiques, les chaudières à gaz à condensation, et en a fait quasiment disparaître d'autres, par exemple les convecteurs et chauffe-eau à effet Joule ou les panneaux solaires thermiques. Un point à signaler : les pompes à chaleur en immeuble collectif sont restées très marginales.

De ce fait, la répartition des énergies de chauffage en immeuble collectif a beaucoup évolué avec une forte réduction de l'électricité, au-delà, selon les entretiens, de

¹ Source Effinergie : 150 000 logements au 31 décembre 2012, la RT 2012 étant applicable à tous les bâtiments à compter du 1^{er} janvier 2013.

l'objectif recherché de diversification des sources d'énergies et de limitation de la pointe de puissance d'électricité appelée.

Cette évolution des équipements s'est faite parfois au détriment d'un effort sur le bâti, a priori pourtant plus durable que les équipements. Point important pour la santé et le confort : les ponts thermiques dans l'enveloppe ont été réduits.

Pour la mise en œuvre de la RT 2012, la courbe d'apprentissage des acteurs est satisfaisante en termes de compétences techniques et d'absorption des surcoûts. La mission salue toutes les actions d'information et de formation menées tant par les services de l'État que par les représentations professionnelles et institutionnelles. Elle recommande qu'elles soient poursuivies, si nécessaire avec le soutien financier de l'État. Néanmoins, quelques points de vigilance sont signalés comme la coordination entre architectes et thermiciens tout au long de l'élaboration des projets, la bonne utilisation de la méthode de calcul réglementaire de la performance énergétique, la prise en compte de techniques nouvelles dans ce calcul réglementaire, l'application de la réglementation dans le secteur des maisons individuelles diffuses. Pour y remédier, la mission fait des propositions concrètes sur chacun de ces sujets. L'objectif en est de responsabiliser davantage les acteurs et les utilisateurs par des mesures incitatives plutôt que par des normes réglementaires.

Il est difficile d'évaluer précisément le degré d'application de la réglementation. D'après les entretiens, des interrogations existent en particulier pour les maisons individuelles en secteur diffus. Quelques recommandations sont faites pour améliorer le respect de la réglementation en ciblant mieux sur le plan qualitatif le contrôle du règlement de la construction qui est très limité quantitativement et en examinant la possibilité de développer la mesure de la performance intrinsèque lors de la réalisation des bâtiments pour la comparer au calcul. Cela conduirait les acteurs de la construction à mieux se coordonner pour respecter la réglementation pendant les études et les travaux.

Sous réserve des remarques ci-avant, la mission considère donc que, cinq ans après sa mise en application, la RT 2012 est acceptée et appliquée de manière globalement satisfaisante. N'y est certainement pas étranger le fait qu'elle s'inscrive depuis quarante ans dans une politique publique affirmée de manière constante avec des exigences progressives de performance et une dynamique positive d'acteurs.

En revanche, on arrive peut-être à certaines limites et pour la suite la mission souhaite attirer particulièrement l'attention sur les points suivants.

À l'écoute d'un grand nombre d'entretiens, l'écart apparaît grandissant entre, d'une part la sophistication de la réglementation et la recherche d'une exigence de plus en plus grande, qui reposent sur un calcul théorique lors de la conception du bâtiment et d'autre part, la réalité de l'occupation, c'est-à-dire l'utilisation du bâtiment liée à des comportements très divers. Continuer à augmenter les exigences réglementaires et leur complexité atteint ses limites : il est essentiel à présent de mieux prendre en compte le comportement et les aspirations des utilisateurs. Il ne s'agit pas de contraindre les utilisateurs à un mode d'utilisation de leur bâtiment, mais de les accompagner pour qu'ils pilotent au mieux l'utilisation de leur bâtiment en étant conscients de l'impact de leur comportement sur leur consommation d'énergie, mais aussi sur leur confort et l'environnement. La question du confort, voire de la santé, est de plus en plus prégnante, l'été en particulier. La préoccupation de l'environnement, plus émergente mais essentielle à long terme, doit être davantage stimulée. C'est l'objectif recherché pour la prochaine réglementation : la mission le salue comme positif même s'il ajoute un élément de complexité par sa nouveauté tant au niveau de son calcul que de son niveau d'exigence.

Pour cette prochaine réglementation et au vu des éléments constatés dans la première étape de ses travaux, la mission exprime d'ores et déjà quelques recommandations. À ce stade, elle ne préjuge pas des conclusions de la deuxième étape qu'elle conduira en s'appuyant sur les résultats de l'expérimentation lancée en 2017, E+C-, qui préfigure la nouvelle réglementation.

En premier lieu, elle considère comme nécessaire de renforcer l'effort sur le bâti et sur la recherche d'une architecture bioclimatique dans un objectif de durabilité. Dans la RT 2012, le critère relatif à l'enveloppe du bâtiment et à sa conception était moins exigeant que pour l'obtention du label BBC, lequel a donné lieu à 150 000 logements, individuels ou collectifs, chauffés à l'électricité ou au gaz, résultat quantitativement significatif. La mission considère que l'exigence fixée pour le label BBC est généralisable à tous les logements neufs.

Ensuite, il sera nécessaire de définir l'objectif de répartition des sources d'énergies et de la part des énergies renouvelables. L'objectif de réduction des gaz à effet de serre devra également être davantage intégré dans la prochaine réglementation à condition qu'un retour suffisant ait pu être effectué sur l'expérimentation E+C- : il apparaît d'ores et déjà nécessaire d'approfondir les modèles de calcul pour préciser la prise en compte des gaz à effet de serre émis dans les bâtiments en exploitation, afin de faire évoluer la méthode de calcul réglementaire en conséquence.

Par ailleurs, le seuil maximal pour la consommation d'énergie sera fixé de manière à être acceptable sur le plan technico-économique en s'appuyant principalement sur la notion de coût global. Il tiendra compte des objectifs de répartition des sources d'énergie, de recherche d'une diminution des consommations et de l'augmentation de la part des énergies et chaleurs renouvelables et incitera à l'amélioration de la performance des équipements. Il semble souhaitable de ne pas distinguer, contrairement à la RT 2012, l'habitat individuel et l'habitat collectif pour la fixation de ce seuil de consommation.

Il s'agira également de limiter le plus possible dans la future réglementation les exigences de moyens au profit d'exigences de résultats, en ne gardant en exigences de moyens que celles qui sont nécessaires comme garde-fous.

En résumé, la simplification de la méthode de calcul, la révision et/ou le complément des critères traduisant les objectifs de résultat, l'étude d'un critère relatif à l'émission des gaz à effet de serre, la santé et le confort, le pilotage actif des équipements, un meilleur accompagnement des utilisateurs sont les principaux sujets à étudier pour tirer profit de la mise en œuvre de la RT 2012 et régler les sujets qui n'y ont pas été traités de manière réellement satisfaisante.

Pour que la nouvelle réglementation soit acceptée et applicable, il convient également d'avoir des résultats représentatifs, quantitativement et qualitativement, de l'expérimentation du label E+C- actuellement en cours pour pouvoir aller vers une réglementation environnementale.

Compte-tenu de l'ensemble de ces chantiers qui nécessitent des études et une concertation approfondies, la mission recommande très vivement de prendre le temps nécessaire pour élaborer la prochaine réglementation.

Enfin, il semble essentiel à la mission que les sujets relatifs à la santé et au confort, soulignés par la plupart des interlocuteurs rencontrés, c'est-à-dire la révision de la réglementation sur la ventilation et une nouvelle traduction réglementaire du confort d'été, soient en tout état de cause réalisés d'ici 2 ans.

Recommandations - Préambule

À ce stade, les recommandations sont établies à partir de la première étape de la mission, à savoir l'analyse de la RT 2012.

Dans sa deuxième étape, la mission examinera les travaux en cours sur la prochaine réglementation. Il y est prévu une obligation de résultat nouvelle liée aux gaz à effet de serre, ce qui peut conduire à revoir l'architecture réglementaire actuelle.

Les recommandations ci-après portent en premier lieu sur une meilleure appropriation et application de la RT 2012. De plus, des pistes sont d'ores et déjà dégagées en vue de la prochaine réglementation. Elles seront approfondies par la mission dans sa deuxième étape.

1. Recommandation à la DHUP : Mieux accompagner l'appropriation de la RT 2012 par les acteurs de la construction et par les utilisateurs des bâtiments

Soutenir financièrement le développement d'outils de coopération entre architecte et thermicien pour l'estimation simplifiée de la performance énergétique réglementaire à chaque étape d'élaboration du projet (esquisse, étude d'avant-projet, étude de projet). 60

Poursuivre les actions de soutien du programme PACTE, porté par l'Agence de la Qualité de la Construction, et d'usage du numérique afin de favoriser l'appropriation par les professionnels des diverses évolutions techniques et méthodologiques liées à la RT 2012. 63

Revoir la procédure du titre V, destinée à favoriser l'innovation, pour la rendre plus rapide et plus efficace en s'inspirant de celle des avis techniques. Par ailleurs, mettre en place pour certaines techniques nouvelles une autre procédure de type déclaratif, pouvant être dénommée « titre V expérimental ». 81

Élaborer et agréer des modes d'application simplifiés (solutions techniques) en maisons individuelles, tels que prévus au titre IV de l'arrêté du 26 octobre 2010 relatif à la RT 2012. 82

Inciter les maîtres d'ouvrage à développer des processus d'accompagnement après la livraison de leurs bâtiments, afin d'impliquer les occupants dans la maîtrise de leur consommation d'énergie. Étudier l'éventualité d'une obligation d'accompagnement dans la prochaine réglementation. 74

2. Recommandation à la DHUP : Favoriser le respect de l'application des réglementations actuelles et futures

Renforcer l'efficacité du contrôle du règlement de constructions pour son volet énergétique en vérifiant la présence de l'attestation obligatoire de fin de chantier et en identifiant, en fonction des types de construction, la nature des non-conformités les plus récurrentes affectant le bâti. 23

Développer la mesure in situ de la performance énergétique intrinsèque des bâtiments. 25

- 3. Recommandation à la DHUP : Disposer d'un bilan de la RT 2012 avant d'élaborer la prochaine réglementation**
- Lancer et exploiter une campagne de mesures des consommations réelles et d'enquêtes sur les pratiques des occupants sur les bâtiments en utilisation construits après la RT 2012, dans la prolongation des campagnes de mesures effectuées sur les logements labellisés BBC et préfigurateurs de la RT 2012. 72
- 4. Recommandation à la DHUP : Améliorer d'ici 2 ans la prise en compte réglementaire des questions de qualité de l'air intérieur et de confort d'été**
- Revoir la réglementation de 1982 sur la ventilation en cohérence avec la réglementation thermique. 59
- Prévenir efficacement l'inconfort d'été des bâtiments neufs en fixant de nouvelles dispositions dans la RT 2012 et dans son moteur de calcul. 57
- Compte-tenu du changement climatique, améliorer les conditions réglementaires du recours à la climatisation en autorisant une augmentation du seuil maximal de consommation dans ce cas. 59
- 5. Recommandation à la DHUP : Revoir à l'occasion de l'élaboration de la prochaine réglementation les critères d'obligation de résultats et limiter les obligations de moyens**
- Fixer un seuil plus ambitieux pour le Besoin Bioclimatique (Bbio), compatible avec un effort économique raisonnable en coût global et adapté à chaque type de bâtiment, afin d'assurer la sobriété du bâti dans la durée. 55
- Donner un cadre de calcul pour la prise en compte des gaz à effet de serre émis à l'occasion de la consommation énergétique des bâtiments. À cet effet, faire réaliser au CSTB et à RTE un modèle dynamique à pas horaire de consommation d'un bâtiment, prenant en compte la nature et l'origine de l'énergie consommée afin de tenir compte de l'économie ou de la sursollicitation du système électrique et du CO₂ émis. Tester ce modèle dans l'expérimentation E+C- en cours, puis l'évaluer, avant de l'utiliser dans la future réglementation. 34
- Utiliser ce modèle dynamique à pas horaire pour définir l'exigence de consommation d'énergie primaire (Cep) maximale. 34
- Fixer le même seuil de Cep pour l'habitat collectif et individuel, au moins équivalent au seuil fixé dans la RT 2012 pour l'habitat individuel. 34

<p>Rechercher un autre terme que celui actuellement utilisé de « consommation conventionnelle » pour la consommation d'énergie primaire et étudier la possibilité de recourir à une expression permettant d'éviter la comparaison avec la consommation réelle et limiter ainsi les risques de malentendus entre utilisateurs et maîtres d'ouvrage.</p>	76
<p>6. Pour la DHUP et la DGEC : Réexaminer en vue de la prochaine réglementation l'objectif de répartition entre les sources d'énergies</p>	
<p>Établir un bilan global des coûts et des bénéfices des investissements et des économies en fonctionnement et étudier comment articuler cette approche avec les critères relatifs aux objectifs de résultats de la prochaine réglementation.</p>	66
<p>Réaliser, en tenant compte de l'économie du système électrique, une évaluation économique, environnementale et de confort d'usage des équipements d'eau chaude à accumulation ainsi que des solutions de pilotage actif sur des appareils à effet Joule évolués, dotés de fonctions d'ajustement de la demande et de limitations de puissance commandées par le réseau.</p>	40
<p>7. Recommandation à la DHUP : Rendre plus transparente, simplifier et évaluer la méthode de calcul réglementaire</p>	
<p>Demander au CSTB d'établir l'explicitation détaillée et commentée des hypothèses, des valeurs par défaut, et des modalités de calcul dans la méthode Th-BCE 2012.</p>	77
<p>Demander au CSTB de simplifier d'ici deux ans la méthode de calcul en supprimant les éléments à impact non significatif sur le résultat en comparaison avec d'autres incertitudes comme les données météorologiques du site de localisation du projet.</p>	78
<p>Vérifier qu'il n'existe pas dans le logiciel de possibilité de contournement significatif de certains effets, comme pour les masques solaires et les ponts thermiques des planchers intermédiaires et, le cas échéant, revoir les valeurs par défaut.</p>	77
<p>Avant de publier la prochaine réglementation, mettre en place une évaluation technique, par un opérateur indépendant, français ou étranger, du moteur de calcul lors de la réalisation et mise en service de sa nouvelle version par le CSTB.</p>	79

Introduction

Par une lettre en date du 13 mars 2017, la ministre de l'environnement, de l'énergie et de la mer et la ministre du logement ont demandé au Conseil Général de l'Environnement et du Développement Durable et au Conseil Général de l'Économie de procéder à une évaluation de la réglementation thermique de 2012 (RT 2012) en vue de la prochaine réglementation environnementale. À cette date, la prochaine réglementation environnementale était prévue pour 2018.

Le gouvernement en place depuis mai 2017 a confirmé en septembre 2017 le projet d'une nouvelle réglementation environnementale s'appuyant sur une expérimentation E+C-, déjà lancée. Mais il a reporté la date de cette nouvelle échéance réglementaire à l'horizon 2020. C'est dans ce contexte que la mission a engagé ses travaux.

Ces réglementations concernent les constructions neuves et ne s'appliquent pas au parc de constructions existantes, visé par d'autres réglementations et des dispositifs d'information et d'incitations financières.

Le présent rapport concerne la première phase, l'évaluation de la RT 2012. La deuxième phase portera sur un appui à l'élaboration de la prochaine réglementation à partir de l'observatoire de l'expérimentation E+C- piloté par la Direction de l'habitat, de l'urbanisme et des paysages : elle sera engagée à partir du dernier trimestre 2018 lorsque suffisamment de projets auront bénéficié de cette expérimentation pour fonder une analyse pertinente.

Selon les termes de la lettre de mission, l'évaluation de la RT 2012 concernait l'appropriation de cette réglementation par les acteurs de la construction et par les utilisateurs 4 à 5 ans après sa mise en œuvre ainsi que son niveau d'application par ces mêmes acteurs.

Un focus était demandé sur quatre points qui avaient fait débat lors de la parution de la réglementation : la répartition entre les énergies utilisées pour le chauffage et l'eau chaude sanitaire, la qualité de la conception et de la réalisation des constructions, le confort et le coût. Une question particulière était soulevée sur la possibilité d'un accès libre à la méthode informatique de calcul réglementaire.

La mission a concentré son champ d'investigation sur les logements et les bureaux, sans examiner les commerces, les entrepôts ou les bâtiments publics.

Pour réaliser ses travaux, la mission s'est attachée à rencontrer les acteurs concernés qui s'avèrent être très nombreux : institutionnels, industriels, organismes de recherche, producteurs et fournisseurs d'énergie, maîtres d'ouvrage, architectes, bureaux d'études, thermiciens, entreprises, artisans, sociologues. Afin de chercher à faire la part des choses entre les positions de principe et l'état des pratiques, elle a souhaité rencontrer les représentants institutionnels et professionnels ainsi que directement des professionnels.

Elle a eu accès à des documents très nombreux et riches, qui, pour la plupart, ont été communiqués spontanément par les personnes rencontrées.

Tout ceci témoigne de l'intérêt porté par les acteurs à ce sujet complexe et foisonnant, qui est à la fois technique, économique et politique et qui s'inscrit dans une longue histoire depuis les chocs pétroliers des années 70.

Organiser le rapport sur ce sujet très entrelacé a conduit à définir 3 parties.

La première partie présente la RT 2012 dans ses grandes lignes, avec son contexte, sa démarche d'élaboration et de concertation, ses exigences et les contrôles qui en sont faits.

La deuxième partie analyse l'impact de cette réglementation sur les énergies employées pour le chauffage et l'eau chaude sanitaire, sur les équipements correspondants, sur l'enveloppe et la conception des bâtiments et sur l'état des filières.

La troisième partie vise à en tirer un bilan en analysant plus particulièrement les écarts entre les objectifs et la réalité de terrain.

Des recommandations opérationnelles sont émises par la mission au fur et à mesure du rapport. Pour en faciliter la lecture et sans préjuger des conclusions des travaux en cours sur la prochaine réglementation, en particulier à travers l'expérimentation E+C-, elles ont été regroupées au début du rapport avant la présente introduction.

1. La RT 2012 : contexte, description et contrôle de son application

Avant de décrire la RT 2012 dans son processus d'élaboration et son contenu et d'analyser ses modalités de contrôle, il a paru nécessaire de la replacer dans un contexte national et européen.

1.1. La RT 2012 s'inscrit dans les politiques françaises de l'énergie et de la construction menées depuis plus de 40 ans

En 2012, les bâtiments construits avec une réglementation thermique représentent 39,3 % des logements existants en France².

Avant la réglementation thermique de 2012, l'histoire est en effet déjà longue. Depuis le premier choc pétrolier de 1973, 6 réglementations thermiques successives relatives aux bâtiments neufs sont parues en s'inscrivant dans la politique énergétique nationale d'indépendance énergétique, de réduction des besoins en énergie et de diminution des consommations d'énergie non renouvelables.

Chacune a marqué une avancée dans la qualité des bâtiments en termes de conception et de choix de solutions techniques ainsi que dans leur performance énergétique.

La politique énergétique a connu un essor mondial avec les chocs pétroliers de 1973 et 1979. En France, ils ont conduit à une mobilisation nationale et, pour les bâtiments neufs, aux réglementations thermiques de 1974 (RT 74), 1982 (RT 82) et 1988 (RT 88).

À partir de 1985, après des évolutions nationales, européennes et mondiales parfois en contradiction, une poursuite de l'amélioration de la performance énergétique a donné lieu aux réglementations thermiques de 2000 (RT 2000) et de 2005 (RT 2005).

Dans un cadre européen qui s'est peu à peu affirmé et à la suite du Grenelle de l'environnement de 2007, la réglementation thermique de 2012 (RT 2012) a été publiée.

Trois de ces réglementations (RT 82, RT 88 et RT 2012) ont été précédées de labels préfigurateurs, ce qui a facilité leur acceptation et leur mise en œuvre par les professionnels.

Ces six réglementations thermiques ont constitué des étapes successives sur trois plans :

- la prise en compte de composantes de plus en plus nombreuses du bilan énergétique des constructions neuves. La RT 74 a limité les déperditions de chauffage en renforçant l'isolation des bâtiments. La RT 82 a pris en compte les besoins de chauffage, ce qui a conduit, au-delà d'une meilleure isolation du bâtiment, à favoriser une architecture bioclimatique pour augmenter les apports de chaleur gratuits. Les RT 88, 2000, 2005 et 2012 ont réglementé la consommation d'énergie, finale en 1988 et primaire depuis 2000, tenant compte ainsi des performances de l'isolation, de la conception architecturale et des équipements de chauffage et d'eau chaude sanitaire.
- l'amélioration progressive du bilan énergétique des constructions neuves. Il est souligné que l'unité du critère réglementaire ayant évolué à plusieurs reprises

² Les ménages et la consommation d'énergie, MTES - 2017, page 41.

entre 1974 et 2012, il est difficile de comparer l'amélioration des performances énergétiques au fur et à mesure des réglementations.

- les progrès significatifs chez les acteurs de la construction et les industriels Le périmètre de la mission ne concerne que les constructions neuves. Il est souligné à cette occasion que depuis près de 40 ans l'effort a porté principalement sur les constructions neuves alors que les constructions existantes présentent un marché de rénovation et de gain de performance énergétique sans commune mesure. Mais ses mécanismes de décision sont beaucoup plus complexes. Toutefois il est précisé que ce marché de la rénovation peut bénéficier de certaines techniques initiées dans les constructions neuves.

L'annexe 3 décrit le contexte de la politique énergétique française et détaille les six réglementations thermiques parues entre 1974 et 2012.

L'annexe 5 récapitule les textes juridiques relatifs aux réglementations thermiques et aux labels préfigurateurs.

1.2. La RT 2012 répond à des directives européennes et au Grenelle de l'Environnement de 2007.

La RT 2012 s'inscrit dans un double contexte, européen avec notamment la Directive européenne 2010/31/UE sur l'efficacité énergétique des bâtiments et dans la suite du Grenelle de l'Environnement.

1.2.1. Au niveau européen, plusieurs directives traitent de l'efficacité énergétique dans la construction

- Le « paquet climat - énergie » de 2008 comporte l'objectif des 3 fois 20 à l'horizon 2020 : baisse de 20 % des émissions de CO₂, part des énergies renouvelables dans le mix énergétique de 20 %, accroissement de l'efficacité énergétique de 20 %.
- La directive 2009/28/CE³ est relative à la promotion de l'utilisation de l'énergie produite à partir de sources renouvelables.
- La directive 2010/31/UE⁴ du 19 mai 2010 sur la performance énergétique des bâtiments, qui a pris la suite de la directive 2002/91/CE sur la performance énergétique des bâtiments, impose aux États de fixer des exigences minimales en termes de performances énergétiques. Elle demande dans son article 5 un rapport sur le « cost optimal » - ou coût global -, c'est-à-dire sur les niveaux optimaux de performance énergétique en fonction des coûts d'investissement et d'exploitation, selon un cadre méthodologique comparatif de calcul défini par le règlement délégué n° 244/2012 du 16 janvier 2012⁵. Elle impose également

³ <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/fr/TXT/?uri=CELEX%3A32009L0028>

⁴ Elle renforce la directive 2002/91/CE, qui avait pour objectif de réduire les consommations moyennes du bâtiment de 20 % d'ici à 2020 (par rapport à 1990) en recourant à 12 % au moins d'énergies renouvelables d'ici 2010.

⁵ Le rapport sur le « cost optimal » a été communiqué par la France après la publication de la RT 2012 et en application de la méthode définie dans le règlement délégué du 16 janvier 2012. Il a été établi sur la base de scénarios du prix de l'énergie, à partir de six types de logements individuels et collectifs et selon trois niveaux de performance énergétique (RT 2005, label THPE, RT 2012).

dans son article 6 la prise en compte de systèmes à haute performance énergétique tels que les pompes à chaleur, la cogénération et les systèmes utilisant des EnR. Enfin, elle impose une consommation d'énergie quasi nulle à l'horizon 2020 pour tous les bâtiments neufs.

- La directive 2012/27/UE sur l'efficacité énergétique, qui fixe une réduction de 20 % de la consommation d'énergie primaire de l'Union européenne et introduit, à ce titre, l'obligation de rénovation énergétique des bâtiments publics de 3 %.

L'évaluation de la directive 2010/31/UE sur la performance énergétique des bâtiments, prévue à son article 19, a été effectuée en 2016.⁶ Elle porte sur la qualité globale et administrative de cet instrument juridique européen. Elle valide le bon fonctionnement de la méthode du cadre général commun du « cost optimal » et les progrès des états membres mais insiste aussi sur les marges de progrès pour la rénovation des bâtiments existants. Cette évaluation est prise en compte dans la directive 2018/844/UE du 30 mai 2018 qui modifie les directives 2010/31/UE et 2012/27/UE et dont le principal objectif est d'accélérer la rénovation rentable des bâtiments existants et l'utilisation des technologies intelligentes et du numérique.

Il n'y a pas de procédure active d'infraction au droit européen engagée par la Commission européenne à propos de la RT 2012, ce qui sous-entend que celle-ci respecte effectivement la directive de 2010.

Un autre point est parfois évoqué : celui de la surtransposition de la RT 2012 par rapport à la directive de 2010. Celle-ci est une directive d'harmonisation minimale entre pays, qui porte sur la notion de « cost optimal », comme indiqué au point 3 de son article 1. Dans le cas d'harmonisation minimale, la notion de surtransposition est rejetée au plan juridique par le Conseil d'État. Pour autant, certains parlementaires penchent pour une définition plus large de la surtransposition qui prenne en compte les conséquences des normes pour leurs destinataires : particuliers, entreprises, collectivités territoriales. Dans le cas de la RT 2012, ce terme de surtransposition a été évoqué par le Conseil national d'évaluation des normes (CNEN).⁷ La mission ne se prononce pas sur le bien fondé juridique de l'utilisation de ce terme. À la lecture de la délibération du CNEN, elle constate qu'y sont visés quelques exigences de moyens figurant dans la RT 2012, qu'elle examine dans la suite du rapport au paragraphe 2.3.

1.2.2. Au niveau national, le Grenelle de l'Environnement de 2007 fixe un objectif de consommation d'énergie maximale et des labels préfigurent cet objectif

Afin de réduire durablement les dépenses énergétiques, les lois du 3 août 2009 et du 12 juillet 2010 de mise en œuvre des travaux du Grenelle de l'Environnement de 2007 fixent des objectifs ambitieux pour les bâtiments neufs, à savoir la généralisation des bâtiments basse consommation. Ils ont été définis par l'arrêté du 3 mai 2007 qui fixe les conditions d'attribution du label pour les constructions à performances supérieures à celles de la RT 2005.

Cet arrêté définissait cinq niveaux d'exigences : le label Haute performance énergétique (HPE 2005) avec une consommation conventionnelle inférieure de 10 % à la consommation de référence de la RT 2005, le label Très haute performance énergétique (THPE) avec une consommation inférieure de 20 %, et la déclinaison Environnement de ces deux labels avec un minimum d'au moins 50 % d'énergies

⁶ <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/?uri=CELEX:52016SC0409>

⁷ Délibération n°2017 – 10 – 12 – 0003 du 12 octobre 2017 du CNEN.

renouvelables. Enfin le label Bâtiment de Basse Consommation (BBC 2005) imposait aux immeubles de logements une consommation maximum de 50 kWh/m².an à moduler d'un facteur de 0,8 à 1,3 selon l'altitude et la zone climatique, ainsi qu'une consommation inférieure à 50 % à la RT 2005 pour les bâtiments tertiaires. Une exigence renforcée avait également été fixée pour le coefficient Ubat.

C'est le label BBC qui, avec cette valeur de 50 kWh/m².an, va préfigurer la RT 2012. Il s'est largement développé grâce à des aides financières et des engagements de déploiement conclus entre l'État et la Fédération des promoteurs d'une part, et, l'Union Sociale pour l'Habitat pour les logements sociaux, d'autre part. À la suite de la dynamique du Grenelle, c'est un délai de plus de 5 ans qui aura permis de généraliser le bâtiment à basse consommation dans la réglementation.

La loi du 12 juillet 2010 portant engagement national pour l'environnement introduisait par ailleurs à l'article L111 – 9 du Code de la Construction de l'Habitation la notion de gaz à effet de serre dans la définition des performances énergétiques à prendre en compte au-delà de 2020.

1.2.3. Le passage de la performance énergétique à la performance environnementale est d'ores et déjà prévu pour la prochaine étape réglementaire

La loi pour la transition énergétique et la croissance verte (TECV) du 17 août 2015, la stratégie nationale bas carbone (SNBC) de 2015, le Plan climat de 2017, la loi sur l'évolution du logement, de l'aménagement et du numérique (Elan), la Programmation pluriannuelle de l'énergie (PPE) et la révision de la SNBC, toutes les trois prévues pour fin 2018, constituent autant d'éléments de cadrage quant à l'objectif de réduction des gaz à effet de serre et de la neutralité carbone aux horizons 2018, 2020, 2030 et 2050.

1.3. La démarche d'élaboration et de concertation de la RT 2012 a été saluée comme exemplaire

Pour préparer la réglementation thermique de 2012, des travaux thématiques ont été pilotés par la DHUP qui a réuni pendant plus de deux ans les acteurs de la construction dans la prolongation des groupes de travail existants pour les RT précédentes. Ces travaux, dont les résultats sont publics, ont intégré des expérimentations sur des procédés innovants pilotés par le CSTB et l'Ademe et financées par l'Ademe grâce au programme PREBAT conduit par le PUCA. Ils visaient notamment à établir la validité du seuil de consommation en énergie primaire avec les techniques et systèmes existants.

Sur ces bases, les bureaux d'études ont conclu assez rapidement à la possibilité d'arriver à 50 kWh/m².an pour l'électricité. Ce seuil initialement prévu dans le label BBC correspondait au savoir-faire de la profession, alors que la RT 2005 autorisait un seuil maximal de 190 kWh/m².an en zone climatique H2, avec une consommation réelle moyenne de 150 à 180 kWh/m².an.

Les premiers textes sont parus en 2010⁸ pour une application à tous les types de construction au 1^{er} janvier 2013, soit plus de deux ans après la publication.

⁸ Décret n°2010 – 1069 du 26 octobre 2010 – Journal officiel du 27 octobre 2010.

Arrêté du 26 octobre 2010.

Les modalités d'élaboration ont été saluées par tous les interlocuteurs rencontrés par la mission ; elles traduisent une concertation qui a porté sur le fonds des sujets avec une écoute des points de vue et qui a conduit à la mise en place de textes largement discutés. Les réactions émises sur certains points, comme le coût ou la répartition entre les énergies de chauffage, voire les recours déposés à la suite de la parution des textes, témoignent du dynamisme et de la richesse des discussions ainsi que de la confrontation et des interactions permanentes entre une approche d'experts et des positions politiques, économiques et de lobbying des énergéticiens, des industriels et des acteurs de la construction.

Du fait de ces interactions, des arbitrages finaux ont conduit à fixer dans la RT 2012 quelques seuils réglementaires à un niveau moins strict que ceux du label BBC pour répondre à des réactions sur le risque de surcoût de la construction lié à cette nouvelle réglementation. Selon les informations recueillies, ce risque de surcoût, indiqué par certains à hauteur de 10 à 15 %, était surestimé par rapport à ce qui était observé, étant entendu que cette notion de surcoût est difficile à appréhender du fait de l'absence d'une méthode partagée et compte-tenu de la diversité de situations (cf. §2.6) et que la question économique aurait dû alors être davantage appréhendée en termes de coût global.

À la suite de la parution de la RT 2012, il semble que ces groupes de travail aient été mis sous une pression de calendrier très forte, lorsque l'annonce de la prochaine réglementation à l'horizon 2018 a été faite, ce qui a sans doute nui à la qualité technique de leurs travaux.

La décision de faire précéder la nouvelle réglementation environnementale d'une étape expérimentale avec le lancement des travaux sur le label E+C-, de manière analogue à la RT 2012 avec le label BBC, a été saluée positivement : elle a donné un objectif aux groupes de travail, qui sont demeurés actifs pour préparer l'expérimentation E+C- et qui se mobilisent à présent sur la préparation de la nouvelle réglementation.

Ce sera l'objet de la deuxième partie de la mission fin 2018 que d'évaluer cette nouvelle étape qui a démarré sur des bases de concertation considérées par les acteurs comme constructives.

1.4. La RT 2012 comporte trois critères visant à des objectifs de résultat et complétés par des obligations de moyens

En termes d'objectifs généraux, la RT 2012 vise à réduire en premier lieu les besoins en énergie grâce à un effort sur l'enveloppe et sur la conception et tout en maintenant le confort en été. Puis il s'agit de diminuer les consommations d'énergie primaire en cherchant à rééquilibrer les énergies de chauffage, l'électricité ayant jusque-là une part prépondérante, afin de diminuer le problème de la pointe de production électrique qui constituait alors une forte préoccupation. Enfin elle cherche à développer le recours aux énergies renouvelables.

Ces objectifs sont en cohérence avec la politique de la construction qui vise à des bâtis durables et de qualité et avec la politique énergétique.

La RT 2012 n'a pas introduit de coefficient carbone ou d'émission de gaz à effet de serre, faute de consensus sur ce sujet, selon les informations recueillies par la mission.

Cette réglementation vise les logements et les bâtiments tertiaires. Elle se situe dans le prolongement du label BBC et s'appuie sur les études de faisabilité au travers des expérimentations menées sur 1100 bâtiments.

Elle comporte des obligations de résultat et des obligations de moyens.

Les obligations de résultat sont au nombre de trois et sont traduites par les critères décrits ci-après, le besoin bioclimatique (Bbio), la consommation d'énergie primaire (Cep), et la température intérieure conventionnelle (TIC)⁹. Ils sont déterminés par une méthode de calcul thermique dynamique à pas horaire dite Th-BCE 2012 de consommation en énergie primaire sur un scénario conventionnel et incluant les données climatiques moyennes.

- Le Besoin bioclimatique (Bbio) :

Le Bbio prend en compte les besoins de chauffage, de refroidissement et d'éclairage du bâtiment. Il traduit la qualité de l'enveloppe du bâtiment et de sa conception et est totalement indépendant de la solution de chauffage ou de refroidissement retenue. C'est un nouveau coefficient qui remplace le Ubat, qui ne mesurait que l'isolation. Il doit être inférieur à un seuil $Bbio_{max}$ fixé par la réglementation. Son seuil a été fixé au-dessus de celui du label BBC : il apparaît comme facile à atteindre.

- La consommation d'énergie primaire (Cep) :

La consommation d'énergie primaire est calculée à partir de la consommation d'énergie utilisée dans la construction, dite « énergie finale », à laquelle est appliquée un coefficient dit « de conversion en énergie primaire ». La détermination de ce coefficient est décrite à l'annexe 7. Le débat relatif à la détermination de ce coefficient est évoqué au §2.1.3.

La consommation d'énergie finale est calculée sur la base de la méthode Th-BCE, indiquée ci-dessus, à partir des besoins en énergie de la construction et du rendement des différents équipements consommant de l'énergie pour les cinq usages pris en compte dans la réglementation : chauffage, production d'eau chaude sanitaire, refroidissement, éclairage, auxiliaires (ventilateurs, pompes)

C'est la première réglementation à fixer un seuil maximal de consommation en énergie primaire (Cep) unique, dit « agnostique » car indépendant de la source d'énergie, tout en abandonnant la notion, présente jusqu'en 2005, de comparaison du bâtiment projeté à un bâtiment de référence.

Ce seuil maximal, fixé à 50 kWh/m².an, est en fait modulé par région climatique et par type de bâtiment. Le logement collectif bénéficie jusqu'à fin 2019 d'une majoration de 15 % du seuil maximal du Cep, modulation décidée en réponse aux demandes des promoteurs. Le recours aux énergies renouvelables (EnR) est favorisé grâce à deux mesures : une prise en compte de l'énergie produite comme étant « gratuite » dans le calcul de la consommation ou modulation du seuil de consommation et, pour les maisons individuelles, une obligation de consommation d'EnR à hauteur de 10 %.

C'est celui des trois critères qui est le plus ambitieux en termes d'objectif à atteindre par rapport aux seuils visés par la RT 2012.

- La Température Intérieure Conventionnelle (TIC) :

⁹ Le Cep et le Tic étaient déjà présents dans la RT 2005. Le Bbio est un nouveau critère dans la RT 2012.

La TIC vise à traduire le confort en été. Elle doit rester inférieure à un seuil, $T_{ic,ref}$, sur une séquence de 5 jours chauds. Le seuil est identique à celui de la RT 2005. Le bâtiment projeté est comparé à un bâtiment de référence.

Ces trois critères, qui visent à des obligations de résultat grâce à une approche globale des phénomènes physiques du bâtiment et de ses équipements, sont complétés par cinq obligations de moyens, dont les quatre premières sont nouvelles. Elles portent sur certains éléments du bâtiment et ont une fonction de garde-fous. Elles consistent en :

- un traitement de l'étanchéité validé par un test obligatoire à la fin du chantier, grâce à l'outil dit « porte soufflante » réalisé par le CSTB,
- un minimum de surface de baies vitrées à hauteur de 1/6,
- l'exigence de consommation d'au moins 5 kWh/m².an d'une énergie renouvelable, qui s'applique aux maisons individuelles et non aux immeubles jusqu'à fin 2019,
- une obligation de protections solaires mobiles pour toutes les pièces destinées au sommeil,
- des exigences sur les ponts thermiques.

La réglementation est présentée en détail dans l'annexe 3 au paragraphe 5.

1.5. Les contrôles de l'application de la réglementation thermique sont largement perfectibles

La mission a été conduite à s'interroger sur le degré d'application de la RT 2012 et donc sur son contrôle.

Le respect du droit de la construction repose sur les constructeurs et les autres acteurs de la construction, sous peine de sanctions pénales¹⁰. Il n'y a en général pas de vérification par les pouvoirs publics. Les actes d'urbanisme ne portent pas sur la conformité au droit de la construction. La fonction de police judiciaire est exercée au travers du dispositif du contrôle du respect des règles de construction¹¹ (CRC). L'administration peut exercer un droit de visite et de communication des documents techniques pendant les travaux et jusqu'à trois ans après leur achèvement.

1.5.1. Le dispositif mis en place par la RT 2012 est un progrès

La RT 2012 a instauré un dispositif d'attestations¹² de prise en compte de la réglementation. Celles-ci sont basées sur des obligations¹³ de calcul réglementaire

¹⁰ Notamment interruption des travaux, saisie des matériaux et du matériel de chantier, amende de 45 000 € et 6 mois d'emprisonnement en cas de récidive (articles L 152-1 et suivants du code de la construction et de l'habitation).

¹¹ Article L 151-1 du code de la construction et de l'habitation.

¹² Arrêté du 11 octobre 2011 relatif aux attestations de prise en compte de la réglementation thermique et de réalisation d'une étude de faisabilité relative aux approvisionnements en énergie pour les bâtiments neufs ou les parties nouvelles de bâtiments.

¹³ Articles 8 et 9 de l'arrêté du 26 octobre 2010 relatif aux caractéristiques thermiques et aux exigences de performance énergétique des bâtiments nouveaux et des parties nouvelles de bâtiments.

d'une part (« récapitulatif standardisé d'étude thermique » Rset : fichier .xml du calcul thermique réglementaire sur logiciel agréé), et de mesure, d'autre part (mesure de perméabilité à l'air par un opérateur indépendant certifié). Les attestations sont à joindre à la demande de permis de construire d'une part, et à la déclaration d'achèvement et de conformité des travaux d'autre part, après avoir été générées sur le site internet du ministère en charge de la construction, sur la base du Rset.

Au stade de la demande de permis de construire, l'attestation précise la valeur du besoin bioclimatique (Bbio), le respect de la surface minimale des baies vitrées et le recours envisagé aux énergies renouvelables¹⁴. Au stade de la déclaration d'achèvement et de conformité des travaux, l'attestation porte sur la cohérence entre l'étude thermique Rset et le bâtiment construit, les trois exigences de résultats (Bbio, Cep, Tic), les justificatifs des isolants (surface et résistance thermique) et la mesure de la perméabilité à l'air. Ce système de deux attestations graduées est tout à fait adapté au process opérationnel du bâtiment. Dans le même ordre d'idée par exemple, les constructeurs font volontiers un test intermédiaire de perméabilité à l'air, lors du hors d'eau et hors d'air, afin de permettre des reprises éventuelles pour obtenir le résultat à la réception.

Le respect de la réglementation thermique est une notion complexe, car globale et non directement vérifiable. Il réside essentiellement en une performance globale calculée réglementairement à partir de paramètres découlant de très nombreux composants et caractéristiques retenus pour la réalisation (isolation, perméabilité à l'air, forme du bâti, ventilation, chauffage, eau chaude sanitaire, éclairage, climatisation...). Au-delà de la surveillance et des vérifications techniques contractuelles à charge des constructeurs eux-mêmes, le contrôle se fonde essentiellement sur la documentation justificative. Le contrôle in situ, s'il n'est pas fait pendant l'exécution des travaux, ne peut plus porter que sur des éléments accessibles sans sondage destructif.

1.5.2. Plusieurs autres dispositifs concourent aussi au respect de la réglementation thermique

Les bâtiments neufs sont obligatoirement accompagnés d'un diagnostic de performance énergétique¹⁵ (DPE). Le diagnostiqueur l'établit sur la base du Rset seul et d'une vérification visuelle des éléments effectivement mis en œuvre dans la construction. Cette obligation concourt au respect de la réglementation thermique.

Le contrôle technique¹⁶ est obligatoire pour certaines constructions importantes. Il porte sur la solidité de l'ouvrage et la sécurité des personnes. La Mission Th relative à l'isolation thermique et aux économies d'énergie est en revanche optionnelle. Mais le maître d'ouvrage la souscrit assez souvent pour ce type de construction. Les aléas techniques à la prévention desquels le contrôleur technique contribue au titre de cette mission Th, sont ceux qui sont susceptibles de compromettre la performance énergétique réglementaire. Au cours de la conception, le contrôleur technique procède à l'examen critique de l'ensemble des dispositions techniques du projet. Pendant

¹⁴ La valeur de la consommation en énergie primaire (Cep) n'est pas demandée à ce stade sauf pour les bâtiments de surface hors œuvre nette de plus de 1 000 m², soumis à l'obligation d'étude de faisabilité des approvisionnements en énergie, mentionnés à l'article R111-22 du code de la construction et de l'habitation.

¹⁵ Articles L134-1 et suivants du code de la construction et de l'habitation, et arrêté du 21 septembre 2007 relatif au diagnostic de performance énergétique pour les bâtiments neufs en France Métropolitaine : « Le maître de l'ouvrage fait établir le diagnostic[...]. Il le remet au propriétaire du bâtiment au plus tard à la réception de l'immeuble. ».

¹⁶ Articles L 111-23 et suivants et R 111-38 et suivants du code de la construction et de l'habitation.

l'exécution des travaux, il s'assure notamment que les vérifications techniques qui incombent à chacun des constructeurs s'effectuent de manière satisfaisante. Il donne son avis au maître d'ouvrage dans le cadre du contrat qui le lie à celui-ci, indépendamment des attestations réglementaires. Le contrôle technique est un contrôle extérieur indépendant du maître d'œuvre et des entreprises. Si la mission est correctement effectuée et que le conducteur d'opération assure un déroulement propice à la prévention, le contrôle technique peut aider les intervenants à prévenir par exemple les malfaçons qui pourraient affecter la réalisation de l'enveloppe dans ses points singuliers et dégrader fortement sa performance thermique.

Les signes de qualité concourent aussi au respect de la réglementation thermique. La qualification d'entreprises a été relancée sous le label « reconnu garant de l'environnement »¹⁷ (RGE) avec la dynamique de la RT 2012. Elle a pour objet¹⁸ d'attester de la compétence et du professionnalisme d'une entreprise ou d'un professionnel et de la présomption de sa capacité à réaliser une prestation dans une activité donnée.

La certification d'ouvrages joue un rôle important dans la politique d'efficacité énergétique du bâtiment. Elle est développée, notamment sous mandat Afnor, par le groupe Qualitel (certification NF Habitat), ainsi que par Certivea (filiale du CSTB), et Promotelec Services. Le recours à la certification d'ouvrages étant en général une démarche volontaire et de recherche de performances au-delà des exigences réglementaires¹⁹, elle ne peut donner d'indication sur l'effectivité d'application de la RT 2012 dans l'ensemble de la construction. Elle est néanmoins une précieuse source de retour d'informations techniques sur l'appropriation de la réglementation thermique. Les erreurs relevées par les certificateurs lors de l'évaluation des projets ont par exemple pu contribuer à la rédaction d'un « guide d'application de la RT 2012 à l'intention des bureaux d'études »²⁰.

1.5.3. Le contrôle du règlement de construction (CRC) est quantitativement limité mais doit être mieux ciblé

Le CRC relève d'une mission régalienne de contrôle d'application de la loi et de lutte contre la concurrence déloyale entre les intervenants. Au-delà, il contribue à la mobilisation des professionnels et à la lutte contre la sinistralité, réalise un retour d'expérience et est un outil d'évaluation de la politique publique et d'amélioration de la réglementation. La sélection des opérations à contrôler relève de la stratégie définie par les services déconcentrés, les directions régionales de l'environnement, du logement et de l'aménagement et du logement (Dreal) et les directions départementales du territoire (DDT), avec l'appui du Cerema dans le cadre de la politique de qualité de la construction. Les objectifs pour le volet thermique comportent l'évaluation du niveau de connaissance par les maîtres d'ouvrages et le milieu professionnel des obligations réglementaires en matière d'attestations et en matière d'étude thermique et le cas échéant, le contrôle du respect de la réglementation thermique sur les points contrôlables les plus sensibles et dans un temps limité. Les résultats des contrôles réalisés au titre du CRC sont capitalisés dans une base de données SaLiCoRN (cf.annexe 6).

¹⁷ Évaluation du dispositif « reconnu garant de l'environnement » (RGE), rapport n° 011019-01, CGEDD, juillet 2017.

¹⁸ définition selon la norme NF X 50-091.

¹⁹ Le créneau de la certification d'immeubles de bureaux est soumis à une forte concurrence internationale entre HQE et les certifications LEED (USA), BREAM (GB), voire allemande DGNB.

²⁰ Consultable sur site internet www.rt-batiment.fr

Un contrôle sur dossier consiste en la vérification de la SHONRT, du respect du Bbio, du Cep et de la TIC, tels qu'ils résultent du calcul présenté, du contexte de la construction (usage, zone climatique) et de la cohérence de l'étude thermique par rapport au dossier de l'ouvrage (plans, cctp). Le contrôle peut être approfondi avec la réalisation de visites in situ et une analyse détaillée du Rset. L'étude est censée être mise à jour des modifications intervenues en cours de réalisation ; ce n'est pas toujours le cas, d'où l'intérêt des visites in situ. Pour privilégier le rôle pédagogique et préventif, le contrôle peut être intégré en cours de chantier notamment pour vérifier la mise en œuvre des matériaux isolants.

En 2014, 116 opérations ont fait l'objet d'un contrôle sur la rubrique thermique (62 en logements collectifs, 54 en individuels). La réglementation thermique applicable était la RT 2005. Le taux de non-conformité était de l'ordre de 20 %. En 2015, concernant la RT 2012, on dispose d'un échantillon de contrôles qui porte sur 33 opérations, (17 en collectifs, 16 en individuels), peu significatif ; son analyse est à reprendre avec les contrôles effectués en 2016 et 2017. L'étude thermique réglementaire semble quasi systématiquement entachée d'erreurs et doit être reprise à la demande du contrôleur.

Le faible taux de contrôle, le biais introduit dans la sélection des opérations par les éventuelles orientations stratégiques du contrôle, les modalités du contrôle (sommaire ou approfondi, intégré en cours de chantier ou après achèvement) ne permettent pas de donner vraiment valeur statistique aux résultats. Mais la base de données Rset collectées au travers de la génération numérique obligatoire des attestations doit être mise à profit pour l'efficacité du CRC. Des conclusions valables et intéressantes pourraient certainement être tirées d'un ciblage plus poussé et d'une exploitation plus qualitative de l'échantillon des dossiers de contrôle.

Au vu de ses observations, la mission considère que la RT 2012 ne figure pas dans le lot des réglementations massivement non appliquées. Néanmoins, le doute est important concernant le réel respect des exigences réglementaires. Elle n'a pu recueillir d'éléments vraiment précis et actuels sur son application. De plus, il est clair que des acteurs ne s'acquittent pas de leurs obligations, notamment pour l'attestation de fin de chantier, masquant ainsi la non prise en compte probable de la RT 2012. Ce manquement est pointé par exemple par la LCA-FFB et pourrait être corroboré notamment par des requêtes sur la base Rset. Par ailleurs un point délicat du respect de la réglementation est la mise en œuvre sur le chantier, et son contrôle. Les premiers contrôles ont très souvent abouti à la nécessité d'un recalcul du Rset pour mise en cohérence avec la réalisation in situ. Ceci est à rapprocher des interrogations concernant la performance de l'enveloppe, qui ressortent de certaines études de comparaison entre les performances théoriques et les performances réelles. A ce propos la mission recommande que le traitement des ponts thermiques des planchers intermédiaires fasse l'objet d'un focus dans les contrôles : il s'agit de vérifier si l'exigence actuelle réglementaire est respectée alors que certains étages ne seraient pas traités, comme cela a été signalé à la mission.

Cette situation du CRC conduit à émettre la recommandation suivante, dans le contexte des élargissements à venir de la réglementation, afin de s'assurer de l'appropriation satisfaisante de la réglementation actuelle :

1. Renforcer l'efficacité du contrôle du règlement de constructions pour son volet énergétique en vérifiant la présence de l'attestation obligatoire de fin de chantier et en identifiant, en fonction des types de construction, la nature des non-conformités les plus récurrentes affectant le bâti.

1.5.4. Vers une mesure in situ de la performance intrinsèque du bâtiment

Avec la basse consommation, il y a une attente encore supérieure de preuve de performance thermique réelle, notamment du bâti, élément pérenne, et des équipements. On cherche à la mesurer « in situ », car des écarts importants entre l'estimation par le calcul et la réalité peuvent intervenir (cf. chapitre 3). Il faut bien distinguer deux préoccupations de performance, qui se complètent mais diffèrent par leurs finalités, la nature des écarts concernés et les types de mesures. Il y a la performance intrinsèque et la performance en utilisation.

La performance en utilisation est basée sur les relevés de consommations, et concerne le « système socio-technique » formé par le bâtiment et ses occupants (cf. chapitre 3). Elle vise les outils du type de l'accompagnement, qui permettent aux occupants de mieux appréhender la maîtrise des consommations énergétiques dans un cadre bâti donné.

La performance intrinsèque de l'enveloppe et des équipements élude les aléas de l'occupation et des conditions extérieures. Elle concerne la conformité à la réglementation thermique et au contrat de construction et relève encore entièrement de l'approche technique et réglementaire qui se termine à la livraison. Elle vise les moyens permettant aux constructeurs de vérifier leur ouvrage à la fin des travaux. Elle n'est toutefois actuellement pas accessible couramment à la mesure.

Dans la maîtrise de la demande énergétique, la validation de la performance intrinsèque va s'imposer comme une étape incontournable ; une consommation excessive peut tout à fait provenir, comme il n'est pas rare de le constater, d'une mauvaise réalisation de l'enveloppe ou d'une mauvaise installation de l'équipement. Contrôler la performance intrinsèque de l'ouvrage à la fin du processus de construction poussera les autocontrôles en cours de chantier et la coordination des intervenants dans une notion de performance globale. Bien entendu, la mesure de la performance intrinsèque n'est absolument pas exclusive de la mesure de la performance réelle en utilisation. Il est indispensable que les constructeurs observent et s'approprient aussi les réalités de l'usage. L'analyse de la performance réelle suppose néanmoins d'être dans le cadre d'une expertise mixte associant analyse sociologique des pratiques des occupants, instrumentation technique des consommations par usage et pas seulement globale, et bilan économique. Il faut en somme décomposer le processus de formation de la performance pour cibler les nombreux facteurs qui interviennent.

Le programme Pacte²¹ (programme d'action pour la qualité de la construction et la transition énergétique) soutient actuellement deux équipes de recherche dans le cadre d'un appel à projets : « Développer des outils de mesure de la performance énergétique intrinsèque d'un bâtiment ». Il s'agit par exemple d'accéder à la performance intrinsèque de l'enveloppe et donc de s'abstraire des conditions climatiques et d'usage. Il y a là une difficulté à maîtriser. Il faut mesurer la réponse du bâtiment inoccupé dans le temps, en neutralisant les ouvertures pour réduire le plus possible les perturbations par les apports solaires et les échanges aérauliques et en ayant un instrument exclusif et calibré d'apport thermique interne. La mesure doit pouvoir s'insérer de manière réaliste dans les fins de chantiers et être peu coûteuse. Le compromis doit être étudié entre ces contraintes et le degré d'incertitude de la mesure. On doit aboutir à un protocole susceptible d'une utilisation courante et d'une offre assez répandue d'opérateurs à l'instar de la mesure de perméabilité à l'air, en vigueur depuis la RT 2012. Si cette évaluation du niveau global de performance de l'enveloppe réalisée ne rejoint pas les hypothèses de conception, des investigations

²¹ Ce programme a pour vocation d'accompagner la montée en compétences des professionnels du bâtiment dans le champ de l'efficacité énergétique.

spécifiques plus ciblées seraient nécessaires, et des travaux de mise en conformité avec vérification par des essais complémentaires entrepris le cas échéant.

Le besoin de validation de la performance intrinsèque concerne l'enveloppe et aussi les équipements et peut mobiliser différents protocoles de mesure et d'évaluation. Actuellement, la thermographie infrarouge permet une visualisation qualitative des déperditions des bâtiments et localise des défauts, sans toutefois permettre une quantification de la performance énergétique. La mesure de perméabilité à l'air, importante notamment pour la qualité des liaisons des composants de l'enveloppe, laisse de côté certains aspects tels que les ponts thermiques et ne permet pas non plus d'apprécier la performance énergétique. La mesure de l'étanchéité à l'air des réseaux aérauliques, quand elle est réalisée pour justifier une valeur meilleure que la valeur par défaut, révèle un taux d'échec encore élevé. Elle ne concerne qu'un aspect de la performance intrinsèque des installations de ventilation. Mesurer in situ la performance des pompes à chaleur dans leurs conditions réelles d'installation serait aussi un exemple.

Si la mesure de la performance intrinsèque peut être mise au point et généralisée, la question se posera peut-être de l'admission de cette mesure comme justification de l'application des exigences de la réglementation thermique. Cela pourrait donner lieu à une évolution de la forme de la réglementation thermique, plus orientée sur la performance de l'ouvrage construit et ses potentialités d'évolution dans le temps.

L'OPECST²² indiquait en 2009 :

« Cependant, la transition vers une réglementation axée sur la performance suppose une adaptation à trois niveaux :

- d'abord, il deviendra indispensable de mieux faire ressortir la différence entre la performance intrinsèque de l'enveloppe du bâtiment, et la performance atteinte en intégrant le comportement de consommation d'énergie des utilisateurs ;*
- ensuite, le « calcul réglementaire », aujourd'hui instrument du respect conventionnel de la norme thermique, ne devra plus être considéré comme la seule manière de rendre compte de la performance intrinsèque de l'enveloppe ;*
- enfin, il faudra parvenir à une véritable maîtrise du risque que la réglementation ne soit contournée. »*

Au vu de ces éléments, la mission recommande de doter les maîtres d'ouvrage, concepteurs et entreprises d'outils d'auto-contrôle dans la réalisation des bâtiments au-delà du test d'étanchéité à l'air en vigueur, en développant les moyens de validation de la performance énergétique intrinsèque des bâtiments :

2. Développer la mesure in situ de la performance énergétique intrinsèque des bâtiments.

²² « La performance énergétique des bâtiments : comment moduler la règle pour mieux atteindre les objectifs ? » MM. Christian BATAILLE et Claude BIRRAUX, députés, OPECST, 3 décembre 2009.

2. L'impact de la RT 2012 sur les énergies, les technologies et les filières

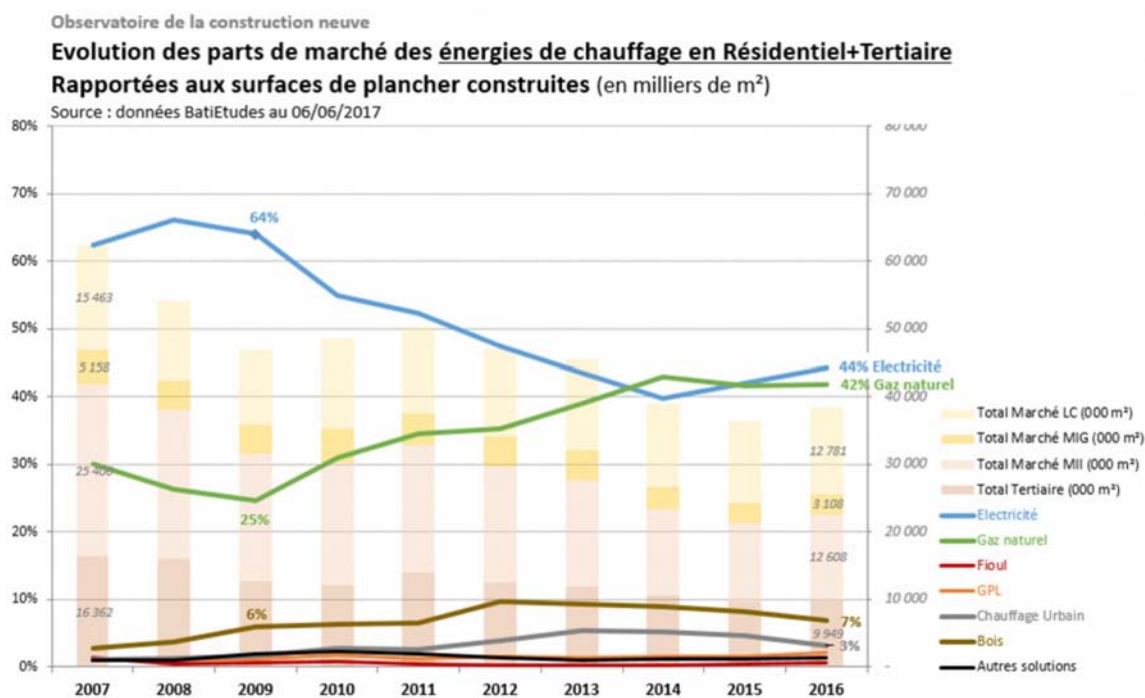
2.1. L'impact sur les énergies employées a été très significatif

Parmi ses motivations, comme indiqué ci-avant, la RT 2012 devait viser à rééquilibrer les énergies de chauffage, la part de l'électricité ayant atteint 68 % dans les bâtiments neufs en 2008, alors que le chauffage contribue largement au problème de pointe de demande d'électricité les jours froids à 19 heures (2,4 GW appelés par degré de température), ce qui nécessite la mise en route de centrales à énergie fossile. Elle a été considérée par certains comme « ayant évincé le chauffage électrique », ce qui a donné lieu à des recours après sa parution. Il était demandé à la mission de faire le point sur la réalité de ce sujet.

La principale source d'information utilisée par tous les acteurs est l'étude payante réalisée chaque année par Bati-Etude²³ et financée par les énergéticiens. La mission n'y a pas eu accès dans son ensemble. Mais de nombreux tableaux issus de cette étude ont été fournis par les différents interlocuteurs et utilisés dans ce qui suit. D'autres bases pourraient être utilisées (cf. la synthèse des principales bases en annexe 6), notamment la base des RSET (récapitulatifs standardisés d'études thermiques) tenue par le CSTB. Il est cependant à noter que les bases sont en général issues de données déclaratives.

2.1.1. L'impact sur l'énergie pour le chauffage

Le graphique ci-dessous récapitule les énergies de chauffage tous usages confondus et tous types de bâtiments confondus entre 2007 et 2016.

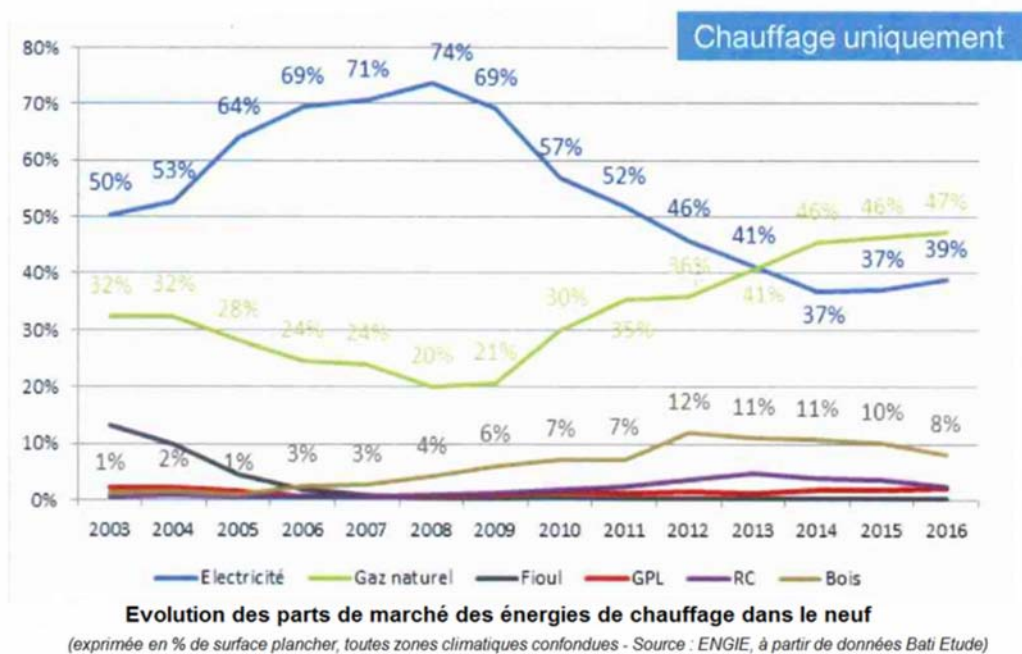


²³ <http://www.batiétude.com/observatoire.php>

On constate que la part de l'électricité qui était devenue très majoritaire avec un pic à 64 % en 2008, probablement du fait de l'investissement moindre pour les équipements de chauffage électrique, est repassée en 2016 à 44 %, pratiquement au niveau du gaz dont la part s'établit à 42 %. Même si sa part a significativement diminué, elle n'a donc pas été « évincée » par la RT 2012, mais a trouvé un équilibre global avec le gaz. Pour autant, cet équilibre apparent recouvre de grandes disparités selon les types de bâtiments comme on peut le voir dans ce qui suit.

Tout d'abord, on constate que la décroissance du chauffage électrique a précédé l'application de la RT 2012, ce qui s'explique par la mise en place en 2009 du label BBC (bâtiment basse consommation) qui préfigurait la RT 2012. Ce label n'était pas obligatoire, même s'il était défini par un arrêté, mais certains maîtres d'ouvrages comme les bailleurs sociaux, ont pu l'imposer à leurs maîtres d'œuvre ; les grands promoteurs l'ont utilisé comme argument promotionnel ou se le sont vus imposer par certaines collectivités pour acquérir du foncier. De l'avis de certains promoteurs, le saut qualitatif entre la RT 2005 et le label BBC était très important, d'autant que comme les performances des matériaux et des systèmes nouveaux n'étaient pas complètement établies, les bureaux d'études ont pris des marges de sécurité. Cela a conduit à la réalisation de bâtiments dont les performances allaient au-delà du label, avec une orientation d'autant plus marquée vers les solutions de chauffage au gaz qui apportaient une réponse technico-économique satisfaisante pour atteindre les performances du label.

Ce phénomène de renversement de la source d'énergie est encore plus sensible dans les logements (cf. graphique ci-dessous) où la part du chauffage au gaz a dépassé celle de l'électricité (47 % versus 39 %). C'est moins le cas pour le tertiaire, dont la répartition des besoins correspondant aux différents usages n'est pas la même et parce que des solutions permettant également la climatisation peuvent être recherchées.



C'est dans les logements collectifs (LC) (cf. graphique ci-dessous) que la part du gaz est devenue largement majoritaire pour le chauffage, à hauteur de 75 %, au détriment des solutions électriques. On assiste à une inversion de courbe très rapide avec un

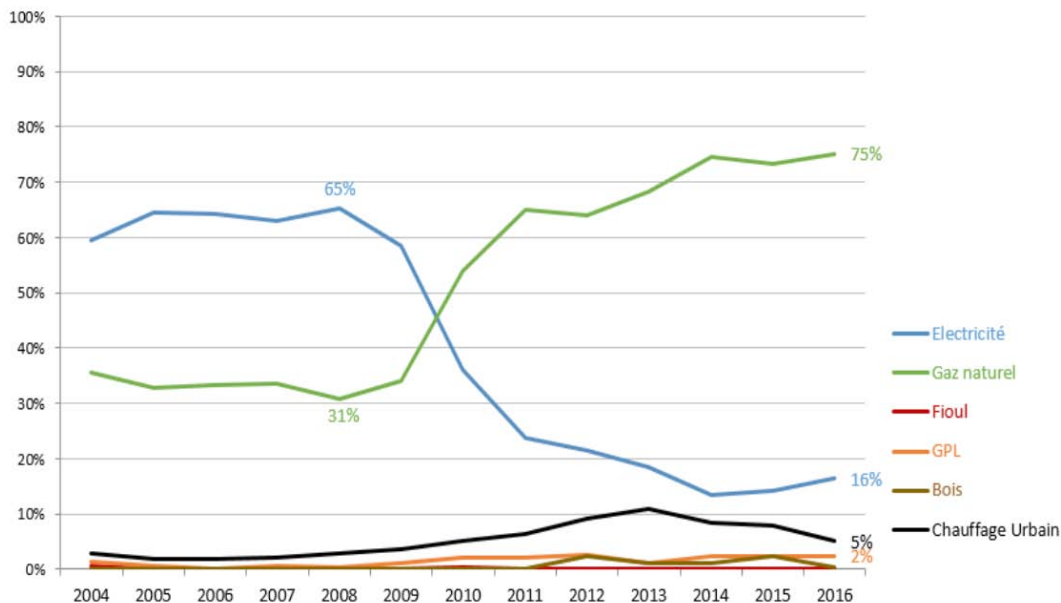
effet « winner takes all » en faveur du gaz. Il semble que cette inversion aussi forte ait dépassé les objectifs recherchés initialement de rééquilibrage vers le gaz afin de réduire la pointe hivernale de demande.

D'après les informations recueillies par la mission, la raison en serait la suivante : les solutions de chauffage électrique par convecteurs nécessitent un traitement de l'enveloppe renforcé, qui conduit à un coût total d'investissement supérieur à celui d'une installation de chauffage au gaz, qui « passe » réglementairement avec une moindre performance de l'enveloppe.

Evolution des parts de marché des énergies de chauffage

en Logements Collectifs (LC) - Exprimées en surface de plancher, France entière.

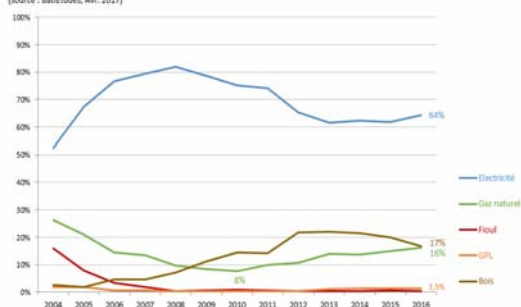
(source : BatiEtudes, Avr. 2017)



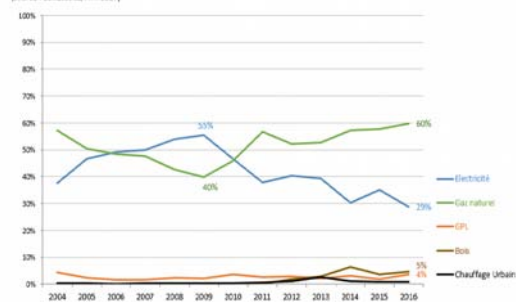
Dans les maisons individuelles, on peut constater dans les deux graphiques ci-dessous une grande disparité entre les maisons individuelles isolées (MII), où l'électricité est très majoritaire (64 %) alors que pour les maisons individuelles groupées (MIG), c'est le gaz qui est largement majoritaire à 60 %. Ceci peut s'expliquer en partie par le fait que les maisons individuelles isolées sont le plus souvent situées en zone non desservie en gaz naturel, mais aussi par le type de système de chauffage retenu. En effet, avec un seuil à 50 kWh/m².an, le chauffage par effet Joule est pratiquement exclu, sauf pour des maisons très bien isolées et situées au sud, et le chauffage électrique est assuré en général par des pompes à chaleurs (PAC) souvent reliées à des boucles d'eau chaude (cf. paragraphe 2.2 sur les technologies).

On peut s'interroger sur les raisons d'une telle disparité. Elle ne provient pas de l'indisponibilité des équipements, au moins pour ce qui est des PAC dans les maisons individuelles. Il semble exister un tropisme à préférer la solution « la mieux maîtrisée » en dehors d'autres considérations, ce qui peut conduire les maîtres d'ouvrage des maisons groupées, même s'ils sont très divers, à préférer une solution gaz plus traditionnelle.

Evolution des parts de marché des énergies de chauffage en Maison Individuelle Isolée (MII) - Exprimées en surface de plancher, France entière.
[source : BatEtudes, Avr. 2017]



Evolution des parts de marché des énergies de chauffage en Maison Individuelle Groupée (MIG) - Exprimées en surface de plancher, France entière.
[source : BatEtudes, Avr. 2017]



Enfin pour le tertiaire, en dehors des commerces pour lesquels on constate un effet similaire à celui pour les logements, l'électricité a davantage résisté, voire s'est renforcée notamment avec des PAC.

Cependant les grands types de bâtiments tertiaires peuvent avoir des pratiques différentes. Cela peut s'expliquer en partie par le fait que le choix du chauffage peut relever d'autres problématiques que ses performances au regard de la RT : les établissements scolaires considèrent des coûts globaux incluant les consommations et la nécessité de locaux très ventilés, les bureaux sont en général climatisés, etc.

En conclusion, il existe bien un équilibre apparent entre le gaz et l'électricité comme énergie de chauffage si on regarde l'ensemble des bâtiments. Mais les répartitions sont très différentes selon les types de bâtiments. Il a sans doute dépassé les prévisions dans les logements collectifs, la conséquence en est la disparition quasi-totale des convecteurs à effet Joule, comme on le verra au paragraphe 2.2.2, sans que de nouvelles technologies électriques ne prennent le relais. C'est un point d'attention pour la prochaine réglementation. À ce propos, la mission souligne que la très forte réduction de consommation imposée par la RT 2012 a diminué beaucoup la part des bâtiments neufs dans la demande en énergie pour le chauffage, ce qui a d'ores et déjà un impact sur les pointes de demande qui sont stables depuis 2010 selon les bilans publiés par RTE.

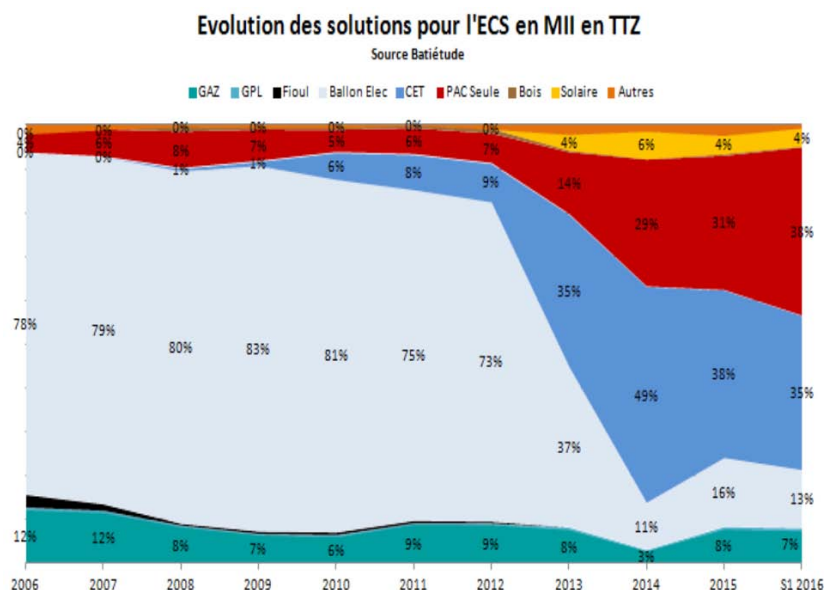
2.1.2. L'impact sur l'énergie pour la production d'eau chaude sanitaire (ECS)

Dans le logement, elle fait à peu près part égale²⁴ avec le chauffage (40 % environ), cette proportion pouvant être très fortement modulée dans le tertiaire selon les différents types de bâtiments. On pourrait s'attendre à ce que la même énergie soit employée pour les deux usages. Or, si le gaz est majoritaire pour le chauffage (46 %

²⁴ Au moins pour la maison individuelle.

contre 37 % pour l'électricité) dans les logements, la production d'ECS est majoritairement assurée par l'électricité (53 % versus 39 % pour le gaz). Assurée à l'origine par les ballons électriques à accumulation²⁵, souvent associés à des abonnements Heures Pleines/Heures Creuses dits « tarifs nuit », elle est aujourd'hui assurée très majoritairement par des PAC²⁶ en maisons individuelles et par le gaz en logement collectif.

Pour les maisons individuelles, cette situation résulte en grande partie de l'obligation d'EnR qui peut être remplie par des pompes à chaleur, soit des pompes double service assurant également le chauffage, soit des chauffe-eau thermodynamiques (CET) lorsqu'elles sont chauffées par une chaudière à gaz. Dans l'habitat collectif, qui est actuellement dispensé de cette obligation, le gaz est généralement utilisé pour l'ECS, car les chaudières à gaz ont souvent un ballon d'eau chaude intégré et même si des CET auraient pu être installés.



Il est par ailleurs à noter que le solaire thermique ou photovoltaïque qui peinait à trouver un marché, en dehors du photovoltaïque pour l'individuel groupé chauffé au gaz, a vu son marché décoller, puis se réduire sans doute suite à des contre-performances (voir § 2.2.2.2).

Il apparaît donc, tant pour le chauffage que pour l'ECS, que si l'objectif était de réduire la part de la consommation en énergie il a été atteint, mais avec un très net recul de la part de l'électricité notamment en logement collectif. Dans une volonté de neutralité vis-à-vis des énergies, on peut s'interroger sur les motivations des choix effectués par

²⁵ Les chauffe-eau électriques à accumulation sont une spécificité française conçus à l'origine pour équilibrer la demande sur la nuit face à une production nucléaire peu adaptable ; en Allemagne, où les tarifs font peu intervenir la puissance, les systèmes fonctionnent plutôt en temps réel avec une forte puissance.

²⁶ Comme pour les chauffe-eau traditionnels, les PAC/chauffe-eau thermodynamiques des MI sont des systèmes à accumulation (car elles n'ont pas la puissance nécessaire pour produire de l'ECS instantanée), qui sont encore majoritairement (d'après les études thermiques) en fonctionnement de nuit uniquement. Ils fonctionnent donc exactement comme les anciens ballons électriques à accumulation, mais avec une meilleure performance (avec pour principal défaut une performance qui s'effondre -se rapprochant de l'effet Joule- en période de grands froids).

les maîtres d'ouvrage et leur adéquation aux souhaits des occupants, qui pourraient traduire une plus grande diversité notamment au regard des coûts d'entretien plus élevés pour le gaz du fait des contrats d'entretien, ainsi que sur les conséquences en terme d'émission des gaz à effet de serre d'une telle remontée du gaz comme source d'énergie.

2.1.3. Le coefficient de 2,58 pour la conversion en énergie primaire de l'électricité consommée, bien que controversé, a été confirmé en 2013

L'un des sujets soulevé à l'occasion du débat sur la répartition entre les énergies est le coefficient de 2,58 pour la conversion en énergie primaire de l'électricité consommée.

Comme indiqué au §1.4, la consommation d'énergie primaire (Cep) est le critère utilisé pour la consommation d'énergie dans la réglementation thermique. Mais le moteur de calcul évalue les énergies réellement consommées donc les énergies finales à partir des caractéristiques du bâtiment et de ses équipements ainsi que sa situation géographique. Le calcul du Cep repose donc sur un coefficient de conversion en énergie primaire des différentes énergies consommées. L'annexe 7 détaille ce sujet du coefficient de conversion en énergie primaire de l'électricité et de sa prise en compte dans les réglementations thermiques.

Pour l'électricité, qui avec le gaz est l'une des deux principales sources de chauffage et d'eau chaude sanitaire, le coefficient de conversion en énergie primaire a été fixé officiellement à 2,58 par l'arrêté de novembre 2000 de la RT 2000 et n'a pas été réévalué ni dans la RT 2012 ni dans la loi de Transition Énergétique pour la Croissance Verte (TECV) de 2015 et ce malgré quelques polémiques. L'AIE a développé une méthode de calcul formalisée qui permet la mise à jour en fonction de la composition du mix électrique.

Les RT 2000 et 2005 utilisaient déjà la notion de consommation d'énergie primaire et cette valeur de 2.58 pour le coefficient de conversion de consommation d'électricité en énergie primaire. Mais, les exigences réglementaires de consommation en énergie primaire étaient différentes en 2000 pour l'électricité et pour les autres énergies, car elles faisaient appel à des situations de référence différentes. C'était également le cas dans la RT 2005 qui fixait des seuils maximaux de consommation d'énergie primaire différents : 190 kWh/m².an pour l'électricité à comparer à 110 kWh/m².an pour les énergies fossiles.

En fixant un seuil maximal unique en énergie primaire, égal à 50 kWh/m².an, la RT 2012 conduit, par rapport à 2005, à diviser par deux le seuil pour le gaz et presque par quatre le seuil pour l'électricité. Avec l'effet du facteur de 2.58, le plafond de consommation d'énergie finale pour l'électricité est de 19,4 kWh/m².an. Cette valeur est susceptible d'exclure les installations électriques classiques (à effet Joule). C'est la première réglementation thermique à imposer une telle exigence, même si les précédentes, qui imposaient depuis la RT 88 des seuils de référence différents pour l'électricité et les autres énergies sans « conversion », conduisaient à de plus fortes exigences en termes d'enveloppe pour l'électricité.

La RT 2012 prévoit une augmentation de ce seuil de 12 kWh/m².an en cas de production locale d'électricité, afin de respecter, en sus de l'objectif de la maîtrise globale de consommation, celui de déploiement des énergies renouvelables, présent à la fois dans les directives européennes et les lois du Grenelle.

La mission considère que le sujet n'est pas la notion d'énergie primaire, ni la valeur de 2,58, qui sont apparues dans les réglementations thermiques depuis 2000 sans

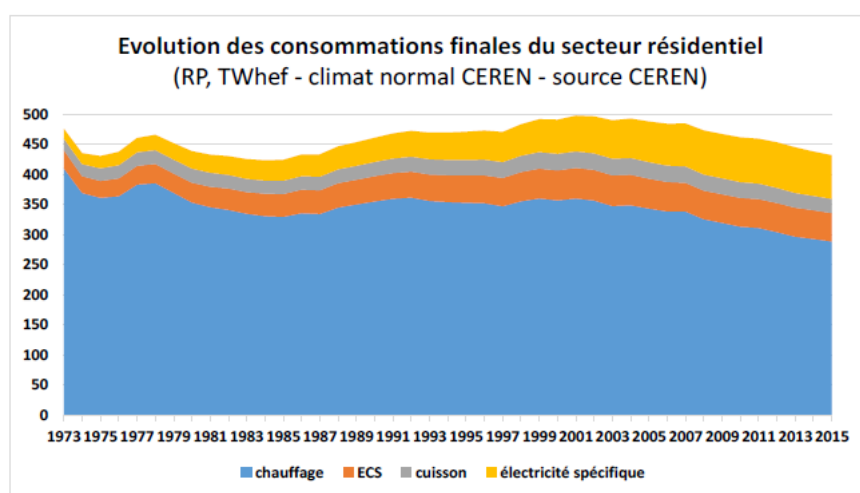
susciter de controverses. En revanche, le fait de fixer un seuil unique de consommation d'énergie primaire avec cette valeur de coefficient a eu un impact sur la répartition des énergies pour le chauffage avec un effort plus conséquent demandé à l'électricité alors que l'effet sur l'enveloppe pour les bâtiments chauffés au gaz n'est pas évident, et que certains bâtiments sont davantage contraints par le Bbio que le Cep. (voir § 2.3.6).

Certes, la fixation des seuils est un exercice difficile, qui devrait combiner des critères techniques, des critères financiers d'investissement et d'exploitation, entretien compris, et des aspects de confort. Ce n'est sans doute pas toujours le cas, ce qui conduit à tenter de corriger dans la réglementation suivante les effets constatés dans la précédente et qui posent problème. La prochaine réglementation, qui a l'ambition d'introduire un critère sur les gaz à effet de serre dans toutes les étapes de vie d'un bâtiment (construction, exploitation, déconstruction), sera l'occasion de tenter de corriger les effets considérés comme excessifs de celle de 2012.

Mais, sans préjuger de cette nouvelle étape, la mission s'est intéressée à la composition du mix électrique et à sa prise en compte dans la méthode de calcul de la consommation d'énergie dans un bâtiment en exploitation. Elle considère que des améliorations sont possibles.

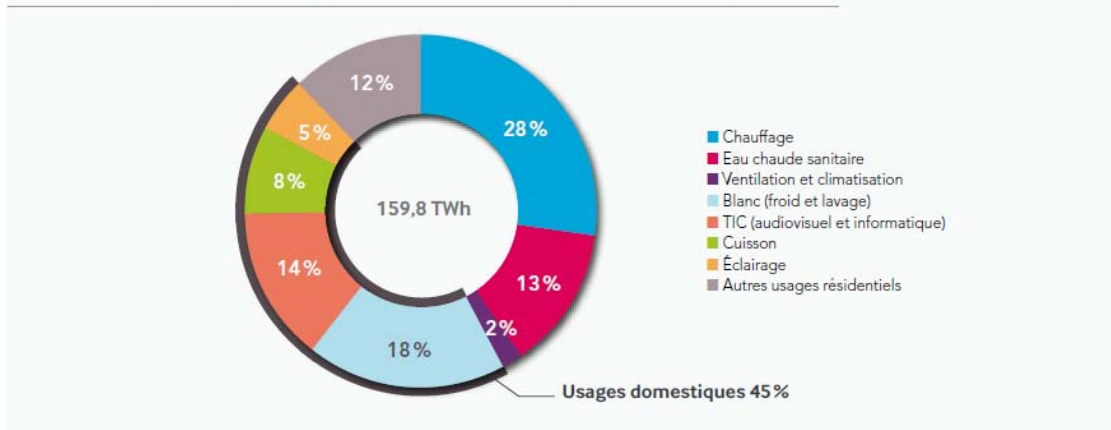
2.1.4. La méthode de calcul de la consommation d'énergie doit être affinée pour mieux tenir compte du sujet de la composition du mix électrique dans la prochaine réglementation environnementale

La maîtrise de la consommation d'énergie passe nécessairement par celle du chauffage qui continue à dominer la consommation d'énergie des logements, même si c'est surtout le bâtiment existant qui est en cause, puisque les réglementations successives ont eu pour effet de diminuer la consommation des bâtiments construits depuis 1974.



Par ailleurs, pour ce qui est de l'électricité, la consommation d'électricité dans le bâtiment est à peu près constante depuis plusieurs années (33%) alors que celle des autres secteurs diminue. Une part de 48 % de la demande électrique résidentielle correspond aux usages couverts par la réglementation.

Figure 2.8 : Répartition par usage de la demande électrique résidentielle pour l'année 2015



Source bilan prévisionnel RTE

Or il est particulièrement crucial de réduire la croissance de la consommation d'électricité durant les périodes de pointe de demande qui correspondent aux périodes de froid, croissance qui était jusqu'en 2012 beaucoup plus rapide que celle de la consommation moyenne annuelle. Durant ces périodes de pointe, le niveau de demande en électricité nécessite l'emploi de centrales thermiques d'appoint, plus coûteuses et plus génératrices de GES, (cf. le rapport des parlementaires Serge Poignant et Didier Sido²⁷ qui proposait en 2010 des mesures, la plupart de nature tarifaire ou comportementale, pour réduire la pointe de demande). En effet, le chauffage a été désigné comme représentant près de 70 % des usages réglementés d'énergie des bâtiments et le gradient de consommation est aujourd'hui estimé à 2 400 MW (donc entre 2 et 3 tranches nucléaires) par degré à la pointe de 19 h en hiver durant les périodes froides. Il est de 100 Gwh/jour²⁸ par degré pour le gaz dont la part de consommation due au chauffage est beaucoup plus marquée. Depuis 2012 toutefois, même si les phénomènes de pointes de demande existent toujours et nécessitent l'utilisation de centrales à gaz, la croissance de la pointe électrique a été maîtrisée.

Sans revenir sur la nécessaire maîtrise de la pointe de consommation, qui a conduit à une situation très tendue sur le gaz et l'électricité en décembre 2017, la mission s'interroge sur la prise en compte de cette maîtrise dans le calcul conventionnel actuel du Cep. Ce calcul est en effet établi sur la base d'une consommation annuelle qui ne prend pas en compte l'état de tension du réseau électrique alors que pour le gaz, dont l'usage est encore plus saisonnier, le problème peut être en partie résolu par le stockage. En revanche, le stockage saisonnier de l'électricité n'a pas encore trouvé de modèle économique et actuellement le modèle privilégié pour un stockage saisonnier est celui d'une transformation de l'électricité en gaz.

Il serait donc intéressant de prendre en compte dans l'élaboration de la prochaine réglementation des critères minimisant la consommation d'énergie non renouvelable ainsi que l'origine de l'électricité consommée et ce surtout dans les périodes de forte demande en énergie. Ceci peut s'effectuer en introduisant dans le calcul du Cep au pas horaire un paramètre qui mesure l'état de « tension » du réseau électrique, ou la composition du mix, qui se traduit par des coûts et des émissions de gaz à effet de serre et ainsi assurer une meilleure prise en compte dans le calcul de la consommation des EnR localement produites qu'au sein de l'actuel bilan énergétique annuel plus global. Par ailleurs, cette prise en compte pourrait contribuer à régler le

²⁷ <http://www.ladocumentationfrancaise.fr/var/storage/rapports-publics/104000160.pdf>

²⁸ Ce qui correspond à une puissance de 4,58GW.

problème du confort d'été qui sera évoqué au chapitre 4, puisque les besoins en rafraîchissement coïncident généralement avec des périodes de fort ensoleillement donc des niveaux élevés de production photovoltaïque.

La modélisation de la composition du mix électrique au pas horaire fait partie des données fournies par RTE. Il pourrait donc être intéressant que le CSTB se rapproche de RTE pour étudier la possibilité d'un modèle horaire de calcul de Cep ainsi qu'une mesure du carbone émis elle aussi sur un pas horaire, modèle qui serait conservé sous forme de courbe et pas seulement sous forme d'un calcul d'intégrale. Cette modélisation pourrait également prendre en compte l'origine et la nature de l'électricité consommée, notamment si elle est issue d'une production locale ou d'un déstockage local, ce qui peut contribuer à un équilibre optimisé du réseau et s'inscrit bien dans la politique de promotion de l'autoconsommation au niveau d'un bâtiment ou d'un groupe de bâtiments. Elle permettrait ainsi de prendre en compte à la fois le CO₂ émis, en pas horaire, selon la nature de l'énergie ainsi que le coût complet de cette énergie, incluant les investissements nécessaires dans la construction de centrales d'appoint à gaz.

Cette recommandation va dans le sens de la directive européenne 2018/844/UE du 30 mai 2018 : celle-ci précise que sera adopté « ...d'ici au 31 décembre 2019, un acte ... établissant un système facultatif...d'évaluation du potentiel d'intelligence des bâtiments et que l'évaluation se fondera sur une analyse des capacités d'un bâtiment ou d'une unité de bâtiment à adapter son fonctionnement aux besoins de ses occupants et du réseau... ». On peut penser que l'expression « les besoins du réseau » fait référence au réseau électrique et à son équilibre entre l'offre et la demande.

3. Donner un cadre de calcul pour la prise en compte des gaz à effet de serre émis à l'occasion de la consommation énergétique des bâtiments. À cet effet, faire réaliser au CSTB et à RTE un modèle dynamique à pas horaire de consommation d'un bâtiment, prenant en compte la nature et l'origine de l'énergie consommée afin de tenir compte de l'économie ou de la sursollicitation du système électrique et du CO₂ émis. Tester ce modèle dans l'expérimentation E+C- en cours, puis l'évaluer, avant de l'utiliser dans la future réglementation.

4. Utiliser ce modèle dynamique à pas horaire pour définir l'exigence de consommation d'énergie primaire (Cep) maximale.

Par ailleurs, le logement collectif bénéficie actuellement d'une dérogation pour le Cep qui a pour effet de relever le seuil de 15 %. La mission considère que cette dérogation n'est pas totalement justifiée surtout dans un contexte où deux tiers des logements collectifs chauffés au gaz le sont par des chaudières individuelles, donc avec des installations individuelles qui ne génèrent pas de pertes supplémentaires par rapport à une maison individuelle.

5. Fixer le même seuil de Cep pour l'habitat collectif et individuel, au moins équivalent au seuil fixé dans la RT 2012 pour l'habitat individuel.

2.2. L'impact sur les équipements de chauffage, de ventilation et d'eau chaude sanitaire

Au-delà de l'impact de la RT 2012 sur la répartition entre les énergies utilisées pour le chauffage et l'ECS, il a paru intéressant à la mission d'examiner l'impact de la RT 2012 sur le choix des équipements.

Quatre types d'équipements sont visés par les cinq usages réglementaires : les équipements de chauffage, d'eau chaude sanitaire (ECS), d'éclairage, de ventilation et accessoirement de climatisation. Ces derniers, en raison de la très faible prise en compte de leur usage dans la RT 2012 (cf. problème du confort d'été au paragraphe 2.3.7) ne seront regardés dans ce chapitre que sous l'angle de la pompe à chaleur (PAC) utilisée pour le chauffage l'hiver et réversible l'été pour la climatisation.

Les obligations réglementaires relatives à la ventilation n'ont pas évolué depuis 1982, donc les systèmes mis en place ont peu évolué eux aussi même si des techniques comme la ventilation double-flux permettraient de mieux faire. Sans contrainte réglementaire, elles ne se sont pas implantées parce que plus coûteuses à l'installation et plus gourmandes en énergie donc avec un effet à la hausse sur le Cep.

L'éclairage s'appuie sur des équipements ménagers pour lesquels la réglementation européenne ne relève pas de la sphère du bâtiment, mais de la sphère des industries électroniques. Donc ce sujet ne sera pas traité dans ce rapport, même si l'on peut noter que des progrès conséquents sur la consommation, notamment dans l'éclairage.

Il reste donc à considérer les équipements de chauffage et d'ECS qui représentent les quatre cinquièmes de la consommation des bâtiments.

2.2.1. Des technologies en hausse

2.2.1.1. Les chaudières à condensation

Le principal effet de la RT 2012 sur les chaudières à gaz a été l'obligation ou plutôt la nécessité de passer aux chaudières à condensation pour respecter le seuil du CEP, alors qu'avec la RT 2005, le calcul économique ne conduisait pas à un amortissement suffisamment rapide, pour justifier le surinvestissement nécessaire à la fois pour la chaudière et pour l'isolation. En effet une chaudière à condensation est plus chère à l'achat et nécessite des radiateurs de plus grande taille et une meilleure isolation pour condenser, puisque l'eau est moins chaude, et conduit donc à un investissement plus lourd pour l'enveloppe²⁹ et les équipements. Cela a eu pour conséquence un moindre impact de ces chaudières sur le marché de la rénovation que dans les pays voisins³⁰, notamment parce que lors d'un changement de chaudière, les propriétaires envisagent rarement des travaux d'isolation et donc un accroissement limité du marché en rénovation. Les équipements développés pour l'application de la RT 2012, chaudières à condensation et PAC³¹ pour les mêmes raisons, ont ainsi vu un accroissement limité de leur marché dans la rénovation.

En habitat collectif, le marché des chaudières à gaz est à 2/3 individuel et à 1/3 collectif. En cas de chaudières individuelles, cela conduit à un coût d'entretien

²⁹ Cela va dans le sens d'un renforcement de l'enveloppe et cela contredit la thèse selon laquelle un système performant permet de dégrader la qualité de l'enveloppe.

³⁰ 60 % en France contre 100 % en Angleterre et aux Pays-Bas.

³¹ Cette information est à vérifier car les personnes rencontrées par la mission n'ont pas toutes tenu ces propos.

globalement plus élevé pour les utilisateurs que dans le cas d'un équipement collectif. Cela confirme le fait que, sauf à y être incités, les maîtres d'ouvrage ne font pas leur choix d'équipements en fonction du coût global d'installation et d'exploitation.

2.2.1.2. Les pompes à chaleur (PAC)

C'est la technologie qui a le plus progressé ces dernières années tant dans les constructions neuves qu'existantes : en 2016, 77 000 PAC air/eau ont été vendues dans les maisons individuelles et 447 000 PAC air/air dans le secteur tertiaire, l'habitat collectif et les maisons individuelles³², dont environ 100 000 dans les maisons individuelles³³. Ce marché des PAC air/air est tiré par les besoins de rafraîchissement.

Ce fort développement est l'effet à la fois du seuil très strict du Cep et, pour le chauffe-eau thermodynamique (CET), de l'obligation dans la RT 2012 d'EnR en maisons individuelles ; en effet, cette solution, qui a été admise pour le respect de cette obligation, a largement été choisie en cas de recours à l'électricité. Il en est allé de même en cas de chauffage au gaz, même si ce choix n'est pas optimal sur le plan économique, une chaudière au gaz pouvant également produire de l'eau chaude avec un coût d'investissement moindre et un seul contrat d'entretien.

Les premières PAC vendues en France étaient importées pour une large part ; elles ont parfois été source de contre-performances avec notamment un fonctionnement dégradé qui entraînait des dysfonctionnements liés à de fortes consommations durant les périodes très froides. Fait exception la PAC géothermique, qui offre les performances les meilleures mais dont le surcoût à l'installation, dû au forage, est jugé trop élevé. La France a mis plus de temps que d'autres pays à adopter les pompes à chaleur, du fait de ces contre-performances. Cependant, le marché a été particulièrement stimulé en 2007 et 2008 par un fort crédit d'impôt à 50 %.

À présent, la technologie est bien appropriée par les industriels du génie climatique, fédérés au sein du syndicat professionnel Uniclimate. Elle génère actuellement un chiffre d'affaires de 2,55 Md€ et emploie 24 000 personnes réparties entre maintenance, distribution, installation et fabrication très largement locale, réalisée sur 20 sites industriels. La technologie étant complexe, la fabrication locale favorise un savoir-faire indispensable pour l'installation et la maintenance afin d'éviter les contre-performances, en particulier en termes de coefficient de performance (COP). Le marché est très concentré avec 4 marques représentant 80 % du marché dont 40 % pour le leader Atlantic qui a démarré cette activité en 2007.

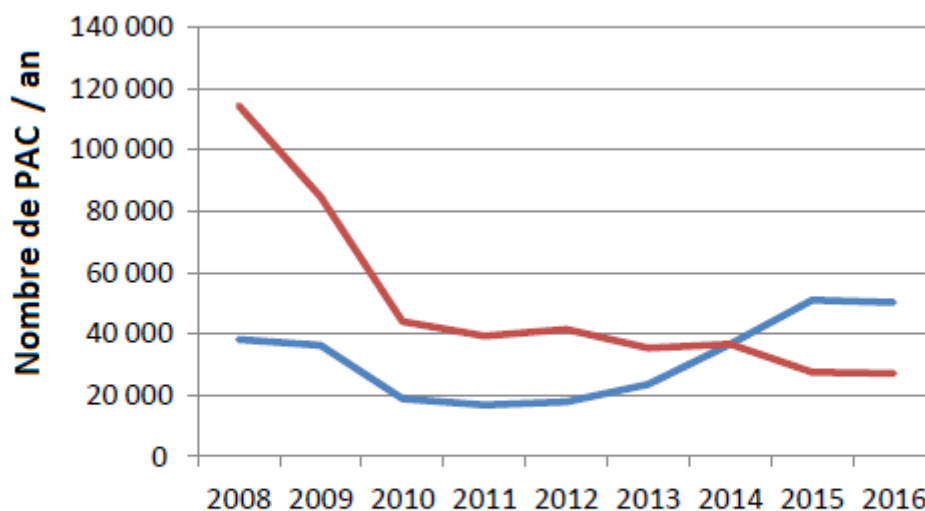
Afin de développer ce savoir-faire, la filière via l'AFPAC s'est résolument engagée depuis 2008 dans une démarche qualité s'appuyant sur des qualifications, telles que Qualipac, Qualicet et Qualiforage, et via des formations et des labels. La réglementation impose des exigences de performances aux installateurs, de même que la procédure du crédit d'impôt pour la transition énergétique (CITE). En conditions idéales de fonctionnement, la PAC assure un rendement moyen de 3 par rapport à l'énergie consommée, ce qui permet de compenser le facteur de 2,58.

Le label BBC et la réglementation ont fortement contribué à cette croissance du marché dans l'habitat neuf, et plus particulièrement dans les maisons individuelles (MI) (cf. schéma ci-après). En effet, dans l'habitat existant, remplacer une chaudière à fuel par une PAC air-eau n'était pas jugé « rentable », parce que, même avec le CITE, le prix de la PAC dépasse encore le prix de la chaudière à fuel de 3 à 4 K€.

³² Source Association Française pour les Pompes A Chaleur (AFPAC).

³³ Source Centre d'Études et de Recherches Économiques sur l'Énergie (CEREN).

Répartition des PAC en MI



— Neuf — Rénovation

L'absence des PAC dans les logements collectifs neufs, massivement équipés en gaz, ne s'explique pas par une absence d'offre, puisqu'il existe des PAC collectives pour le tertiaire, qui peuvent être munies de compresseurs Scroll qui existent pour les piscines, mais parce qu'elles sont plus chères que les chaudières à gaz, au moins en termes d'investissement. En effet le prix des PAC est fortement dépendant de la puissance, ce qui est moins le cas pour les chaudières fossiles, elles sont souvent surdimensionnées donc fonctionnent avec des marches/arrêt fréquents, ce qui nécessite plus de maintenance et leur caractère réversible, intéressant pour le tertiaire est peu développé à ce jour dans les logements collectifs et les maisons individuelles³⁴ (cf. paragraphe 2.4.2 sur « Et la climatisation ? »).

Par ailleurs, toujours en habitat collectif, les PAC individuelles sont considérées jusqu'à présent comme peu adaptées car elles nécessitent une prise d'air et des équipements peu élégants en façade et sont un peu bruyantes. C'est un des axes de développement de la profession, y compris avec des solutions hybrides³⁵.

³⁴ Dans les maisons individuelles les PAC sont en théorie plombées, c'est-à-dire non utilisables pour la fonction de climatisation, pour respecter le CEP, l'utilisation en climatisation augmentant la consommation.

³⁵ Afpac : des solutions pour l'ECS en collectif.

Les PAC pouvant avoir des problèmes d'efficacité lorsque la température extérieure est trop basse³⁶, on voit apparaître plusieurs offres hybrides ou multi-services :

- PAC chauffage, chauffe-eau par effet Joule,
- PAC ECS-ventilation,
- Systèmes PAC-fossile (par exemple, chaudière gaz avec PAC intégrée, le gaz assurant l'ECS et les pointes de chauffage) car la puissance en fossile est peu coûteuse. Cette solution est moins chère (8 000 €) qu'une PAC chauffage-ECS (10 000 €).

2.2.2. Des technologies en baisse, voire disparues, voire non développées pour des raisons techniques et/ou économiques

La quasi-impossibilité de respecter le Cep avec de l'effet Joule pour le chauffage et l'ECS a entraîné un recul brutal des appareils basés sur ce principe - convecteurs et ballons d'eau chaude-qui peut être questionné au regard de la grande souplesse d'utilisation³⁷ que présentait ce type de dispositif.

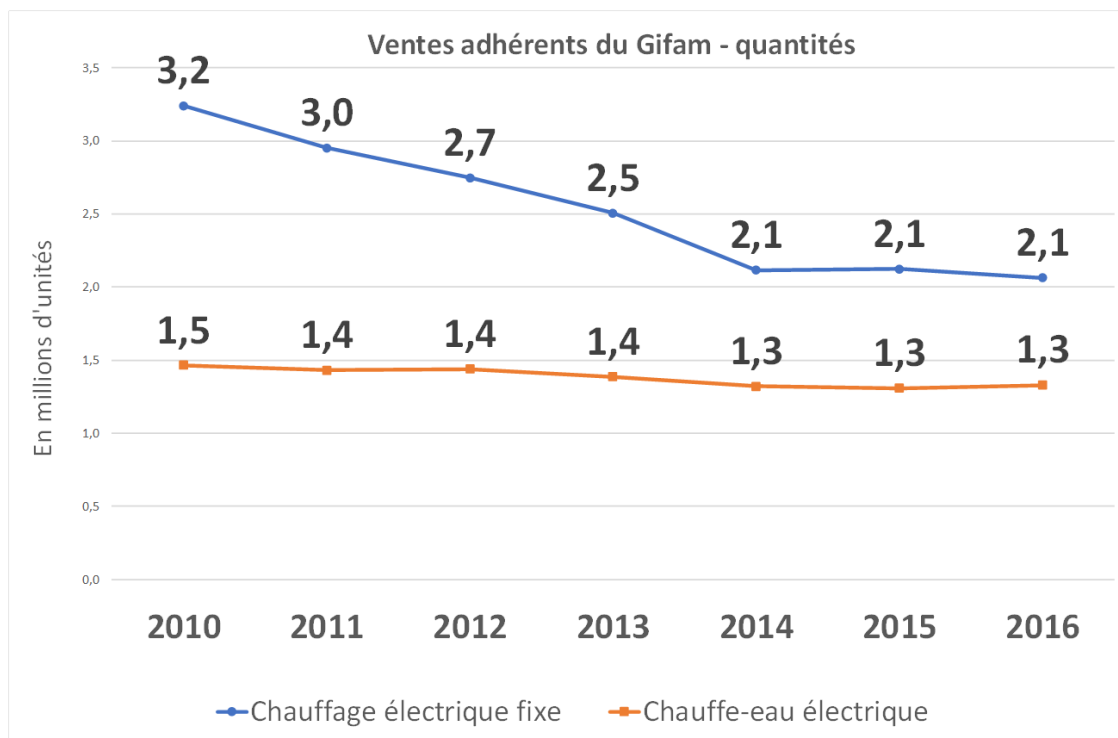
Par ailleurs, la RT 2012 prévoyait notamment dans l'obligation de recours aux EnR l'utilisation de réseaux de chaleur, dont on peut considérer qu'ils relèvent des collectivités et pas directement de la sphère construction et que ce sont plus des systèmes de chaleur renouvelable que d'énergie renouvelable. Deux grands types d'EnR sont à considérer :

- la biomasse dont l'utilisation en logement est assez stable pour des questions d'utilisation pratique et qui s'est plutôt développée dans les petites unités agricoles et industrielles grâce au Fonds Chaleur,
- et le solaire. Le solaire thermique n'a pas réussi à s'imposer, alors que le solaire photovoltaïque, bien maîtrisé par la profession, et très bien financé par le système des obligations d'achat s'est bien développé.

³⁶ Ce qui d'ailleurs les rend moins intéressantes lors des périodes de forte demande.

³⁷ Souplesse qui concerne également les CET.

2.2.2.1. Les appareils à effet Joule et l'introduction du pilotage actif



Le schéma ci-dessus, établi par le Groupement des marques d'appareils pour la maison (GIFAM), illustre la baisse de la vente des chauffe-eau électriques qui, comme les convecteurs, ne sont plus vendus que pour les remplacements de systèmes existants, sous le double effet du Cep et de l'obligation d'EnR dans les maisons individuelles. En effet respecter le Cep avec un chauffage par effet Joule nécessite une sur-isolation (Bbio – 40 %). Donc en dehors de la zone sud-est, ce mode de chauffage a pratiquement disparu pour les bâtiments conformes, alors qu'il était le moins cher à l'installation, à savoir de 50 à 100 € pour des convecteurs d'entrée de gamme. Deux types d'amélioration ont été mis en place par les fournisseurs, des panneaux rayonnants qui procurent un meilleur niveau de confort et une chaleur plus homogène et surtout des fonctions de pilotage actif qui peuvent aider à traiter le problème de consommation.

En effet ce mode de chauffage extrêmement ajustable permet une grande finesse, sans doute insuffisamment prise en compte dans le moteur de calcul qui repose sur un scénario conventionnel en escalier - 19° lors de la présence de l'occupant, 16° sinon - sans tenir compte de l'inertie du logement, surtout s'il est bien isolé. Les systèmes actuels permettent à la fois des détecteurs de présence et d'ouverture de fenêtre et des services d'apprentissage qui tiennent compte du rythme de vie et de l'inertie du bâtiment. Il faut compter entre 280 à 350 € pour des radiateurs haut de gamme connectés. Le ballon à accumulation peut lui aussi bénéficier d'un pilotage très précis commandé par un équipement domotique.

Le pilotage actif des équipements n'est bien évidemment réservé aux appareils à effet Joule, même si ceux-ci présentent le double intérêt de la souplesse de fonctionnement et de l'effacement d'une consommation assez conséquente que les pompes à chaleur qui sont des équipements plus complexes et moins consommateurs. Les CET sont en général des appareils à accumulation dont le pilotage peut présenter des avantages comparables aux appareils à effet Joule.

La rapide progression de l'électronique et du numérique a entraîné à la fois une très forte baisse des composants et capteurs, et par ailleurs une très large disponibilité des réseaux sans fil de tout type - télécom comme le Wifi et le 2-3-4G - ou des réseaux bas débit domotiques. Ces nouvelles offres « numériques » ou « domotiques » permettent d'adjoindre facilement des solutions de pilotage actif dans les usages réglementés et spécifiques mais aussi sur des usages plus liés au bâtiment comme la gestion des occultations, ou la vidéo-surveillance, sachant que les promoteurs commencent à pré-équiper les logements neufs des réseaux et systèmes nécessaires.

Cette offre existe maintenant dans tous les secteurs, à l'exception peut-être de la ventilation dont on a vu que l'évolution n'avait pas été stimulée : pilotage à distance des appareils de chauffage, qu'il s'agisse des chaudières ou des convecteurs, et des équipements d'eau chaude sanitaire, y compris les CET, ou pilotage intelligent de l'éclairage. Cette offre peut également intégrer les solutions de production locale ou de stockage d'énergie et permettre ainsi d'optimiser la consommation du bâtiment en fonction de l'état du réseau. Pour autant, les fonctions de pilotage actif en général peu coûteuses par rapport au prix des équipements, qui sont à la frontière entre le monde du bâtiment, celui des équipements et celui du numérique, souffrent de trois problèmes :

- elles sont souvent trop morcelées, pas forcément toujours compatibles entre elles, et manquent de solutions lisibles et simples d'emploi. Elles sont exposées à la concurrence des offres intégrées des GAFA, très intéressés par la récupération des données des habitants ;
- selon les acteurs³⁸ qui les portent, elles sont insuffisamment prises en compte dans le moteur de calcul parce que non prévues lors de son élaboration ;
- les systèmes qui auraient pu le mieux les valoriser ont disparu.

À consommation électrique identique, un pilotage actif de la consommation est pourtant le moyen le plus efficace de lutter contre la pointe de demande électrique en permettant de différer les consommations liées au chauffage et à l'ECS, usages qui présentent de l'inertie, lors des ultra-pointes, en responsabilisant l'utilisateur, ou en l'incitant via une politique tarifaire bien adaptée allant au-delà des contrats EJP existants. Cela peut aller d'un signal transmis incitant à moins consommer (proposition 7 du rapport Poignant-Sido évoqué au chapitre 2) jusqu'à une réduction temporaire de la puissance, réduction souscrite volontairement, commandée au travers du Linky. Il serait très utile de modéliser ce type de solutions dans l'expérimentation conduite actuellement.

6. Réaliser, en tenant compte de l'économie du système électrique, une évaluation économique, environnementale et de confort d'usage des équipements d'eau chaude à accumulation ainsi que des solutions de pilotage actif sur des appareils à effet Joule évolués, dotés de fonctions d'ajustement de la demande et de limitations de puissance commandées par le réseau.

2.2.2.2. Le solaire thermique : des hauts et des bas

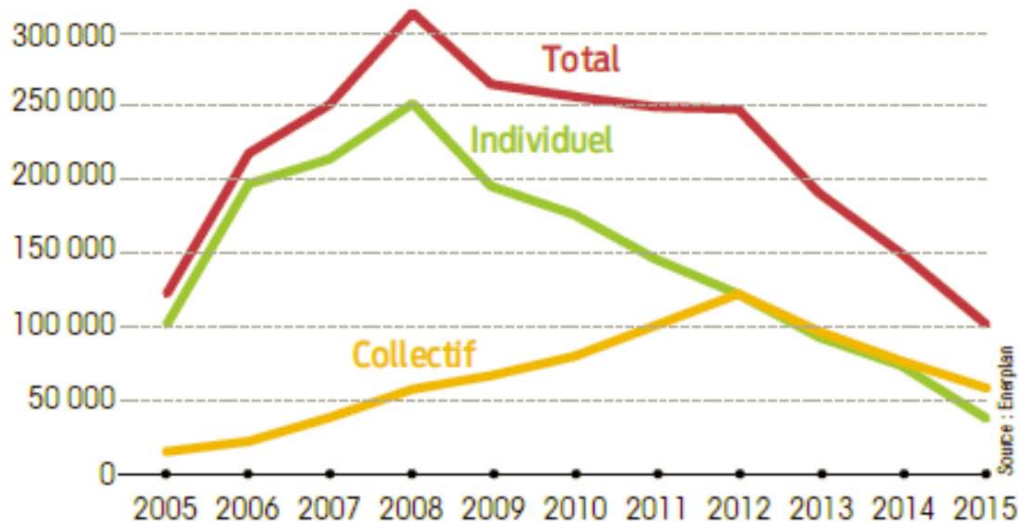
À l'origine, une volonté politique...

³⁸ Selon la FIEEC qui regroupe les différentes branches concernées par le pilotage actif (Uniclimate pour le génie climatique), le SERCE (syndicat des entreprises de génie électrique et climatique), l'ACR (syndicat des Automatismes du génie Climatique et de la Régulation), le GIFAM (groupement interprofessionnel des fabricants d'appareils électrique et ménagers) et le syndicat de l'éclairage.

En France, la volonté de développer le solaire thermique remonte aux débuts des années 2000, alimentée par la double nécessité de lutter contre le changement climatique, ainsi que de réduire les consommations énergétiques d'origine fossile. Cela s'est traduit par la mise en place de dispositifs de soutiens financiers à l'initiative des régions et de l'ADEME, tel que le « Plan Soleil » (devenu « Hélios » en 2006) destiné à subventionner les particuliers et les maîtres d'ouvrage dans les phases de pré-diagnostic, d'étude et d'installation. Par ailleurs, avec le Fonds chaleur, mis en place en 2009, et géré par l'ADEME, le logement collectif, ainsi que les secteurs du tertiaire, de l'industrie et de l'agriculture peuvent, sous certaines conditions, bénéficier d'aides sur les études de faisabilité ainsi que sur les investissements engagés dans le cadre de projet d'installations solaires thermiques. Du côté des ménages, des aides aux projets d'installations solaires thermiques pour l'habitation principale existent également, mais sous la forme cette fois-ci d'un crédit d'impôt, en l'occurrence le CITE.

Les années 2000-2008 : une période prometteuse...

Cette politique de soutien a largement porté ses fruits dans le secteur de l'habitat individuel qui a vu une augmentation constante des mètres carrés posés entre 2000 et 2008, pour atteindre de l'ordre de 250 000 m² installés en 2008 (cf. courbe ci-dessous). En revanche, concernant le secteur de l'habitat collectif, le développement du solaire thermique n'est devenu significatif qu'à partir de la mise en application de la RT 2005, ainsi qu'avec celle des différents labels attachés à la RT 2012. C'est notamment à travers le label BBC que cette technologie a pu se diffuser, d'une part parce que les aides et autres subventions étaient conditionnées par l'obtention de ce label pour les logements collectifs neufs, et d'autre part parce que le solaire thermique était alors un moyen privilégié d'atteindre les objectifs imposés par le label BBC en matière de consommation énergétique.



Marché du solaire thermique, en mètres carrés installés par an - Chauffe-eau solaires individuels (CESI) + Chauffage solaire combiné (SSC)

(Source : alternatives économiques, juillet-août 2017)

... suivie d'un retournement de tendance dans l'habitat individuel

En 2008, la tendance haussière observée dans les années 2000-2008 s'est interrompue pour laisser place à un déclin régulier. La cause principale avancée par

certaines pour expliquer ce retournement est l'irruption du photovoltaïque. À partir de 2007 en effet, le photovoltaïque a bénéficié de deux atouts majeurs : l'éligibilité au CITE, et de généreux tarifs d'achat, garantis sur 20 ans. Il a donc été préféré à l'installation de systèmes plus complexes pour le solaire thermique, ce qui n'a pas manqué de concurrencer efficacement les technologies du solaire thermique dans l'atteinte des objectifs fixés par la RT 2005. En 2011, suite à l'emballement constaté sur le déploiement du solaire photovoltaïque et à son caractère spéculatif, ainsi qu'à une forte baisse du prix des panneaux photovoltaïques, il a été décidé par le gouvernement de baisser très fortement les tarifs d'achat, ce qui a constitué un coup d'arrêt à l'essor de cette technologie. Cela aurait pu constituer une opportunité de relance du solaire thermique, mais l'extension du CITE aux chauffe-eau thermodynamiques (CET), ainsi que des dispositions fiscales plus avantageuses pour le CET que pour le chauffe-eau solaire individuel (CESI), n'ont pas permis d'enrayer le déclin des CESI dans l'habitat individuel. En outre, le fait que l'installation d'un CET soit moins complexe que celle d'un CESI, notamment en ce qu'elle ne nécessite pas d'intervention en toiture, a pu aussi contribuer à son adoption par les maîtres d'ouvrage et les installateurs.

Un déclin dans l'habitat individuel compensé un temps par l'essor dans l'habitat collectif...

Alors que le déclin s'amorçait dans l'habitat individuel, les parts de marché du solaire thermique ont continué de progresser dans l'habitat collectif, pour atteindre de l'ordre de 120 000 installations par an en 2012, année où le solaire thermique représentait 35 % des solutions préconisées par les bureaux d'études. La raison de cet essor, déjà mentionnée plus haut, est liée à l'obtention du label BBC, avec pour conséquence un amortissement de la chute du solaire thermique dans l'habitat individuel. Par ailleurs, cette évolution a pu être quelque peu amplifiée par la hausse des prix de l'énergie intervenue à partir des années 2009-2010.

... jusqu'à l'introduction de la réglementation thermique RT 2012

À partir de 2012, les préconisations en faveur du solaire thermique amorcent à leur tour un déclin dans l'habitat collectif : de 35 % en 2012, ces préconisations s'établissaient autour de 8 % en 2017, ce qui se traduit *in fine* par moins de 4 % d'installations. Ce décrochage démarre précisément en 2013 avec une baisse du nombre des mètres carrés installés d'environ 20 000 m², comparé aux chiffres de l'année 2012 (Cf. graphe ci-dessus). Si l'on s'intéresse aux causes de la baisse constatée en 2013, il faut bien sûr d'emblée écarter la RT 2012, celle-ci n'ayant été appliquée qu'à partir de janvier 2013, et que les permis de construire déposés à partir de cette date n'ont pu conduire à l'installation des systèmes solaires que dans le courant de l'année 2014. En revanche, comme les courbes présentées ci-dessus agrègent les nombres de m² installés, tant dans l'habitat collectif neuf, que dans l'existant, la baisse de 2013 serait plutôt imputable à l'impact, sur l'habitat collectif existant, de l'extension du CITE aux CET. Cette baisse constatée en 2013 s'est poursuivie les années suivantes, avec un déclin en partie lié cette fois-ci à la RT 2012 avec : 1) la prise en compte du CET dans la méthode de calcul, technologie qui relevait jusqu'alors du « titre V opérations », et 2) la dérogation accordée au secteur de l'habitat collectif de dépasser de 15 % la consommation énergétique maximale autorisée par la RT2012 (soit un passage, pour le collectif, de 50 kWh/m².an à 57,5 kWh/m².an), sans obligation d'utiliser une part d'énergies renouvelables. C'est ainsi que, dans l'habitat collectif, le nombre de mètres carrés de panneaux solaires thermiques installés par an est passé d'environ 120 000 m²/an en 2012, à un peu plus de 50 000 m²/an en 2015.

Une tendance au déclin aggravée par de mauvais retours d'expérience dans l'habitat collectif...

Ce déclin dans l'habitat collectif a par ailleurs été amplifié par les premiers retours d'expérience sur les systèmes d'eau chaude solaire installés avant 2012. Ainsi, une étude³⁹ réalisée en 2015 par Vincent Renaud-Giard, ingénieur et chercheur en urbanisme et membre de l'initiative Bâtiment de la Chaire Économie du Climat de l'Université Paris-Dauphine, a recensé de nombreux problèmes rencontrés par ces systèmes dans l'habitat collectif. Cela va de la phase de « *conception* », à la phase de « *maintenance* », en passant par les phases « *d'installation* » et de « *mise en service* ». Le tableau ci-après, qui reprend l'ensemble de ces problèmes, pointe essentiellement des lacunes dans la connaissance et la compréhension de cette technologie aux contraintes très spécifiques. Celle-ci a manifestement pâti de l'insuffisance de préparation et de formation des différents intervenants de l'ensemble de la chaîne de mise en œuvre des installations d'eau chaude solaire dans l'habitat collectif, ce qui a ainsi conduit les prescripteurs à s'en détourner progressivement.

³⁹ <https://www.chaireeconomieduclimat.org/publications/info-debats/id-39-les-risques-de-contre-productivite-a-lusage-des-innovations-vertes-dans-le-batiment/>

	Pratiques constatées	Dysfonctionnements techniques
Phase de conception	Surdimensionnement des surfaces de champs solaires (calcul BE sur consommation maximale, maximisation du taux de couverture, etc.).	Goudronnage du circuit primaire, fuites possibles près de l'échangeur.
	Sous-dimensionnement du vase d'expansion solaire.	
	Position des composants à entretenir difficiles d'accès (locaux étroits ou sous-comble, accès aux champs en toiture, etc.)	
	Manque de prise en compte du contexte réel dans les logiciels en usage (ombres portées, données météo actualisées, schéma hydraulique réel, etc.)	Baisse de la productivité solaire, augmentation du rôle de l'appoint.
Phase d'installation	Retour de bouclage de l'ECS positionné dans le ballon solaire au lieu du ballon d'appoint.	Le retour de bouclage (50°C) chauffe le ballon solaire.
	Présence de pompes de circulation ou d'homogénéisation entre le ballon solaire et le ballon d'appoint.	Le ballon d'appoint chauffe le ballon solaire. Productivité solaire quasi-nulle.
	Piquages, sondes, et dégazeurs mal positionnés	Baisse de la productivité solaire.
	Défauts d'équilibrage sur les champs solaires en toiture (débits de glycol / champs).	Goudronnage lorsque le débit de glycol est trop faible / surface des champs
	Pression de pré-gonflage du vase d'expansion des capteurs solaires trop basse par rapport à la différence de hauteur entre la chaufferie et les panneaux.	Bulles d'air dans le circuit primaire, manque de fluide, surchauffes.
	Usage de matériaux non solaire (vannes, joints, dégazeurs, mitigeurs, vase d'expansion) sur le circuit primaire et sur le circuit secondaire proche de l'échangeur	Corrosion des matériaux en toiture, fuites glycolées en toiture, déformation des joints à proximité de l'échangeur en chaufferie.
Phase de mise en service	Mise en service par temps ensoleillé.	Formation de bouchons de glycol goudronné dans le circuit primaire.
	Mise en service avec un taux d'occupation inférieur à 70%.	Difficulté de refroidissement du glycol/ Surchauffes sur le circuit primaire
	Mise en service sur l'électricité de chantier. Risques de coupures / électricité finale.	Goudronnage du glycol dans le circuit primaire.
Phase de maintenance	Circulateurs solaires coupés (présence de fuites, attente de réparations ou d'intervention spécifique, etc.)	Goudronnage du glycol dans le circuit primaire.
	Installation à l'arrêt pendant l'été (lorsque le solaire thermique est utilisé également pour le chauffage)	
	Absence de réglage de la régulation en chaufferie ou réglage inhabituel.	Baisse de la productivité solaire. Erreurs de phasage sur les cycles de chauffe / refroidissement.

Synthèse des premiers REX sur le solaire thermique collectif

[Source : Vincent Renaud-Giard, Chaire économie du climat de l'Université Paris-Dauphine, réalisé à partir des travaux d'Enertech (2012), de l'ADEME (2012), de RAGE (2013) et de l'USH (2013)]

avec toutefois quelques signes encourageants

Face à ce constat, on peut cependant relever quelques éléments positifs concernant l'avenir de la filière solaire thermique. D'une part, du côté des réalisations, où de multiples sites équipés d'installations solaires thermiques montrent un fonctionnement conforme aux attentes. C'est le cas par exemple de résidences opérées par des

bailleurs sociaux en région Auvergne-Rhône-Alpes, ainsi qu'en région Grand-Est⁴⁰, et dont les postes ECS ont baissé de 40 à 60 %, avec des taux de couverture « hors bouclage »⁴¹ compris entre 40 et 50 %. C'est le cas aussi d'une nouvelle résidence étudiante, « La maison de l'île-de-France », dont la quasi-totalité des consommations « chauffage » et « ECS », soit 105 000 kWh/an, proviennent du solaire, moyennant un stockage inter-saisonnier de 165 m³. Ces deux exemples montrent ainsi que les contre-performances des installations solaires évoquées ci-dessus ne doivent pas occulter que de multiples sites fonctionnent bien et assurent de substantielles économies d'énergies fossiles au maître d'ouvrage. D'autre part, du côté de la réglementation, on relèvera que, depuis octobre 2016, une correction de sa méthodologie de prise en compte lui permet d'avoir un meilleur bilan. Toutefois, si cette rectification du moteur de calcul de la RT 2012 a effectivement répondu à une attente de la profession, beaucoup de ses acteurs restent convaincus que cela ne suffira pas pour inverser la situation, tant que la dérogation de 57,5 kWh accordée aux logements collectifs restera en place.

Par ailleurs, le développement du solaire thermique a fait partie des sujets du groupe de travail « solaire », mis en place le 18 avril 2018 par le secrétaire d'État auprès du ministre de la Transition écologique et solidaire Sébastien Lecornu. Après plusieurs semaines de consultations avec les acteurs concernés, les résultats de ce groupe de travail ont donné lieu à l'élaboration d'un « plan solaire » présenté par le gouvernement le 28 juin 2018, et dont le volet « solaire thermique » prévoit l'augmentation de la prime à l'achat des chauffages et chauffe-eau solaires à partir de 2019.

2.3. L'impact sur l'enveloppe et la conception des bâtiments

2.3.1. Les systèmes constructifs présentent une évolution sans rupture technologique, mais dynamisée par les programmes de recherche et les exigences réglementaires

Les exigences de la réglementation thermique ont des conséquences importantes sur les technologies de l'enveloppe. Cet impact est illustré ci-après pour trois éléments essentiels.

2.3.1.1. La brique

La brique connaît trois innovations remarquables : la forte augmentation de sa résistance thermique intrinsèque, le développement de systèmes constructifs complets avec les accessoires pour le traitement des points singuliers et la pose à joint mince. Son utilisation s'est fortement développée dans la construction de maisons individuelles ou de petits collectifs, jusqu'à un logement sur trois en terre cuite. La pose à joint mince élimine les ponts thermiques, diminue la pénibilité du chantier, au prix d'une mise en œuvre rigoureuse et d'une préparation du calepinage. Elle transforme le métier du maçon.

⁴⁰ Cf. « Le Journal des Énergies renouvelables » - Hors série solaire thermique collectif -Avril 2017.

⁴¹ Le bouclage d'eau chaude concerne les installations de production d'eau chaude collective, qu'elles utilisent de l'énergie solaire ou non. Il consiste à faire circuler de l'eau chaude en continu afin d'être en mesure de la délivrer rapidement aux utilisateurs. Les pertes calorifiques, non prise en compte dans le cas cité, dépendent de la qualité du calorifugeage du circuit de boucle, et influent donc sur le taux de couverture (*ie* ratio « chaleur solaire utile/chaleur soutirée »)

A contrario, la brique « monomur », système d'isolation répartie sans isolation rapportée, est en recul. Les attentes en matière de résistance thermique amènent à des épaisseurs peu courantes (42 cm voire plus, avec isolation complémentaire intégrée dans les alvéoles). Une résistance thermique plus faible du mur pourtant est imaginable au regard de la meilleure inertie et compensée en sur-isolant d'autres composants (toiture, plancher bas...).

L'isolation répartie semble trouver des limites avec le niveau d'exigence de la RT2012. Afin d'optimiser l'épaisseur des murs, la structure doit aussi présenter des qualités isolantes aux côtés de l'isolation rapportée.

2.3.1.2. Le bloc béton

Le bloc béton a aussi évolué, cherchant à récupérer des parts de marché. Poussés par une meilleure résistance thermique, les blocs de béton cellulaire ou de granulats légers (ardoise expansée, pierre ponce...) ou encore d'éléments bio-sourcés (bois, chanvre...) ou de déchets recyclés, trouvent de nouveaux débouchés malgré une résistance mécanique généralement inférieure. L'utilisation de blocs béton isolants, à l'instar des briques isolantes, peut permettre un traitement simplifié des ponts thermiques linéaires par planelle⁴² isolante en about de dalle de plancher. Éviter la mise en œuvre de rupteurs peut être apprécié par les constructeurs. On innove aussi avec la pose à joint mince, l'isolation intégrée par l'ajout dans les alvéoles d'un isolant, ou dernièrement d'une mousse minérale isolante.

Le voile béton reste répandu notamment pour l'habitat collectif. Les bétons isolants structurels (BIS), constitués de granulats légers, connaissent un développement dans le bâtiment notamment du fait du renforcement des exigences visant les ponts thermiques. Ils ne permettent pas de se passer d'isolation rapportée intérieure, mais peuvent traiter les ponts thermiques linéaires sans nécessité de rupteurs.

L'impératif de réduction des besoins énergétiques du bâtiment relance les systèmes constructifs tels que le bloc à isolation intégrée ou les systèmes à béton coulé en place comme le bloc de coffrage isolant et le mur à coffrage et isolant intégrés (MC21), avantageux par leur rapidité d'exécution. Ils sont issus des importants programmes de recherche expérimentation menés par le Puca, l'Ademe, l'ANR depuis les années 80 : H2E85 du Plan Construction, puis « Bâtiment 2010 », puis Prebat⁴³.

2.3.1.3. Les rupteurs de ponts thermiques

La réduction des ponts thermiques est essentielle dans un bâtiment basse consommation et à considérer sur sa durée de vie. Étant donné le faible niveau des déperditions, ils représenteraient une part trop importante de celles-ci s'ils n'étaient pas traités. Par ailleurs un pont thermique insuffisamment traité peut être cause de sinistralité, notamment de condensation préjudiciable à la qualité de l'air. Le traitement fait appel à des rupteurs ou diverses solutions alternatives. La RT2012 a fixé le niveau d'exigence pour les ponts thermiques linéaires⁴⁴. Les acteurs s'étaient mobilisés sur ce thème dès le programme de recherche « Bâtiment 2010 ». Il y a désormais un savoir

⁴² Élément de maçonnerie, de faible épaisseur, protégeant l'about d'un plancher et présentant un parement uniforme en façade.

⁴³ « Histoire de la recherche sur l'enveloppe du bâtiment », Ademe, février 2010.

⁴⁴ Article 19 de l'arrêté du 26 octobre 2010 relatif aux caractéristiques thermiques et aux exigences de performance énergétique des bâtiments nouveaux et des parties nouvelles de bâtiments : le ratio de transmission thermique linéique moyen global du bâtiment n'excède pas 0,28 W/m.K, et les ponts thermiques des planchers intermédiaires n'excèdent pas 0,6 W/m.K.

faire industriel, les systèmes constructifs prennent maintenant en compte la réduction des ponts thermiques, et les procédés sont en constante amélioration.

2.3.2. Les systèmes d'isolation : par l'intérieur ou par l'extérieur ?

L'isolation thermique par l'intérieur (ITI) reste privilégiée pour les bâtiments résidentiels neufs, tant en collectif qu'en individuel. L'isolation thermique par l'extérieur (ITE) ne connaît pas la généralisation attendue au regard de son intérêt technique (élimine les ponts thermiques et favorise l'inertie) et marque un recul par rapport à sa diffusion dans le label BBC. L'isolation répartie et l'isolation intégrée à une ossature (bois, acier...) restent assez marginales⁴⁵.

L'ITI est bien maîtrisée par les constructeurs et, associée à un traitement des ponts thermiques, elle permet d'atteindre la performance.

L'ITE est plus onéreuse et plus technique. Sa mise en œuvre demande une conception poussée, notamment pour les détails des points singuliers (entourage des baies, brise-soleils, balcons, pénétrations de réseaux...). Elle répond à de nombreuses exigences (solidité, stabilité au vent, sécurité incendie...) et demande le recours préférentiel à des systèmes complets et cohérents, ainsi qu'une grande rigueur dans le respect des prescriptions des fabricants et des règles de l'art. Les modifications de projet en phase de réalisation doivent être bien coordonnées. La RT2012 a néanmoins représenté une impulsion pour l'ITE, aussi portée par le marché de la rénovation énergétique. Les systèmes se sont améliorés, l'offre de matériaux et de finitions s'est considérablement enrichie, tant pour les enduits que pour les bardages rapportés. Des systèmes complets de façades légères performantes sont mis au point pour les bâtiments à ossature poteau-poutre (mode constructif actuellement moins répandu en France qu'à l'étranger).

S'agissant des isolants il faut noter les améliorations du pouvoir isolant d'une part, et l'émergence des isolants bio-sourcés d'autre part. L'apparition du polystyrène expansé gris graphité gagnant 20 % en performance est quasiment une rupture technologique ; la dernière laine de verre sortie présente une conductivité thermique de 0,030 W/m.K pour 0,032 W/m.K précédemment. Les matériaux bio-sourcés réapparaissent dans le bâtiment, liés à l'isolation thermique, de façon concomitante à la RT2012, dans la foulée du Grenelle de l'environnement. Ces isolants bio-sourcés (fibre de bois, lin, chanvre, paille...), un peu moins performants, continuent de s'améliorer. Ils apportent l'atout d'un meilleur écobilan et comportent des points de vigilance à respecter notamment pour la sécurité incendie. Les super-isolants, qui atteignent de hautes performances avec de faibles épaisseurs, restent cantonnés à des utilisations très spécifiques. Ils nécessitent encore des améliorations, et des applications restent à développer. Les panneaux isolants sous vide (PIV) peuvent être une solution quand on manque d'espace ; l'aérogel de silice trouve actuellement une application en enduit isolant, plutôt pour la rénovation de certains bâtis anciens.

2.3.3. Les technologies de la baie sont essentielles pour la performance énergétique

Les industriels du vitrage et les fabricants de menuiseries extérieures depuis longtemps n'ont cessé d'améliorer leurs produits. Les programmes de recherche

⁴⁵ « Les tendances constructives. Opérations en démarche de certification en 2015 », Cerqual, novembre 2016 ;

« Retour d'expérience BBC édition 2014 RT 2005 - RT 2012 » Association Promotelec, septembre 2014.

depuis H2E85 dans les années 80 (vitrages peu émissifs) ont donné une place importante aux vitrages. L'importance renforcée donnée par la RT2012 à la prise en compte des apports solaires, de l'éclairage naturel et de l'isolation thermique relance ces innovations.

2.3.3.1. Une amélioration continue des produits qui se poursuit depuis 40 ans

Les profilés deviennent plus minces pour améliorer le clair de jour. Il a fallu élaborer une solution technique pour mettre en conformité les ouvrants coulissants avec les dernières exigences d'étanchéité à l'air, afin qu'ils ne soient pas exclus. Le double vitrage 4/16/4 à l'argon et peu émissif est devenu courant, et une innovation récente améliore encore le facteur solaire et la transmission lumineuse tout en gardant une isolation thermique élevée. L'industrie propose depuis un certain temps des vitrages à couche de contrôle solaire et des vitrages électro-chrome (variation de teinte et de la transmission énergétique et lumineuse par commande électrique)⁴⁶. On s'oriente maintenant vers une fenêtre « intelligente » intégrant par exemple la motorisation pour une gestion de ventilation naturelle.

2.3.3.2. La question des protections solaires reste perfectible

La RT2012 inaugure une prise en compte fine des dispositions de contrôle solaire⁴⁷, qu'elles soient intégrées au vitrage (vitrages à couches) ou rapportées (protections solaires mobiles : volets, stores...), sachant qu'elles ont une grande importance notamment sur le besoin énergétique et le confort d'été. Dans cet esprit, l'obligation RT2012 au titre du confort d'été, de protection solaire mobile pour les locaux destinés au sommeil⁴⁸ semble plutôt la survivance d'un motif de réglementation obsolète et sa suppression devrait être examinée dans le cadre de la révision du confort d'été. La réglementation doit éviter d'imposer un type de produit ou de système constructif. Équiper de protections solaires peut signifier création de coffres de volets roulants, problématiques pour la chasse aux ponts thermiques ; le choix constructif relève des acteurs du projet et de l'architecte. Par ailleurs il faut s'interroger sur les modalités selon lesquelles sont pris en compte les automatismes de gestion des protections solaires mobiles dans les calculs d'indicateurs réglementaires, car il ne faudrait pas que les économies de fonctionnement qu'ils sont susceptibles d'apporter servent de motif de diminution de la qualité de l'enveloppe. La valorisation de la performance du système de régulation relève de l'indicateur Cep, et il faut s'assurer que l'indicateur Bbio reste calculé selon le scénario conventionnel.

⁴⁶ Par exemple arrêté du 23/01/14 relatif à l'agrément de la demande de titre V relative à la prise en compte du système SageGlass dans la réglementation thermique 2012.

⁴⁷ §3.2.4 de la méthode ThBCE2012 annexe à l'arrêté du 30 avril 2013 : « Les baies transparentes sont décrites en matière de caractéristiques énergétiques et lumineuses : isolation, transmission solaire, transmission lumineuse ainsi que d'ouverture liée au confort d'été. La gestion des protections mobiles et des ouvertures peut être manuelle (avec un comportement conventionnel) ou automatique (avec prise en compte des caractéristiques propres du système de régulation. »

⁴⁸ Article 21 de l'arrêté du 26 octobre 2010 relatif aux caractéristiques thermiques et aux exigences de performance énergétique des bâtiments nouveaux et des parties nouvelles de bâtiments.

2.3.3.3. *Le critère réglementaire sur le minimum global de surfaces vitrées pose question*

Avec la RT2012, performance énergétique ne signifie pas bâtiments avec de petites ouvertures. Au contraire, l'éclairage naturel et les apports solaires sont valorisés dans l'indicateur Bbio. Les performances atteintes par les baies actuelles vont plutôt dans le sens de l'augmentation des surfaces vitrées⁴⁹. Néanmoins les pouvoirs publics ont souhaité rendre réglementaire pour les logements le minimum global de surfaces vitrées de 1/6 de la surface habitable⁵⁰, redondance pour insister sur la nécessité de l'accès à l'éclairage naturel. Le respect de cette disposition réglementaire nouvelle peut dans certains cas être problématique, par exemple au regard du confort d'été entraînant des risques de surchauffe ; elle a déjà fait l'objet au titre de la simplification⁵¹, de clauses dérogatoires dans le cas des petits logements et le cas de contraintes de préservation du patrimoine. On pourra s'interroger sur l'utilité de cette obligation de moyen pour un sujet qui relève pleinement du rôle de conception architecturale. Sa suppression serait à examiner, après mise en œuvre d'une révision efficace de l'exigence réglementaire de confort d'été, et au regard d'une affirmation de l'indicateur Bbio.

2.3.4. **La qualité de l'air intérieur est un sujet de plus en plus sensible**

L'étanchéité à l'air de l'enveloppe est un point clef de la basse consommation. La RT 2012 impose une exigence à ce sujet, avec un contrôle à la réception. En effet, les infiltrations d'air parasites sont causes de déperditions thermiques, de sinistralité liée à la condensation, et perturbent le fonctionnement optimum de la ventilation. Cette exigence a entraîné une évolution radicale et des innovations (mousse projetée pour les maçonneries par exemple) concernant les films « pare-vapeur » et une mobilisation des acteurs sur la mise au point de tous les détails-types d'exécution (jonctions des menuiseries extérieures avec la paroi notamment). Le colmatage à la bombe de mousse polyuréthane est exclu, car non pérenne. Cela signifie au final un bond substantiel de qualité de l'enveloppe, et pour cela une définition des prestations dès l'amont, et une appropriation collective sur les chantiers par tous les corps d'état. On ne peut plus cacher les défauts. Il reste à informer l'occupant de ne pas dégrader ces ouvrages d'étanchéité. Mais tout n'est pas satisfaisant ; ce confinement plus important des bâtiments peut entraîner un risque de dégradation de la qualité de l'air intérieur et de présence d'humidité, principalement imputable à l'augmentation des émissions de polluants intérieurs d'une part, mais aussi probablement à une aération et des systèmes de ventilation d'efficacité et de qualité insuffisantes d'autre part. Le sujet du renouvellement d'air des bâtiments est à passer en revue pour prendre en compte l'évolution de ces données.

⁴⁹ « Étude de l'influence des paramètres d'une baie sur le Bbio et les coûts d'exploitation », Cardonnel ingénierie, mars 2010.

⁵⁰ Le ratio de 1/6 de la surface de plancher était déjà une référence couramment admise pour un dimensionnement des baies vitrées.

⁵¹ 4° de l'article 2 de l'arrêté du 11 décembre 2014 relatif aux caractéristiques thermiques et aux exigences de performance énergétique applicables aux bâtiments nouveaux et aux parties nouvelles de bâtiment de petite surface et diverses simplifications.

2.3.5. La dynamique d'évolution technologique et industrielle est significative pour les filières de l'enveloppe et du bâti et doit être entretenue

En résumé sur l'enveloppe, il n'est pas possible d'évaluer l'impact de la RT2012 en tant que telle. C'est un ensemble de progrès qu'il faut comprendre, impulsés par la thermique du bâtiment (mais pas uniquement), qui ont eu lieu depuis une trentaine d'années et qui constituent les fondements de cette réglementation. La RT88 et les années 90 marquent un tournant à partir duquel la réglementation commence à ne plus être vécue comme une contrainte mais comme une opportunité économique pour les acteurs. Concernant l'enveloppe, la RT2012 ne semble pas marquer de rupture technologique. Il y a eu amélioration de technologies qui étaient déjà sur les lignes de production lors de son élaboration, ou de solutions anciennes en dormance. Les entreprises et les industriels étaient prêts, dans le contexte notamment des programmes de recherche gouvernementaux, du mouvement HQE, et dernièrement du label BBC. La RT2012 pour l'enveloppe pousse l'isolation ; on est à la limite d'utilisation du principe du Monomur par exemple, et par ailleurs il faut rééquilibrer le confort d'été et la qualité de l'air intérieur. Les exigences sont globales en général et restent neutres : elles n'imposent pas indirectement de produit ou de système. Les choix architecturaux, techniques et économiques restent ouverts, et la diversité, y compris selon les régions, est préservée. Avec notamment l'étanchéité à l'air et le traitement des ponts thermiques, l'application de la RT2012 devient plus technique et interpelle fortement la réalisation sur le terrain. Elle donne matière à la notion d'œuvre commune, familière au domaine du bâtiment. Elle active une culture commune avec l'actualisation des règles de l'art, la formation, la certification. Elle nécessite de la part des entreprises des stratégies d'adaptation aux changements d'autant qu'ils interfèrent ou se combinent avec bien d'autres facteurs d'évolutions majeures : les nouvelles formes de contrats (contrats globaux...), les évolutions sociologiques de l'habitat et de l'énergie, le numérique, les objectifs environnementaux...

Il y a bien une « évolution technologique et industrielle significative dans le domaine de la conception et de l'isolation des bâtiments », objectif fixé par la loi n° 2009-967 du 3 août 2009 de programmation relative à la mise en œuvre du Grenelle de l'environnement. Cette évaluation montre l'ampleur de l'évolution des filières du bâti proprement dit en réaction aux exigences climatiques, contrairement à ce que l'on a tendance à penser parfois. Un temps doit être laissé, pour combler les manques d'appropriation résiduels et disposer d'un retour détaillé, actualisé et étudié sur la sinistralité et la performance effective, mais la dynamique demande à être maintenue par des marchés soutenus.

2.3.6. Les exigences de la RT 2012 garantissent-elles la qualité de conception énergétique du bâti ?

Le respect de la RT2012 pour un projet de bâtiment s'établit sur trois points principaux qui s'enchaînent logiquement :

- le calcul de l'indicateur Bbio et du critère Bbiomax, nouveau critère réglementaire depuis la RT 2012 ;
- le contrôle du confort en période estivale ;
- le calcul de l'indicateur Cep et du critère Cepmax.

Les deux indicateurs Bbio et Cep rendent compte ensemble de la performance globale du bâtiment. L'indicateur Bbio exprimé en points caractérise globalement l'efficacité

énergétique intrinsèque du bâti, notamment son enveloppe, au travers des besoins de chauffage, refroidissement et éclairage artificiel, liés aux apports solaires et internes et aux déperditions. Avec la RT 2012, l'appréciation de la performance du bâtiment ne se limite plus à la qualité isolante de l'enveloppe. L'optimisation du Bbio assure la limitation intrinsèque, naturelle et durable des besoins, en amont de l'optimisation du Cep, qui assure l'économie d'énergie primaire par le recours à des équipements et pilotages performants et, au moins pour partie, à des énergies renouvelables. L'indicateur Bbio est celui de bâtiments mieux pensés pour l'ensemble de leur cycle de vie, en écartant dans un premier stade la question des choix conjoncturels ou moins primordiaux d'équipements soumis à obsolescence et renouvellement plus rapide.

Mais le critère Bbiomax, fixé actuellement à 60 points en moyenne, hors modulations, s'avère trop lâche selon divers professionnels⁵². Par rapport aux réalisations conformes à la RT 2005 ou au label BBC, ce niveau n'entraîne parfois pas de progrès sensible pour l'isolation et l'enveloppe. Le label BBC correspondait à un niveau Bbio de 50 points voire moins, même si la comparaison avec le seuil du Bbiomax de la RT 2012 n'est pas immédiate du fait du changement de définition de la surface de plancher entre le label et la RT.

Le critère Bbiomax actuel est parfois inopérant, ou maintenant facile à atteindre techniquement et économiquement dans la plupart des cas de bâtiments.

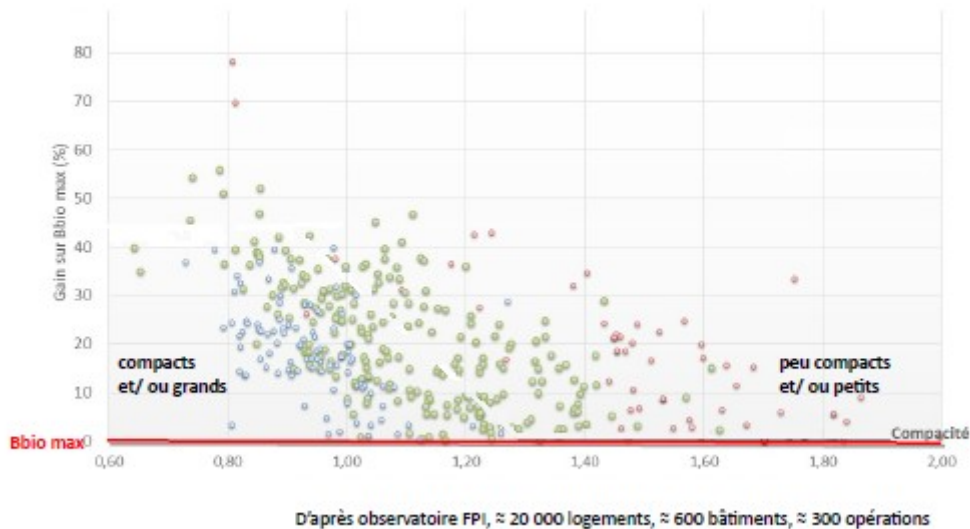
Le graphique ci-après illustre cette analyse. Réalisé d'après un observatoire de la Fédération des Promoteurs Immobiliers, il porte sur 20 000 logements neufs, correspondant à 600 bâtiments construits en application de la RT 2012. Il représente en ordonnée le gain en pourcentage du Bbio par rapport au Bbio max, et en abscisse la compacité⁵³ du bâtiment. À gauche, figurent donc les bâtiments compacts et/ou les grands logements et à droite les bâtiments découpés et/ou les petits logements. Les bâtiments sont classés en trois catégories selon leur coefficient de déperditions Ubat⁵⁴. En vert sont figurés les bâtiments ayant un coefficient Ubat compris entre 0,5 et 0,7 W/m².K, soit un niveau d'isolation sensiblement équivalent à celui de la RT 2005, en rouge, les bâtiments avec un niveau d'isolation supérieur, en bleu, ceux avec un niveau d'isolation inférieur au niveau RT 2005, donc en régression de performance.

⁵² Voir notamment « Étude sur l'évolution des prestations thermiques des bâtiments avec la RT 2012 », rapport ET15-111 du pour « Collectif Isolons la Terre contre le CO₂ », Tribu-Energie, 2 novembre 2015.

⁵³ La compacité d'un bâtiment est la somme des surfaces déperditives (l'enveloppe) rapportée à la surface de plancher ; dans certaines publications cela peut être la surface déperditve rapportée au volume habitable. Plus ce ratio est petit, plus le bâtiment est compact.

⁵⁴ Coefficient moyen de déperdition thermique par les parois et les baies du bâtiment, en kW/m², défini par les RT2000 et 2005.

% / Bbio max = fonction (compacité)



Source : André Pouget

On y voit la confirmation du caractère trop lâche du Bbio max : la majorité des bâtiments ont un coefficient bien meilleur. L'effet de la compacité apparaît : le Bbio est en moyenne meilleur pour les bâtiments compacts et les grands logements. Lorsque l'exigence sur la consommation, fixée grâce au Cep max, est également peu contraignante, comme dans le cas de l'énergie gaz en immeuble collectif, cette insuffisance d'exigence sur le Bbio peut alors conduire à une isolation très faible pouvant faire penser à un retour en arrière par rapport à la RT 2005.

La pertinence de l'indicateur Bbio n'est pas en cause. Il rend compte de la qualité de la conception énergétique de l'enveloppe, imposant son optimisation indépendamment des systèmes énergétiques mis en œuvre. Mais le critère Bbio_{max} actuel ne préserve pas suffisamment l'efficacité énergétique du bâti et l'évolution vers des bâtiments neufs à consommation d'énergie quasi nulle, voulus par la directive européenne.

Une exigence limitative sur la consommation en énergie primaire Cep seule, induirait nécessairement une certaine restriction des besoins énergétiques, mais sans que la répartition des efforts soit forcément la meilleure entre investissement et fonctionnement ; elle a tendance à laisser porter la performance énergétique d'abord par les équipements, les choix d'énergie voire le recours à des énergies renouvelables, plus que par l'enveloppe du bâtiment. Réciproquement fixer un besoin bioclimatique maximum Bbiomax amène naturellement une certaine modération de la consommation en énergie primaire aussi, et même le cas échéant avec une marge par rapport au seuil Cepmax. Les deux critères Bbiomax et Cepmax ne peuvent être dissociés, ils agissent conjointement dans le même sens, et doivent couvrir la variété des solutions techniques possibles. Pour cela, leur calage respectif doit être rigoureusement établi. Selon la solution technique de bâtiment retenue, l'un ou l'autre va opérer, mais les deux seuils sont importants.

Plus précisément, le niveau des exigences doit être fixé au regard de l'optimum en coût global. Il s'agit en général d'une fourchette d'optimalité, et le règlement Européen recommande alors de se caler sur la moindre consommation en énergie primaire, ce

qui suppose une incitation complémentaire⁵⁵ si l'investissement initial nécessaire est plus important : « Lorsque le résultat des calculs de l'optimalité en fonction des coûts fait apparaître les mêmes coûts globaux pour différents niveaux de performance énergétique, les États membres sont encouragés à utiliser les exigences entraînant une moindre consommation d'énergie primaire [...]. »⁵⁶. Le critère Bbiomax devrait pour partie jouer le rôle de cette incitation complémentaire et pour cela ne pas être trop lâche.

Le cadre européen de performance énergétique des bâtiments comporte en ligne de mire pour la construction neuve la généralisation en 2020 des bâtiments à consommation d'énergie quasi nulle (Nzeb, nearly zero energy building). Le bâtiment à consommation d'énergie quasi nulle est « un bâtiment qui a des performances énergétiques très élevées. La quantité quasi nulle ou très basse d'énergie requise devrait être couverte dans une très large mesure par de l'énergie produite à partir de sources renouvelables, notamment l'énergie produite à partir de sources renouvelables sur place ou à proximité »⁵⁷.

Une exigence ambitieuse sur le Bbio est en phase avec le concept du bâtiment à consommation d'énergie quasi nulle tel que l'explique la recommandation de la Commission Européenne : « Le concept des Nzeb repose sur la synergie entre énergies renouvelables et mesures d'efficacité énergétique.[...] Dans de nombreux cas, sans mesures d'efficacité énergétique supplémentaire ou de diminution significative des facteurs relatifs à l'énergie primaire pour les sources d'énergie renouvelables hors site, l'installation sur site d'équipements utilisant de l'énergie renouvelable ne suffira pas pour ramener les besoins énergétiques à un niveau proche de zéro. [...] Il est absolument impératif que le niveau d'énergie nécessaire au chauffage et au refroidissement soit très bas pour que la consommation d'énergie primaire d'un bâtiment soit quasi nulle. Il faut également que les besoins énergétiques soient très faibles pour que la part d'énergie produite à partir de sources d'énergie renouvelables puisse être significative. »⁵⁸.

Avec la RT 2012, la France est entrée dans l'orbite du bâtiment à consommation d'énergie quasi nulle, qui sera atteint lors d'une prochaine mise à jour⁵⁹ d'ici fin 2020 des exigences minimales de performance énergétique des bâtiments neufs pour tenir compte notamment des progrès techniques réalisés dans le secteur du bâtiment. Le renforcement de l'exigence sur le besoin bioclimatique Bbio s'inscrit dans cette perspective, tant qu'il n'entre pas en concurrence directe avec l'installation d'une énergie renouvelable.

⁵⁵ § « 7.1 – détermination de la fourchette d'optimalité », page C115/25 des orientations accompagnant le règlement délégué (UE) n° 244/2012 du 16 janvier 2012 sur la performance énergétique des bâtiments, complétant la directive 2010/31/UE sur la performance énergétique des bâtiments en établissant un cadre méthodologique comparatif de calcul des niveaux optimaux en fonction des coûts des exigences minimales en matière de performance énergétique des bâtiments et éléments de bâtiment.

⁵⁶ (2) du § 6 de l'annexe I au règlement délégué (UE) n° 244/2012.

⁵⁷ Article 9 « Bâtiments dont la consommation d'énergie est quasi nulle », et point 2) de l'article 2, de la directive 2010/31/UE du 19 mai 2010 sur la performance énergétique des bâtiments.

⁵⁸ § « 2.1 - Le concept de bâtiments à consommation d'énergie quasi nulle » et § « 4.1 - Quand le niveau d'ambition de la performance énergétique d'un NZEB est-il trop bas ? » de la recommandation UE 2016/1318 du 29 juillet 2016 concernant des lignes directrices destinées à promouvoir des bâtiments dont la consommation d'énergie est quasi nulle et des meilleures pratiques garantissant que tous les nouveaux bâtiments seront à consommation d'énergie quasi nulle d'ici à 2020.

⁵⁹ Le réexamen périodique des exigences minimales est inscrit au dernier alinéa du § 1 de l'article 4 de la directive 2010/31/UE du 19 mai 2010 sur la performance énergétique des bâtiments.

Le seuil unique de consommation en énergie primaire quelle que soit la source d'énergie s'est traduit par une forte évolution des technologies d'équipements, telle que décrite au § 2.2. Concomitamment, la limitation insuffisante des besoins énergétiques bioclimatiques en amont a tendance pour la performance de l'enveloppe du bâtiment à laisser de côté une partie du gisement actuellement disponible, et aussi n'est pas sans incidence sur le nouvel équilibre des énergies. Les objectifs de performance énergétique des bâtiments neufs et l'équilibre des filières énergétiques avaient fait l'objet d'un débat vif et approfondi à l'Assemblée nationale à l'occasion de l'article 4 de la loi de programmation de Grenelle⁶⁰. Cette loi a prévu la fixation d'un seuil ambitieux de besoin maximal en énergie :

« La réglementation thermique applicable aux constructions neuves sera renforcée afin de réduire les consommations d'énergie et les émissions de gaz à effet de serre. Elle s'attachera à susciter une évolution technologique et industrielle significative dans le domaine de la conception et de l'isolation des bâtiments et pour chacune des filières énergétiques, dans le cadre d'un bouquet énergétique équilibré, faiblement émetteur de gaz à effet de serre et contribuant à l'indépendance énergétique nationale.

« L'État se fixe comme objectifs que :

a) Toutes les constructions neuves faisant l'objet d'une demande de permis de construire déposée à compter de la fin 2012 et, par anticipation à compter de la fin 2010, s'il s'agit de bâtiments publics et de bâtiments affectés au secteur tertiaire, présentent une consommation d'énergie primaire inférieure à un seuil de 50 kilowattheures par mètre carré et par an en moyenne ; pour les énergies qui présentent un bilan avantageux en termes d'émissions de gaz à effet de serre, ce seuil sera modulé afin d'encourager la diminution des émissions de gaz à effet de serre générées par l'énergie utilisée, conformément au premier alinéa ; ce seuil pourra également être modulé en fonction de la localisation, des caractéristiques et de l'usage des bâtiments ; chaque filière énergétique devra, en tout état de cause, réduire très fortement les exigences de consommation d'énergie définies par les réglementations auxquelles elle est assujettie à la date d'entrée en vigueur de la présente loi. Afin de garantir la qualité de conception énergétique du bâti, la réglementation thermique fixera en outre un seuil ambitieux de besoin maximal en énergie de chauffage des bâtiments ; ce seuil pourra être modulé en fonction de la localisation, des caractéristiques et de l'usage des bâtiments. Une étude de l'Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques sera réalisée afin de proposer un niveau pertinent de modulation pour respecter les objectifs fixés au premier alinéa et de mesurer l'impact économique de l'ensemble du dispositif prévu ; cette étude examinera également les questions liées aux facteurs de conversion d'énergie finale en énergie primaire ;

b)... »

Un extrait⁶¹ significatif d'une intervention lors du débat illustre les dispositions de cet article :

« M. Jean-Louis Borloo, ministre d'État. On ne gérait le problème que par l'énergie. En réalité, l'isolation est importante. Le président Ollier a rajouté dans l'amendement une incitation que le Grenelle n'avait pas prévue et que le texte du Gouvernement n'avait pas retenue non plus, l'obligation d'une isolation extrêmement puissante, qui sera déterminée par les décrets d'application. Il faut bien emprunter les deux voies. La

⁶⁰ À la suite un extrait de l'article 4 de la loi n° 2009-967 du 3 août 2009 de programmation relative à la mise en œuvre du Grenelle de l'environnement.

⁶¹ Assemblée nationale, première lecture, jeudi 9 octobre 2008.

position du Gouvernement est très claire : d'abord, un chantier thermique, ensuite une modulation. »

La RT 2012 ne respecte donc les dispositions de mise en œuvre du Grenelle que de manière imparfaite, car l'exigence du $B_{bio_{max}}$ n'est pas assez ambitieuse. Le calage des exigences n'est pas bien équilibré dans le contexte du seuil Cep_{max} de 50 kWh/m².an.

Il faut, à l'occasion des prochaines évolutions de la réglementation, réétudier les simulations thermiques sur les bâtiments types, et les autres travaux et retours d'expériences disponibles, pour évaluer précisément la question et reprendre le calage en faveur d'un $B_{bio_{max}}$ plus ambitieux, compatible avec un effort économique et financier raisonnable, évalué en coût global. La formulation de cette exigence peut être définie en fonction des caractéristiques des bâtiments et selon l'effort visé en termes de coût global. Mais il n'est pas souhaitable de gommer la prise en compte de l'effet de la compacité qui était voulue dans la RT 2012. Le resserrement de l'exigence sur le B_{bio} devra inclure la réadaptation des modulations existantes pour les petits bâtiments, afin que la contrainte reste optimale et raisonnable pour ceux-ci.

7. Fixer un seuil plus ambitieux pour le Besoin Bioclimatique (B_{bio}), compatible avec un effort économique raisonnable en coût global et adapté à chaque type de bâtiment, afin d'assurer la sobriété du bâti dans la durée.

À cette occasion, il faut réexaminer les liens entre l'enveloppe du bâtiment, sa conception et le confort d'été en termes de thermique du bâtiment pour mieux les traduire réglementairement. Les questions de confort d'été et de qualité de l'air intérieur évoquées par ailleurs (§ 2.3.7 et § 2.3.4) sont à traiter et finaliser concomitamment au renforcement de l'exigence sur le B_{bio} .

2.3.7. La RT 2012 laisse construire des bâtiments inadaptés au confort estival et au changement climatique

Le contrôle du confort d'été s'effectue au travers du calcul d'une « température intérieure conventionnelle atteinte en été », T_{ic} . Le principe des dispositions réglementaires n'a pas changé depuis l'introduction du confort d'été dans la RT 2000. Il repose sur la méthode du bâtiment de référence, maintenant abandonnée sur les autres sujets : la température la plus chaude atteinte dans les locaux (T_{ic}), au cours d'une séquence de 5 jours très chauds d'été, ne doit pas excéder un plafond (T_{icref}) qui correspond à celle qui serait atteinte dans un bâtiment virtuel identique au projet, mais avec des prestations fixées à des valeurs de référence définies réglementairement. Avec la publication de la RT 2012, des travaux complémentaires avaient été engagés « en vue de traiter de manière encore plus approfondie la question du confort d'été » et de définir l'exigence en valeur absolue mais n'avaient pas abouti dans le cadre de la RT 2012. Aujourd'hui ces travaux sont suspendus, alors que l'exigence actuelle n'est en général pas reconnue par les professionnels comme efficace dans le cadre de la RT 2012 et que remontent régulièrement des informations sur des situations d'inconfort très important en été, voire en demi-saison.

La réglementation actuelle n'est donc pas satisfaisante en ce qui concerne le confort d'été.

Selon une étude d'Énergies et Avenir, réalisée par le COSTIC⁶², les 5 facteurs clefs du confort d'été sont l'orientation, l'inertie, les apports externes, les apports internes, le

⁶² Énergies et Avenir – Bâtiments performants : confort ou inconfort pour les occupants ? - Mars 2016.

rafraîchissement par ventilation et le climat. Ils ont été analysés à l'aide de simulations thermiques dynamiques effectuées sur des bâtiments réels instrumentés et complétées par des retours de terrain.

Cette étude met en exergue que les protections solaires ont un impact important sur le niveau de confort réglementaire. En revanche, les autres paramètres étudiés (changement d'orientation, inertie et performance thermique du bâti) n'ont pour leur part qu'un impact réduit sur les critères de confort dans le moteur de calcul RT 2012 contrairement à ce qui a été observé lors des simulations thermiques dynamiques. Les critères de confort réglementaires paraissent donc inadaptés pour rendre compte du confort thermique des occupants dans des bâtiments performants.

Dès 2012, cet indicateur faisait débat, d'où les travaux engagés sur un nouveau coefficient, Dies, dans les groupes de travail préparatoires à la réglementation.

Il semble nécessaire, dans le cadre de ces travaux, de se ré-interroger sur la problématique du confort d'été dans la réglementation.

Les mesures à adopter pour le confort d'été sont connues : il y a la climatisation, mais aussi les moyens de rafraîchissement sans climatisation, ceux-ci présentant deux aspects : les dispositions constructives (protections solaires, vitrages à contrôle solaire, forte isolation de la toiture, inertie...) d'une part et les comportements des occupants (fermeture diurne, sur-ventilation nocturne...) d'autre part.

La réglementation de la construction proprement dite n'a pas pour vocation d'encadrer des comportements ni des usages qui sortiraient de scénarios conventionnels pour le confort d'été, et qui s'apparenteraient plutôt à des usages spécifiques tels la consommation informatique ou de la piscine⁶³. Réglementation d'objectifs plus que de moyens, elle n'interdit ni n'impose un équipement de climatisation. Dans le cadre de la maîtrise de la demande d'énergie par limitation du besoin et réduction des consommations, elle doit être axée en premier lieu sur l'optimisation du bâti et des dispositions constructives et la prévention du risque d'inconfort en scénario conventionnel.

Le confort d'été est un besoin. Il est dommage que dans la forme réglementaire, il ne soit pas jumelé voire incorporé à la démarche bioclimatique au stade du calcul du Bbio⁶⁴. Beaucoup de bâtiments ne sont pas climatisés. Pour eux le bâti est optimisé sur un Bbio qui ne prend pas en compte le « besoin de froid », donc essentiellement pour la saison de chauffe, et l'exigence sur la Tic n'a pas nécessairement un poids suffisant. Il y a un risque d'inconfort estival.

Par ailleurs le confort d'été induit deux catégories réglementaires, CE1 ou CE2. Les bâtiments sont en catégorie CE2 s'ils sont climatisés et qu'ils répondent à certains critères de situation, par exemple en cas de baies non ouvrables ou pour certains bâtiments tertiaires en zone climatique chaude, sachant que le bilan énergétique en tertiaire n'a pas la même structure qu'en résidentiel. Les bâtiments CE2 échappent à l'exigence sur la Tic, et bénéficient de « droits à consommer » supplémentaires sur le Bbio et la Cep. La désignation de catégories déclenche les effets de seuil, par exemple au regard de l'intérêt de se passer de climatisation. Les droits à consommer supplémentaires en catégorie CE2 aussi sont parfois jugés excessifs concernant des

⁶³ Les articles 1 et 4 de l'arrêté du 26 octobre 2010 relatif aux caractéristiques thermiques et aux exigences de performance énergétique des bâtiments nouveaux et des parties nouvelles de bâtiments délimitent le champ d'application de la rt 2012 ; voir aussi la fiche d'application « Comment identifier l'usage d'un bâtiment et l'exigence associée ? » sur www.rt-batiment.fr.

⁶⁴ Par exemple, le confort d'été n'est pas demandé dans l'attestation de prise en compte de la RT2012 à joindre au dossier de demande de permis de construire.

exigences globales de performance, et préjudiciables à l'efficacité énergétique du bâti, notamment dans le contexte d'une exigence sur le Bbio déjà lâche.

En conclusion, un réexamen de la prise en compte du confort d'été dans la réglementation revêt une importance essentielle par rapport à d'autres travaux probablement moins prioritaires. Il devrait autant que possible éviter la désignation de catégories de bâtiments, et s'en tenir aux exigences globales Cep et Bbio, avec un jeu d'exigences opérantes pour prévenir le risque d'inconfort. Des bâtiments se construisent sans qu'ils soient optimisés pour les conditions climatiques d'été : ce n'est pas acceptable notamment au regard de la politique d'adaptation au changement climatique.

8. *Prévenir efficacement l'inconfort d'été des bâtiments neufs en fixant de nouvelles dispositions dans la RT 2012 et dans son moteur de calcul.*

2.4. Le confort devient un sujet de plus en plus prégnant avec un impact sur la consommation d'énergie. La réglementation peut-elle et doit-elle y remédier ?

De nombreuses personnes rencontrées par la mission évoquent le constat suivant : les bâtiments sont devenus au fil des réglementations des « bouteilles thermos ». Cette situation peut conduire à des problèmes croissants de qualité de l'air, d'hygiène et donc de confort en hiver et, l'été, à des surchauffes inconfortables, voire insupportables, d'où parfois des installations a posteriori de systèmes de climatisation⁶⁵.

2.4.1. Le confort d'hiver est impacté par la qualité de l'air dans des logements devenus des « bouteilles thermos »

Un premier sujet est la température intérieure. C'est un élément de nature subjective en termes de confort, les occupants y étant plus ou moins sensibles.

Pour autant, cette température est réglementée : un minimum et un maximum sont fixés. La température que l'on prend en compte se mesure au centre d'une pièce, à une hauteur d'1 mètre 50.

Les équipements de chauffage doivent permettre d'atteindre au minimum 18°C avec une modulation possible à la baisse⁶⁶. Cette limite inférieure de 18°C s'entend comme un progrès dans la qualité de la construction et traduit un objectif de confort minimal, éventuellement modulable pour s'adapter aux circonstances : logements inoccupés, occupants en précarité...

⁶⁵ Groupe de travail Réflexion Bâtiment Responsable 2020-2050 (RBR 2020-2050) - Note thématique : Bâtiments responsables, usages et confort : quelles lignes directrices pour demain ? - Novembre 2017
Rédaction : Marc Desporte.

⁶⁶ Code de la construction et de l'habitation – article R111 – 6 : « Les équipements de chauffage du logement permettent de maintenir à 18 degrés la température au centre des pièces. Ils comportent des dispositifs de réglage automatique du chauffage qui permettent notamment à l'occupant d'obtenir une température inférieure à 18° C. ».

La température maximale est fixée à 19°C en moyenne⁶⁷. Cette température maximale n'est pas liée à un critère de confort mais répond à un objectif national de maîtrise des consommations d'énergie et varie selon les pays.

Or, la température constatée de même que la température souhaitée, en France comme à l'étranger, sont généralement supérieures.

Selon l'enquête du CREDOC intitulée Consommation d'énergie 2009, 41 % des personnes interrogées ont donné la valeur de 20°C pour la température idéale du salon, 33 % aspirent à une température supérieure à 20°C et parmi les personnes équipées d'un système de chauffage avec régulation, ce qui est le cas des logements neufs, 38 % positionnent la température sur 20°C en mode normal.

Selon une étude réalisée par Harris interactive sur 5 pays, les personnes interrogées situent très majoritairement la température intérieure idéale au-dessus de 19°. C'est le cas de 64 % des sondés au Royaume-Uni, 68 % aux Pays-Bas, 79 % en Belgique et même 85 % en Allemagne. Quasiment un tiers des Européens (32 %), situe cette température idéale de chauffage à 20° et une moyenne de 21 % à 21°. Ils sont même 21 % chez les Allemands et 15 % chez les Belges à la situer à 22°.

La recherche d'économies financières et la volonté de réduire la pollution seraient toutefois, selon cette enquête, de nature à baisser la température intérieure.

La mission considère cependant qu'il n'est pas indispensable de modifier la température maximale de 19°C, retenue en France dans la méthode de calcul de la réglementation thermique. En effet, il s'agit d'une méthode conventionnelle de calcul d'une performance intrinsèque du bâtiment, qui permet de s'assurer du respect de la réglementation et qui peut servir à l'utilisateur non pas pour comparer sa propre consommation à cette consommation conventionnelle mais pour comparer les performances intrinsèques des logements entre eux.

Le deuxième sujet en lien avec le confort d'hiver est celui des parois froides. Avec l'amélioration de l'isolation des parois opaques et des vitrages au cours des réglementations successives, l'effet des parois froides a été très fortement atténué dans les logements neufs et peut être considéré comme un non sujet, qui fait apparaître d'autant plus cette question dans les logements existants lorsqu'ils sont peu isolés.

Le troisième sujet est celui de la qualité de l'air. Il n'y a pas de lien entre la réglementation sur le renouvellement d'air parue en 1982 et non actualisée depuis cette date et la RT 2012. L'arrêté de 1982 n'est pas visé dans les textes relatifs à la réglementation thermique de 2012. Or, une isolation accrue renforce le besoin de renouvellement d'air à certains moments dans les pièces humides.

Il en va du niveau d'humidité dans ces pièces, ce qui pose une question de qualité de l'air et d'hygiène.

Selon les experts thermiciens rencontrés par la mission, il est souhaitable de faire un point sur les seuils réglementaires minimaux fixés en 1982 pour le débit d'air extrait dans les pièces humides. S'il apparaît nécessaire pour des questions de qualité de l'air

⁶⁷ Livre II « maîtrise de la demande d'énergie » du code de l'énergie, articles L 241-1 et R 241-26 à 29 ainsi que les arrêtés subséquents du 25 juillet 1977.

R241-26 : Dans les locaux à usage d'habitation, d'enseignement, de bureaux ou recevant du public et dans tous autres locaux, à l'exception de ceux indiqués aux articles [R. 241-28](#) et [R. 241-29](#), les limites supérieures de température de chauffage sont, en dehors des périodes d'inoccupation définies à l'article [R. 241-27](#), fixées en moyenne à 19° C :

- pour l'ensemble des pièces d'un logement ;
- pour l'ensemble des locaux affectés à un usage autre que l'habitation et compris dans un même bâtiment.

de les revoir à la hausse dans certains cas, il conviendra alors de faire le point sur les solutions techniques correspondantes et sur leur capacité à répondre aux besoins sans diminuer la performance énergétique du bâtiment.

9. Revoir la réglementation de 1982 sur la ventilation en cohérence avec la réglementation thermique.

2.4.2. Et la climatisation ?

Climatiser une maison conforme à la réglementation thermique 2012 est réglementairement possible comme il a été indiqué ci-avant. Mais cet équipement consomme de l'énergie, ce qui conduit alors à devoir réduire les autres postes de consommation pour ne pas dépasser les plafonds réglementaires, avec des contraintes techniques et financières supplémentaires.

Certains interlocuteurs ont fait part à la mission d'une solution de contournement qu'ils ont observée, à savoir la pose de climatiseurs après la livraison des bâtiments pour remédier aux surchauffes constatées, et dont ils soulignent l'installation dans des conditions de performance et de sécurité non optimales, de nature à ruiner les objectifs poursuivis.

La mission considère qu'en premier lieu la performance du bâtiment doit être optimisée sur un plan technico-économique lors de l'étude du projet, grâce à son enveloppe, sa conception et ses équipements. Ensuite, s'il demeure une prévision de surchauffe en été, voire en demi-saison, la mise en place d'un système de rafraîchissement est alors à recommander pour une question de confort d'autant plus qu'une consommation d'électricité pour le rafraîchissement est admissible au regard des objectifs nationaux de politique énergétique. C'est particulièrement le cas si le système de rafraîchissement utilise une production d'énergie renouvelable, par exemple grâce à des panneaux photovoltaïques.

Mais cela pose alors la question de l'intégration de la consommation électrique liée à la climatisation dans le coefficient CEP et de l'évolution du seuil réglementaire en conséquence.

10. Compte-tenu du changement climatique, améliorer les conditions réglementaires du recours à la climatisation en autorisant une augmentation du seuil maximal de consommation dans ce cas.

2.5. L'impact sur l'état des filières

2.5.1. L'apprentissage des acteurs progresse de manière satisfaisante

La mise en œuvre de la RT 2012 concerne deux grandes familles d'acteurs : les acteurs de la construction et ceux des systèmes associés aux usages réglementaires.

Pour parvenir à satisfaire les contraintes, et notamment celles liées à la consommation d'énergie, il est nécessaire d'avoir une approche globale du bâtiment incluant enveloppe et systèmes et de mobiliser et de coordonner les différents types de compétence, ce qui n'était pas forcément habituel.

Pour les architectes et les bureaux d'études, le dialogue dès le début de la conception de l'ouvrage s'est développé. Cependant, il reste peu aisé car l'outil de simulation thermique du respect de la RT 2012 nécessite des données qui peuvent être définies seulement lors de l'étude de projet, voire lors de l'appel d'offres des entreprises, voire même lors de leurs réponses.

Afin de faciliter le dialogue entre architectes et thermiciens, il est utile selon la mission que l'État soutienne financièrement le développement par des éditeurs de logiciels d'outils de calcul de la performance énergétique adaptés à chaque étape d'élaboration du projet (esquisse, étude d'avant-projet, étude de projet) et s'appuyant sur un moteur de calcul de référence élaboré par le CSTB.

11. Soutenir financièrement le développement d'outils de coopération entre architecte et thermicien pour l'estimation simplifiée de la performance énergétique réglementaire à chaque étape d'élaboration du projet (esquisse, étude d'avant-projet, étude de projet).

Concernant les artisans, une enquête effectuée par la CAPEB en 2014⁶⁸, soit un peu plus de 4 ans après la publication de la RT 2012 et plus d'un an après sa mise en application montre une appropriation satisfaisante de la RT 2012 à date : 51 % des artisans déclarent être informés de manière satisfaisante sur la RT, même s'ils expriment des demandes sur certains sujets, comme les performances des produits et leur mise en œuvre, la traduction de l'étude thermique en choix des matériaux et de l'obligation de résultats en moyens à mettre en œuvre. Il est souligné que dans 61 % des cas, ils ne se sentent pas en capacité de réaliser eux-mêmes l'étude thermique.

63 % considèrent ne pas avoir de difficultés à mettre en œuvre la RT en phase d'exécution. Dans 57 % des cas, ils ont été amenés à poser de nouveaux produits ou systèmes et dans 59 % des cas, ils ont évolué dans leur méthode de travail.

Des points d'amélioration subsistent toutefois sur la coordination avec les autres acteurs : ils demandent une aide à la coordination entre les métiers. Dans la moitié des cas, il n'y a pas de « capitaine » de chantier. Dans 75 % des cas, ils n'ont pas été associés à la conception du projet, tant dans le choix de sa localisation que dans sa géométrie ; dans 61 % des cas, non plus dans le choix des matériaux et dans 52 % des cas, non plus dans le choix des équipements.

La FFB, fédération d'entreprises et d'artisans a procédé à une enquête plus récemment, durant l'été 2016.⁶⁹ Il en ressort également une appropriation satisfaisante de la RT 2012 : 63 % déclarent qu'elle représente une opportunité et 80 % en ont une connaissance satisfaisante, voire approfondie. A 79 %, ils ont évolué dans l'organisation de leur chantier avec un travail plus collaboratif dans 78 % des cas.

Toutefois, quelques difficultés subsistent, dont le surcoût (cf. l'analyse de ce sujet au § 2.6), la coordination des métiers entre eux et le sujet de l'étanchéité à l'air. Sur ce dernier point, ils se sont formés pour 63 % d'entre eux.

Globalement, la RT 2012 ne semble pas avoir eu d'impact sur l'importance de l'activité des petites et moyennes entreprises (PME) et artisans dans le bâtiment. Cette activité des PME et artisans représente 85 % de l'activité totale du bâtiment, laquelle se répartit en quatre parts d'importance à peu près comparable entre logements neufs, non résidentiels neufs, logements existants et non résidentiels existants. Les notes de conjoncture de 2010 à 2015 font état d'une baisse d'activité liée à la crise économique

⁶⁸ CAPEB - Enquête RT 2012 réalisée de mars à juin 2014 – synthèse des résultats.

⁶⁹ FFB : RT 2012 – Retour d'expériences des professionnels du Bâtiment.

ainsi qu'à l'insuffisance des dispositifs d'aides mais pas du fait de cette réglementation ou d'autres d'ailleurs. Sont parfois mentionnés un nouveau dynamisme et des progrès à partir de 2015 dans la mouvance de la RT 2012, comme la mission l'a constaté lors de ses auditions.

Parmi les maîtres d'ouvrage, les bailleurs sociaux se sont mobilisés avec l'appui de l'Union Sociale pour l'Habitat (USH), qui a mis en place un observatoire des Bâtiments Basse Consommation⁷⁰. Il y est souligné un apprentissage progressif pour les équipes de maîtrise d'ouvrage et de maintenance, facilité par le fait qu'elles ne perçoivent pas un fort bouleversement de leurs pratiques professionnelles. Leurs questionnements portent essentiellement sur leurs relations avec les prestataires pour limiter les défaillances observées. Cette appréciation concerne des opérations respectant le label BBC et qui comportaient des équipements et installations encore innovantes. Elle a conduit à faire apparaître le besoin de disposer des compétences pour leur bonne mise en œuvre à toutes les étapes du projet et à progresser dans l'organisation et la conduite des projets qui comportent de multiples facettes : architecture, urbanisme, techniques et finances.

La montée en compétences a été particulièrement sensible pour les équipes de maintenance concernées, notamment sur la compréhension des systèmes de production de chaleur et de ventilation complexes, dès lors qu'il a été nécessaire de faire vivre l'installation dans la durée, de faire durer l'assemblage des composants et d'affiner les réglages. De nombreuses interrogations ont été émises par ces équipes sur la pertinence des calculs économiques privilégiant telle ou telle solution technique qui, par le biais de subventions, semblait équilibrer le montage financier de l'opération, mais qui s'est révélée d'un entretien délicat et coûteux en charges locatives. Ces questions renvoient au sujet du coût global, évoqué au § 2.6, et d'une meilleure optimisation entre performance et coût global.

Plus généralement, les organismes HLM ont le ressenti de s'être vu prescrire des équipements et solutions techniques pour lesquels maîtrise d'œuvre technique, fabricants, installateurs et exploitants ne s'étaient guère mobilisés pour monter en compétence et attester de la qualité de l'installation, de son bon fonctionnement à la livraison avec le bon agencement des composants et la bonne régulation. Les organismes HLM ont déploré la lenteur avec laquelle s'est organisée la formation de ces acteurs et leur implication dans le service après-vente.

Les constructeurs de maisons individuelles se sont également mobilisés au sein de LCA-FFB, qui a apporté un appui soutenu en termes d'analyse de solutions respectant la RT 2012 et optimales sur le plan technique et financier, et ont engagé une démarche d'innovation à travers un programme de maisons à énergie positive, soutenu par le Programme d'investissement d'avenir, (le programme COMEPOS).

Les promoteurs représentent un secteur très divers, certains étant très en pointe dans le domaine de l'innovation en particulier grâce au label BBC et n'ayant pas éprouvé de difficultés à absorber la courbe d'apprentissage liée à la RT 2012 et d'autres ayant plus de difficultés à l'absorber et réagissant encore sur la question de l'impact de cette réglementation sur le coût de construction, avec la Fédération des Promoteurs Immobiliers (FPI) qui relaie cette position.

Il ressort de cette analyse que chaque filière d'acteurs a fait de réels efforts d'information et de formation pour monter en compétence.

Concernant la phase de chantier, le test de perméabilité à l'air mis en place par la RT 2012 a eu un impact très positif sur la qualité de la construction. De l'avis de

⁷⁰ USH – Bâtiments basse consommation – Bilan et enseignements du programme d'instrumentation de l'observatoire de la performance énergétique du logement social – Septembre 2016.

nombre d'acteurs, cette exigence est maintenant entrée dans les mœurs. En particulier, s'agissant de la pose des fenêtres, les résultats des tests « blower door » ont contribué à améliorer les protocoles de mise en œuvre des produits, notamment en révélant des défauts non perceptibles à l'œil. Cela a conduit tout à la fois à une amélioration des règles de l'art, ainsi qu'à une meilleure coordination des différents acteurs sur les chantiers, avec, au final, des gains en termes d'efficacité et donc de coûts de réalisation.

Mais il reste encore des progrès à accomplir dans la coordination entre les différentes catégories d'acteurs. On peut penser que le développement de la maquette numérique (BIM) y contribuera.

2.5.2. Les initiatives publiques et privées sont nombreuses pour favoriser la prise en compte des nouveaux systèmes et équipements et méritent d'être poursuivies

Pour ce qui est de l'évolution des systèmes, on a vu au paragraphe 2.2 que les changements les plus radicaux de technologie ont concerné les équipements électriques. En effet, si pour les bâtiments en construction, les chaudières à gaz ont été remplacées par des chaudières à condensation offrant de meilleurs rendements, la filière de la distribution/maintenance a su prendre en charge cette évolution.

Pour l'électricité par contre, l'effet Joule a été remplacé par des équipements beaucoup plus sophistiqués, requérant à la fois des installations et des maintenances plus complexes, comme les pompes à chaleur pour lesquelles la profession s'est très largement mobilisée autour d'une démarche qualité dans les dix dernières années.

On peut effectivement considérer qu'en tant que vecteur de maîtrise de consommation d'énergie la filière française de la pompe à chaleur a bien su se mettre en place. Elle a su encourager l'innovation afin d'améliorer les performances des appareils en maîtrisant leurs coûts, d'éventuellement proposer des offres performantes sur les segments de marché bien couverts et de bien former les entreprises de la maintenance. Au vu du développement rapide de ce marché, il apparaît en effet nécessaire de bien maîtriser ces appareils complexes par l'ensemble de la filière pour éviter des contre-performances.

Dans le cas du solaire, le solaire thermique finalement ne s'est pas développé, notamment en raison de la grande complexité des installations et de la maintenance. Le cas du solaire photovoltaïque, installé plus pour des raisons économiques, du fait de la vente d'électricité à EDF à des tarifs avantageux, que de respect de la réglementation thermique, devrait sans doute évoluer dans les prochaines années avec le concept de Bepos ainsi que grâce à la politique très volontaire d'auto-consommation menée par les grands fournisseurs d'énergie.

Pour accompagner cette vision globale et l'appropriation des nouveaux matériaux et équipements, plusieurs structures existantes ou créées à cet effet ont été utilisées pour aider à la mise en place et à l'application de la RT 2012, à l'initiative des acteurs eux-mêmes ou de la puissance publique, en s'appuyant largement sur l'Ademe et les centres techniques et d'expertise.

La mission salue toutes ces initiatives qui favorisent une bonne appropriation de la RT 2012 et recommande qu'elles soient poursuivies.

Les principales initiatives, détaillées en annexe 8, font largement appel à l'usage d'outils numériques, de supports informatiques et de cours en ligne. Y figurent notamment :

- les programmes RAGE et PACTE de soutien à la formation et à la réalisation de guides et fiches techniques et la plate-forme MOOC « bâtiment durable » mise en place par l'Ademe ;
- la mise en place par l'Association Promodul⁷¹, qui rassemble tous les acteurs du bâtiment, de documents, d'outils de BAO à valeur réglementaire et d'outils de formation évolués et de simulation ;
- des programmes de soutien à l'innovation comme le programme Prebat lancé en 2005, l'Institut de transition énergétique INEF4 et le réseau des pôles de compétitivité sur le bâtiment durable.

12. Poursuivre les actions de soutien du programme PACTE, porté par l'Agence de la Qualité de la Construction, et d'usage du numérique afin de favoriser l'appropriation par les professionnels des diverses évolutions techniques et méthodologiques liées à la RT 2012.

2.6. Après une période d'apprentissage depuis le label BBC, le surcoût de la construction neuve en lien avec la RT 2012 ne semble pas significatif

2.6.1. Des surcoûts de construction inhérents au resserrement des contraintes énergétiques...

L'introduction d'une nouvelle réglementation thermique s'accompagne généralement de surcoûts dans la construction neuve, et la RT 2012, de ce point de vue, n'a pas échappé à la règle. Ces surcoûts initiaux découlent principalement des exigences accrues en matière de consommations énergétiques, ce qui se décline ensuite en termes d'efforts sur l'enveloppe, selon les techniques - par exemple, l'isolation par l'extérieur, l'étanchéité à l'air -, ainsi qu'en termes d'équipements d'autant plus performants et chers que les exigences sur les niveaux de consommations énergétiques sont plus fortes - par exemple, la ventilation double flux, les chaudières à condensation, les pompes à chaleur, les équipements ENR. Précisément, les surinvestissements attachés à une nouvelle réglementation thermique dépendent en fait de 4 facteurs :

1. des éléments techniques objectivement ajoutés : sur isolation, isolation extérieure, solaire thermique, équipements de chauffage plus efficaces mais plus coûteux, ventilation double flux... ;
2. du marché des produits de la construction : au début les industriels ont tendance à pratiquer des prix élevés, les prix baissent ensuite avec le développement de la concurrence et l'augmentation des volumes ;
3. du marché du bâtiment : certains artisans et entreprises pratiquent au début des prix élevés pour la mise en œuvre de techniques nouvelles, puis les prix baissent sous l'effet de la concurrence et d'une meilleure appropriation par les acteurs ;
4. et, surtout, de la position de l'équipe de réalisation (maîtrise d'ouvrage, maîtrise d'œuvre, entreprises) dans la courbe d'apprentissage de la RT.

⁷¹ <http://www.cercle-promodul.fr/de-la-rt-2012-a-la-future-reglementation/>

Les chiffres avancés par la profession sur les surcoûts sont le plus souvent exprimés en termes de pourcentage du coût de la construction. C'est ainsi que, s'agissant des surcoûts constatés entre la RT 2005 et le label BBC, le CGDD⁷² a pu faire état d'un différentiel de l'ordre de 14 % pour le logement individuel, et de 9 % dans le collectif dans un rapport de 2015. Ces chiffres rejoignent ceux retenus, en juillet 2013, par le groupe de travail présidé par Olivier Tommasini⁷³ dont le rapport fait état d'un surcoût de la construction de l'ordre de 10 % pour ce qui concerne l'application des différentes réglementations thermiques, entre 2000 et 2013. Signalons enfin le rapport⁷⁴ CGEDD IGF sur l'indice des coûts de construction de 2014 qui souligne également cette augmentation due à la réglementation en indiquant que l'effet d'apprentissage devrait jouer.

2.6.2. ... plus marqués dans l'individuel

Les différences de surcoûts constatées entre le collectif et l'individuel ont plusieurs origines. En premier lieu, cela renvoie à la modulation en vigueur dans le secteur collectif, qui fait bénéficier ce dernier d'un seuil de consommation en énergie primaire de base majoré de 15 %, soit 57,5 kWh/m².an, à comparer au seuil retenu dans l'individuel à hauteur 50 kWh/m².an. Ainsi, dans le collectif, les solutions de chauffage au gaz, majoritairement utilisées, comme on l'a vu au chapitre 3.1.1. requièrent une moindre isolation que les solutions électriques. Par ailleurs, la majoration du seuil de consommation en énergie primaire permet à des solutions à effet Joule de respecter le seuil réglementaire pour de très petites surfaces. Enfin, la relative compacité des immeubles collectifs permet de pousser l'optimisation économique jusqu'à retenir des épaisseurs d'isolants moindres, - jusqu'à 6 cm - que celles nécessitées dans les projets de logements individuels - généralement de l'ordre de 10 cm.

À l'inverse, les maisons individuelles, notamment celles présentant de petites surfaces, inférieures à 100 m², sont défavorisées, et ce, à plusieurs titres :

- l'équipement de chauffage par effet joule, pourtant peu cher, est généralement écarté⁷⁵, le coefficient de 2,58 ne permettant pas de passer le CEP en deçà du CEP_{max} (50 kWh/m².an en l'occurrence), à moins de renforcer l'isolation de l'enveloppe, au prix d'un renchérissement du montant de l'investissement ;
- en outre il y a le surcoût de réservation du conduit de fumée (estimé entre 1 800 et 2 000 €), obligatoire au titre de la réglementation « réversibilité » prévue dans le cadre de la loi sur l'air⁷⁶ ;
- enfin l'obligation d'utilisation d'EnR peut conduire à des investissements supplémentaires dans les maisons individuelles chauffées au gaz.

⁷² http://temis.documentation.developpement-durable.gouv.fr/docs/Temis/0083/Temis-0083485/Point_217.pdf

⁷³ FFB - Analyse de l'évolution comparée des prix et des coûts dans le bâtiment -Préconisations en matière de simplifications réglementaires. Rapport du groupe de travail présidé par Olivier TOMMASINI – juillet 2013.

⁷⁴ http://www.modernisation.gouv.fr/sites/default/files/epp/couts-construction-marges-entreprises_rapport-diagnostic.pdf

⁷⁵ Même si certaines réalisations peuvent présenter des coûts similaires, entre l'effet joule et le gaz.

⁷⁶ Cette réglementation a été établie afin de favoriser le recours au chauffage au bois dans le cas d'un logement prévu initialement avec un chauffage de type électrique. Pour ce faire, le changement d'énergie doit pouvoir se faire sans intervention lourde sur les structures (Cf. <http://www.laboratoire-ceric.com/pdf/avis-experts/LOI-SUR-LAIR.pdf>).

2.6.3. ... avec toutefois une diminution des surcoûts constatés ...

Durant l'été 2016, des retours d'expérience de professionnels du bâtiment ont été recueillis, sur la RT 2012, par la Fédération française du bâtiment (FFB), dans le cadre d'une enquête⁷⁷ menée auprès de ses adhérents. Sur les quelque 190 entreprises ayant répondu à l'enquête, les 3 principales difficultés rencontrées sur des projets « RT 2012 » ont concerné :

- des difficultés financières au regard des surcoûts induits par la RT 2012 (16 % de l'échantillon) ;
- des difficultés de coordination des différents corps de métiers (12 %) ;
- des difficultés relatives au respect de l'exigence d'étanchéité à l'air des bâtiments (11 %).

S'agissant des surcoûts, les résultats font apparaître que 42 % des projets ont présenté des surcoûts compris entre 5 et 10 % sur le prix de revient des prestations, 41 % des projets présentant par ailleurs des surcoûts supérieurs à 10 %. Il est à noter que, parmi les entreprises qui avaient signalé des difficultés, 75 % d'entre elles estimaient que ces difficultés n'étaient toujours pas surmontées au moment de l'enquête. Enfin, cette enquête a aussi montré que les difficultés rencontrées ont d'ores et déjà conduit à des évolutions dans l'organisation des chantiers (pour 79 % des entreprises consultées), ainsi que dans la collaboration entre les différents acteurs des projets (78 %).

Par ailleurs, s'il est encore aujourd'hui très difficile de réaliser un « *bilan coût-avantage ex-post* » sur les performances réelles des bâtiments soumis à la RT 2012 du fait de l'absence de campagnes de mesures sur ces bâtiments, il est néanmoins intéressant de mentionner un travail⁷⁸ réalisé dans ce sens par l'organisme de certification CERQUAL dans le cadre d'une étude intitulée « *Vivre dans un logement basse consommation d'énergie* ». Cette étude, réalisée en 2013, s'intéressait aux retours d'expériences sur 6 immeubles collectifs « BBC » par une approche « *socio-éco-technique* ». Concernant les coûts d'investissement, elle a ainsi mis en évidence la diminution des surcoûts vis-à-vis de la RT 2005, notamment grâce à la capacité d'apprentissage des acteurs de la construction, dont certains professionnels, qui après 3 ou 4 opérations BBC, ont su faire certains choix, soit qui ne coûtaient rien (orientation de l'immeuble), soit qui permettaient des coûts moindres (plus grande compacité de l'immeuble), soit encore qui évitaient des surinvestissements inutiles en atteignant dans certains cas les performances BBC sans ventilation double flux, sans triple vitrage, sans solaire thermique, et sans solaire photovoltaïque.

S'agissant de la capacité d'apprentissage des acteurs de la construction, l'exigence sur la perméabilité, présentée au paragraphe 2.4.3. est une bonne illustration de ce que la phase d'apprentissage peut induire en termes de baisse des coûts, mais aussi en termes d'amélioration de la qualité de la construction.

Enfin les surcoûts en investissement peuvent entraîner des économies d'usage et il serait intéressant de prendre en compte la notion de coût global, surtout quand les énergies sont exprimées en énergie primaire. A titre d'exemple, le schéma ci-dessous extrait d'une étude d'EDF illustre cette différence de consommation.

⁷⁷ <https://shareslide.org/download/documents/rt-2012-retour-d-experience-des-professionnels-du-batiment>

⁷⁸ https://www.qualite-logement.org/fileadmin/user_upload/documents/Referentiels_Documentation/Dossiers_Thematiques/Rapport_Synthese_Vivre_dans_un_logement_BBC.pdf

	Chauffage Joule, chauffe-eau thermodynamique bâti bien isolé	Chaudière gaz double-service bâti réglementaire
Energie primaire	70 kWh/m ² .an NON REGLEMENTAIRE	55 kWh/m ² .an REGLEMENTAIRE
Investissement par logement isolation bâti & équipements CVC	~13 000 € HT	~13 000 € HT
Niveau d'isolation	BBIOMax – 22 %	BBIOMax – 0,5 %
Facture annuelle 5 usages	484 € TTC	659 € TTC
Consommation d'énergie finale 5 usages par logement	1 950 kWh/an	3 381 kWh/an
Consommation d'énergie fossile par logement	~ 0	3 151 kWh/an
Emissions de CO ₂	4,8 kgCO ₂ /m ² SHON _{RT} .an	11,1 kgCO ₂ /m ² SHON _{RT} .an
Consommation d'énergies renouvelables	~ 20 % du mix électrique Chauffe-eau thermo	~ 0

Deux appartements de 60 m² SHAB en zone Centre-Ouest (H2b). Source EDF R&D.

En synthèse, sur les surcoûts, il n'est pas possible de conclure à ce stade, par manque de recul et par difficulté à évaluer ce sujet posément face aux réactions de certains professionnels qui en font un fer de lance pour freiner des évolutions réglementaires.

La notion de coût global, très développée il y a quelques années, semble avoir été moins présente dans la finalisation des seuils de la RT 2012, alors qu'il est important de tenir compte de l'exploitation aussi bien que des investissements, et ce d'autant plus que l'apparition de la notion d'analyse du cycle de vie dans le calcul de l'impact du carbone conduit à se projeter sur une très longue période pour ce critère. Il serait paradoxal de ne pas intégrer le long terme dans le critère d'efficacité énergétique.

Comme indiqué au §1.2.1, le rapport sur le « cost optimal » - ou coût global - a été communiqué par la France à l'Union européenne après la publication de la RT 2012 et en application de la méthode définie dans le règlement délégué européen du 16 janvier 2012.

Le prochain rapport sur le « cost optimal » sera actualisé avec des hypothèses revues en conséquence pour le prix de l'énergie tout en tenant compte des évolutions techniques et économique des systèmes et équipements. Il sera utile à l'élaboration des prochains seuils réglementaires.

13. Établir un bilan global des coûts et des bénéfices des investissements et des économies en fonctionnement et étudier comment articuler cette approche avec les critères relatifs aux objectifs de résultats de la prochaine réglementation.

2.7. L'application de la réglementation n'obéit pas toujours à une recherche d'optimisation entre la performance énergétique et le coût global du bâtiment

L'application de la RT 2012 conduit à combiner des solutions sur le bâti avec des solutions pour les équipements afin de respecter trois critères principaux de performance énergétique et de confort (Bbio, Cep et TIC) ainsi que plusieurs autres critères d'obligations de moyens.

Cette architecture réglementaire est sophistiquée sur le plan technique. Sur le plan financier, certes l'administration a produit un rapport sur le « cost optimal » dans le

cadre des directives européennes. Mais pour les acteurs de la construction et les utilisateurs, la dimension financière de l'investissement est souvent prioritaire dans leur décision sans toujours intégrer la notion de coût global et parfois au détriment de la performance énergétique. Cela peut conduire à des biais dans les choix techniques opérés qui ne répondent pas toujours au meilleur rapport performance/coût global.

Quelques exemples ont été cités fréquemment à la mission et sont récapitulés ici : des choix d'équipements peu pertinents – par exemple, une chaudière à condensation avec pour l'eau chaude une PAC – qui conduisent à des coûts d'exploitation élevés, une enveloppe moins performante qu'avant dans certains cas d'équipements très performants alors que le bâti est a priori plus durable que les équipements, des ajouts d'équipements après livraison du logement qui en amoindrissent la performance.

Ces quelques exemples montrent l'écart qui peut exister entre l'esprit des textes réglementaires et leur application. Le chapitre suivant approfondit cette question en se plaçant du point de vue des acteurs de la construction et des utilisateurs.

3. La RT 2012 à l'épreuve des pratiques des habitants et des concepteurs des bâtiments

3.1. Évaluer les écarts

La prise en compte de la réalité quatre ans après la mise en œuvre de la RT 2012 a paru essentielle à la mission pour évaluer plus finement la pertinence de cette réglementation, mesurer l'écart entre ses objectifs et les résultats probables et proposer des axes d'amélioration et des recommandations afin d'avoir une réglementation plus adaptée à la réalité, que les acteurs s'approprient mieux et dont les résultats se rapprochent davantage encore des objectifs. La mission a donc cherché à apprécier comment agissent aujourd'hui les promoteurs, les architectes, les bureaux d'études, les entreprises et artisans par rapport à ce que disaient ces différents acteurs lors de la parution de la réglementation. Elle a également fait le point sur l'état des connaissances à propos du comportement des utilisateurs des bâtiments.

En termes de méthode, elle a examiné les bases de données qui permettraient de recueillir des informations sur les bâtiments neufs réalisés en application de la RT 2012. Le recensement figure en annexe 6. Il apparaît en premier lieu que peu d'entre elles fournissent aujourd'hui des informations sur des bâtiments réalisés en application de cette réglementation, vu son caractère encore récent. Des exploitations spécifiques de certaines bases seraient toutefois intéressantes à réaliser, notamment celle des RSET⁷⁹ ou celles de certains instituts spécialisés qui ont constitué des panels d'enquêtes, à l'instar de BâtiEtude⁸⁰, pour mieux cerner la réalité de la situation, mais les conditions financières de ces exploitations restent à définir.

La mission a donc été conduite à mener ses investigations principalement à travers des entretiens auprès des représentants institutionnels des professionnels du secteur de la construction, de quelques professionnels et de sociologues.

En préambule, il est utile de revenir sur les notions de consommation dans le bâtiment et les spécificités des bâtiments énergétiquement performants.

3.1.1. Habiter les bâtiments neufs d'aujourd'hui

Les bâtiments énergétiquement performants supposent un « savoir habiter » nouveau. Du fait de l'isolation renforcée et de l'étanchéité à l'air du bâti, de l'inertie thermique, de la ventilation contrôlée, ils réagissent différemment des bâtiments classiques. La part des apports solaires et des apports internes (occupants et équipements électriques) est importante. La puissance du chauffage est réduite et il n'est plus prépondérant dans le bilan énergétique. Il y a des risques de surchauffe, mais par temps froid, la réactivité de chauffe est limitée.

⁷⁹ Cette base exhaustive est remplie à partir des attestations de fin de chantier, obligatoires pour tous les logements neufs. Elle peut fournir la répartition des moyens de chauffage et d'eau chaude sanitaire, ainsi que les techniques utilisées pour l'enveloppe des constructions neuves. Autres exemples de traitements réalisés par le Cstb : statistiques des indicateurs RT en fonction de différents paramètres (zone climatique, type de bâtiment, système de chauffage...); analyse des épaisseurs d'isolants utilisés sur les bâtiments de grande hauteur pour l'étude du risque d'incendie ; part des logements déclarant des consommations de climatisation dans le Rset, pour l'étude l'utilisation de la climatisation dans les logements.

⁸⁰ Ce prestataire constitue un observatoire annuel complet de la construction neuve, auquel l'accès est payant.

L'équilibre de fonctionnement de ces bâtiments est sensible aux variations des modes d'occupation et aux dérives par rapport aux « bonnes pratiques ». La part de la performance liée à l'usage est importante. Le bâtiment économe implique un changement de comportement des utilisateurs par rapport à la période des 30 glorieuses où l'énergie était abondante et peu coûteuse.

Nouvellement mis en service, le bâtiment connaît une période d'ajustements et d'appropriation, souvent d'au moins deux années, pour atteindre sa performance. Par ailleurs, l'évolutivité face à l'obsolescence des équipements et aux réaménagements qui interviennent dans la vie d'un bâtiment n'est pas évidente.

3.1.2. Consommations réglementaire, prévisionnelle et réelle

La RT 2012 a suscité beaucoup de critiques, notamment des consommateurs à l'encontre des constructeurs à propos des écarts entre la consommation réelle et la consommation réglementaire (dite conventionnelle).

Les consommations réelles n'entrent pas dans le champ de la RT 2012⁸¹. La plupart des intervenants semblent avoir maintenant compris la distinction. La consommation réglementaire est comptée en énergie primaire et repose sur des scénarios conventionnels. Elle est un indicateur de performance énergétique intrinsèque du bâtiment, calculé avant sa construction, pour les besoins d'application des exigences posées par la RT 2012.

Entre cette consommation conventionnelle calculée et la consommation réelle, il y a des écarts dont les sources sont les suivantes, si l'on part de l'occupation du bâtiment qui, somme toute, est sa destination finale :

- L'utilisateur a un comportement qui lui est propre dans l'utilisation et l'entretien du bâtiment et qui est différent de celui utilisé pour le calcul.
- Les conditions climatiques pendant la période d'observation sont bien évidemment différentes des données météorologiques conventionnelles fixées pour la réglementation
- L'ensemble constitué par le maître d'ouvrage, l'architecte, le bureau d'études et les entreprises peut avoir des difficultés à réaliser les calculs de consommation, peut concevoir le bâtiment différemment de ce qui est prévu dans le calcul, voire le réaliser différemment, voire même avec des défauts de mise en œuvre.
- Les unités retenues pour les consommations ne sont pas les mêmes : la consommation conventionnelle est en énergie primaire⁸² et la consommation réelle est en énergie finale.

Par ailleurs, des calculs de simulation énergétique dynamique peuvent être menés pour optimiser la conception dans le contexte exact du projet en s'affranchissant des conventions réglementaires ; ils donnent une consommation prévisionnelle plus fiable, mais qui reste théorique. Les intervenants semblent s'accorder, compte tenu de l'incidence des comportements, sur les limites que comporte l'exercice de prévision par le calcul d'une consommation susceptible d'être ensuite recoupée avec la réalité.

⁸¹ Arrêté du 30 avril 2013 portant approbation de la méthode de calcul : « *La méthode de calcul Th-BCE 2012 a pour objet le calcul réglementaire des coefficients Bbio, Cep et Tic. Elle n'a pas pour vocation de faire un calcul de consommation réelle compte tenu des conventions retenues.* »

⁸² Ce qui dans le cas de l'électricité ne correspond pas à la consommation réelle.

3.2. Vers une coproduction de la performance énergétique avec les occupants

3.2.1. Là où la réglementation thermique échoue

Les retours d'expérimentations sur les bâtiments énergétiquement performants, avant même l'entrée en vigueur de la RT 2012, ont montré certains résultats décevants. Des écarts sont constatés entre les performances initialement calculées et les consommations réelles, souvent sensiblement supérieures. Ces consommations restent toutefois bien meilleures que pour les bâtiments de la génération précédente ; le saut technologique et performanciel concrétisé par la RT 2012 n'est pas en cause.

Le comportement des utilisateurs est généralement désigné comme étant à l'origine de ces surconsommations, et considéré comme impossible à appréhender. Pour pallier les « mésusages », on en appelle à renforcer les contraintes, à sensibiliser les occupants et à développer les aides technologiques.

L'observation sociologique⁸³ apporte un diagnostic autre et des voies différentes. Elle donne du sens et aide à identifier les résistances qui interviennent et les leviers d'action. Les enquêtes réalisées donnent déjà un certain nombre d'enseignements. Les solutions d'efficacité énergétique ne rendent pas forcément les utilisateurs plus économes ; il se passe des choses que l'on n'a pas prévues.

Le sociologue se réfère aux déterminants des comportements et rappelle le processus « d'appropriation ». La manière dont les occupants s'approprient le bâtiment est un facteur clé pour l'atteinte de la performance. Ils peuvent contribuer à la performance quand ils sont en capacité de « s'adapter » à la technique du bâtiment. En revanche, ils peuvent aussi créer des contre-performances notoires quand la technique du bâtiment est perçue comme une contrainte ou une cause d'inconfort.

Par exemple, le confort d'été dans ces bâtiments thermiquement très isolés repose, en période de forte chaleur, sur l'exécution méthodique par les occupants de la fermeture diurne et la sur-ventilation nocturne. Mais des surchauffes anormales peuvent apparaître, car les occupants ont du mal à appliquer cette routine. Ils sont amenés à faire des « compromis » avec d'autres considérations, comme de nuit les bruits ou les intrusions, ou de jour le manque de lumière, le besoin d'air ou l'agrément de l'ouverture sur le jardin. Cette gestion est souvent collective au sein d'une famille ou d'un groupe d'occupants. Il y a un temps « d'apprentissage par essais-erreurs ».

L'hiver certains occupants de ces bâtiments très étanches laissent les fenêtres longuement ouvertes, pour éviter le « renfermé », créant un appel de chauffage prohibitif. La raison est peut-être une résistance au changement de pratiques hygiénistes antérieures. Ce comportement peut aussi révéler un défaut d'appropriation de la ventilation mécanique contrôlée, qui permettrait de maintenir une atmosphère intérieure saine sans nécessité d'ouvrir les fenêtres. Intervient l'« in-utilisabilité », quand habiter devient compliqué (excès de technicité, insuffisance de mode d'emploi ou d'ergonomie, perte de maîtrise, mise en doute face à la technique...). Cela peut aller jusqu'au contournement ou la dégradation volontaire de l'équipement, comme l'obstruction des bouches de ventilation pour éviter le courant d'air froid ou le bruit. Mais il peut s'agir aussi de dysfonctionnements de l'équipement (débits incohérents, filtres non changés...). Tout n'est pas imputable à l'occupant, les constructeurs et les gestionnaires techniques du bâtiment peuvent aussi être en cause.

⁸³ Entendue au sens large, pouvant recouvrir des disciplines proches parmi les sciences humaines et sociales (psychosociologie...).

Autre exemple, il n'est pas rare que les occupants se plaignent du froid dans un bâtiment récent et performant. Le programme avec mode réduit économique peut être malvenu si la puissance installée est trop juste. Par ailleurs, le chauffage peut avoir été « bridé » au regard de la limite supérieure réglementaire de température moyenne de chauffage de 19°C⁸⁴. En collectif résidentiel ou tertiaire, ces rationnements déclenchent conflits et pratiques inappropriées de « contournement » ou de « compensation » comme la multiplication d'appareils mobiles de chauffage d'appoint par des occupants privés de « marge de manœuvre » pour pallier les situations d'inconfort. Leurs besoins thermiques peuvent légitimement être plus élevés, à titre habituel, temporaire ou occasionnel (activité sédentaire, convivialité, enfants en bas âge, frilosité, maladie...). En outre le confort thermique des locaux n'est pas forcément homogène au sein d'un même bâtiment, quand l'équilibrage de la distribution n'est pas parfait. Il varie selon leur exposition, leur emplacement, leur occupation, par exemple en équipements électroniques. Or le chauffage bridé permet rarement un réglage par local.

Bien entendu on assiste par ailleurs pour certains utilisateurs à l'« effet rebond ». Par exemple, ils comptent essentiellement sur la technique du bâtiment pour les économies plutôt que sur un usage raisonné. Avec la baisse de la facture énergétique due à la performance du bâtiment, ils profitent de températures élevées, voire excessives, sans s'approprier l'enjeu de la basse consommation.

Au total, les études de terrain ont montré que l'introduction de la technique ne garantit en rien son appropriation, et que les hypothèses comportementales prises par les concepteurs ne se réalisent pas, l'occupant ayant ses propres tactiques d'usage.

S'agissant de la consommation énergétique du bâtiment, on a tendance à oublier qu'elle est celle du système formé par le bâtiment et ses occupants. Les questions liées à l'usage ne sauraient relever d'une approche réglementaire. La difficulté est que l'approche technique et réglementaire sous-entend une conception standardisée du rapport au confort, or les pratiques sociales sont impossibles à prévoir. L'approche de la réglementation thermique s'arrête à la livraison du bâtiment, et laisse place aux incertitudes du comportement d'un système sociotechnique.

Les sociologues attirent l'attention sur les limites que rencontrent certaines actions d'accompagnement. Sensibiliser et informer ne suffit pas pour faire changer, cette observation est constante. La pérennisation est difficile : dès que la démarche s'arrête, les occupants reviennent rapidement à leurs anciennes pratiques, moins économes. Plus d'efficacité suppose de mobiliser autant que possible plusieurs dimensions et faire avec le système socio-technique : il s'agit de ne pas mettre les usagers à l'écart et de considérer leurs modes de vie.

Les études de terrain ont en revanche aussi mis en évidence l'instauration potentielle de « compromis sociotechniques » avec accommodation des occupants et appropriation réussie des caractéristiques techniques. Rendre l'occupant motivé permet que l'utilisation, qui dans un bâtiment performant a une incidence majeure sur la consommation, soit un facteur de l'efficacité du bâtiment. La performance énergétique est une « coproduction sociotechnique ».

⁸⁴ Cette limite, qui ne concerne pas que les logements neufs, est fixée par le livre II « maîtrise de la demande d'énergie » du code de l'énergie, articles L 241-1 et R 241-26 à 29 ainsi que les arrêtés subséquents du 25 juillet 1977, donc indépendamment de la réglementation thermique des bâtiments. Aucune de ces deux réglementations ne justifie un bridage des installations, le respect de la limite ou la dérogation ne devant relever que de la conduite de ces installations.

3.2.2. Les apports de la sociologie de l'énergie et des mesures sur les BBC sont-ils toujours valables ?

Depuis une quinzaine d'années se développe une sociologie de l'énergie notamment dans le bâtiment, dans la foulée du « modèle constructif de la performance énergétique et environnementale »⁸⁵ (MCPEE), très technique et exigeant, dont la RT 2012 est emblématique. Ces recherches sociologiques dont le paragraphe précédent fait état, ont été menées notamment à l'occasion des difficultés et doléances soulevées dans les opérations pionnières de bâtiments à basse consommation. On s'y interrogeait sur le caractère vivable de ce type de bâtiments d'une part, ainsi que sur sa compatibilité avec les pratiques de la filière construction, d'autre part. Les professionnels du bâtiment étaient accusés de manque de compétences ainsi que de malfaçons et de non atteinte de la performance. Les occupants voyaient leur comportement rendu responsable des dépassements énergivores sans autre recherche d'explication et étaient accusés de confort dispendieux.

Les études sociologiques disponibles^{86 87 88} ont été faites sur des bâtiments à basse consommation démonstrateurs ou pionniers⁸⁹. Elles sont à réitérer maintenant, car ce type de bâtiment est devenu la règle avec la RT 2012. Le corpus de résultats maintenant daté doit être complété et réformé au rythme des évolutions actuelles et envisagées. La phase d'expérimentations peut avoir eu tendance à grossir certaines difficultés. Les incidences exactes des comportements sur la performance sont à explorer et évaluer dans le contexte d'aujourd'hui, car certaines incidences pourraient s'avérer quand même limitées. Il faut passer en revue les résultats, réinterroger les concepts, et approfondir les points sur lesquels des malentendus sont à dissiper afin de mieux connaître les consommations réelles et leurs déterminants, d'une part, ainsi que de mieux adapter le pilotage des bâtiments et mieux tenir compte des comportements dans la nouvelle réglementation à venir, d'autre part. De nouveaux programmes d'études sont à initier, se basant autant que possible sur une expertise mixte associant instrumentation technique, bilan économique, et analyse sociologique des pratiques des occupants. Il serait préjudiciable pour l'avenir de continuer à se baser sur des résultats qui seraient périmés.

14. Lancer et exploiter une campagne de mesures des consommations réelles et d'enquêtes sur les pratiques des occupants sur les bâtiments en utilisation construits après la RT 2012, dans la prolongation des campagnes de mesures effectuées sur les logements labellisés BBC et préfigureurs de la RT 2012.

⁸⁵ BESLAY Christophe, GOURNET Romain, ZELEM Marie-Christine, Le « bâtiment économe » utopie technicienne et « résistance » des usages, Colloque international « Sociologie des approches critiques du développement et de la ville durables », 2012.

⁸⁶ CARASSUS Jean, LAUMONIER Chantal, SESOLIS Bernard, JANVIER Damien, WRONA Rémi, « Vivre dans un logement basse consommation d'énergie ». Rapport d'étude générale, Cerqual, 2013.

⁸⁷ BRISEPIERRE Gaëtan, « Les conditions sociales et organisationnelles d'une performance énergétique in vivo dans les bâtiments neufs », Les chantiers de Leroy Merlin Source, Numéro 1, 2013.

⁸⁸ « Bâtiments démonstrateurs à basse consommation d'énergie, Enseignements opérationnels tirés de 119 constructions et rénovations du programme Prebat 2012 – 2016 », Cerema, 2016.

⁸⁹ Les bâtiments neufs étudiés relèvent en général de l'étude thermique réglementaire RT 2005, du fait de leur date de construction, avec un niveau supérieur de performance de type label.

3.2.3. Il ne faudrait pas que les efforts faits dans la qualité de la construction soient ruinés par les modes d'utilisation

Dans les bâtiments performants, les usages ont une influence majeure sur les consommations, plus importante que dans les bâtiments classiques. Il ne faudrait pas que les efforts faits dans la qualité de la construction soient ruinés au travers d'une mauvaise appropriation par les occupants. La performance énergétique intrinsèque du bâtiment (cf. §1.5.4) est une condition nécessaire mais incomplète de l'atteinte des objectifs de politique publique. Il convient de rendre les acteurs de la construction davantage à l'écoute des attentes des utilisateurs et de rendre les utilisateurs plus au fait de l'impact de leur comportement sur leur consommation finale.

Cette coproduction sociotechnique de la performance énergétique peut se concrétiser dans l'accompagnement des occupants après la livraison des bâtiments, tel qu'évoqué ci-après. Elle passe aussi en premier lieu par des actions sur la conception. Il s'agit par exemple de l'étude et la prise en compte de l'utilisabilité des technologies, ou de l'association des utilisateurs à la conception.

De ses entretiens et investigations la mission retient qu'aujourd'hui les maîtres d'ouvrage s'alignent souvent sur les obligations réglementaires et ne prêtent pas plus d'attention aux attentes de leurs clients en matière de performance énergétique en particulier sous l'angle du confort et du bien-être. La performance énergétique est peu mise en valeur dans leur démarche commerciale. Les constructeurs ont tendance à protester quant aux surcoûts de la réglementation, mais font peu la promotion des économies en coût global, ni l'accompagnement des occupants pour utiliser au mieux les nouveaux bâtiments.

Actuellement, souvent aucun acteur n'étant missionné pour cet accompagnement, les professionnels du bâtiment ne s'intéressent pas assez à l'appropriation du bâtiment, notamment pour le logement privé collectif. Les documents de méthode mis au point pour la livraison des bâtiments sont, à quelques exceptions près⁹⁰, développés sur le plan technique mais intègrent peu les aspects sociaux de mise en mains et les pratiques pour une basse consommation. De nouveaux types de prestations sont apparues dans le cadre de projets d'aménagements et de bâtiments, comme l'assistance à maîtrise d'usage, ou le design énergétique.

Les bailleurs sociaux mettent en place des dispositifs de « maîtrise des consommations énergétiques et de lutte contre l'effet rebond », pour permettre aux locataires de s'approprier les prescriptions d'usage de leur habitat performant, et d'adapter leurs pratiques. L'analyse d'un panel de ces dispositifs⁹¹, à laquelle s'est livrée l'USH, évoque les conditions pour que leur bénéfice soit réel et pérenne, tant pour le bailleur que pour le locataire. Il faut notamment que le programme s'intègre dans la stratégie à long terme du bailleur, se réfère à des fondements théoriques pertinents pour la conduite des actions, et trouve de bons porte paroles impliquant les locataires. L'USH a aussi mis en place des formations⁹² pour les chargés de clientèle et techniciens qui doivent intégrer à leurs pratiques un travail d'accompagnement des locataires notamment au titre de la maîtrise des charges.

⁹⁰ Toutefois voir « Guide méthodologique Comment suivre la performance d'un bâtiment ? » Effinergie 2016.

⁹¹ « Favoriser les éco-comportements des habitants du logement social : enseignements issus de l'étude de vingt dispositifs de maîtrise des consommations énergétiques et de lutte contre l'effet rebond dans le logement social », Cahiers de l'Union sociale pour l'habitat, Signets n° 8, août 2017.

⁹² « Accompagner le locataire dans la maîtrise de ses dépenses énergétiques », formation AFPOLS 2018. Les objectifs pédagogiques sont d'identifier les paramètres de la consommation qui relèvent de la technique et ceux qui relèvent du comportement, afin de construire un projet individuel ou collectif de maîtrise des consommations d'énergie.

3.2.4. La réalisation d'un bâtiment neuf est l'occasion de développer l'accompagnement des occupants et de développer la notion de maîtrise d'usage à côté de celle de maîtrise d'ouvrage

L'opportunité particulière pour le changement de pratiques des occupants que représente l'emménagement dans un bâtiment neuf, conduit la mission à formuler la recommandation suivante :

15. Inciter les maîtres d'ouvrage à développer des processus d'accompagnement après la livraison de leurs bâtiments, afin d'impliquer les occupants dans la maîtrise de leur consommation d'énergie. Étudier l'éventualité d'une obligation d'accompagnement dans la prochaine réglementation.

L'accompagnement vise les premières années post-emménagement. Mais idéalement il peut intervenir dès la conception du projet avec une phase de modélisation des comportements. Sa consistance doit être souple et proportionnée à la taille et à la destination de l'ouvrage. Il pourrait être réalisé par les constructeurs au titre d'une sorte de « service après vente ». Pour les opérations de bâtiments tertiaires ou d'habitat collectif voire individuel groupé, le processus trouve dans la gouvernance, le propriétaire ou le promoteur, un support naturel de mise en place. L'animation du processus ou « médiation » peut être réalisée en interne ou par un prestataire extérieur, qui n'est pas nécessairement un sociologue. Pour les maisons individuelles, le contrat de construction de maison individuelle (CCMI) peut simplement comporter, en sus de la garantie, un service d'assistance aux utilisateurs, éventuellement sous-traité à un prestataire compétent.

L'accompagnement est le complément naturel de l'obligation faite par la RT 2012 d'affichage des consommations d'énergie dans chaque logement neuf⁹³ car l'information de l'occupant ne suffit pas forcément à modifier ses pratiques. L'accompagnement doit aussi être envisagé en lien avec le bail vert pour les bâtiments tertiaires, et en lien avec le carnet numérique de suivi et d'entretien du logement. Il intervient aussi à l'aboutissement du commissionnement quand celui-ci existe.

La politique publique de performance énergétique et environnementale des bâtiments, dans le cadre de la transition énergétique, a une feuille de route ambitieuse et sur une longue durée, interférant fortement avec les logiques sociales. Elle suppose des progrès dans l'accompagnement des occupants des bâtiments ainsi qu'un dispositif fort et pérenne de suivi technique, dans le cadre d'une stratégie globale de travaux sociologiques, de contrôle, et d'évaluation.

⁹³ Article 23 de l'arrêté du 26 octobre 2010 relatif aux caractéristiques thermiques et aux exigences de performance énergétique des bâtiments nouveaux et des parties nouvelles de bâtiments.

3.3. La méthode de calcul réglementaire de la consommation est une boîte noire à rendre plus transparente et à simplifier pour être mieux appliquée

3.3.1. Le constat

Les interlocuteurs rencontrés par la mission s'accordent généralement à considérer que la méthode de calcul réglementaire, la méthode TH-BCE 2012, élaborée par le CSTB, n'est pas assez transparente, la plupart emploient le terme de « boîte noire ».

Les 1300 pages de l'arrêté du 30 avril 2013 définissant cette méthode de calcul sont souvent citées, à tort, à l'appui de cette appréciation. En fait, ce sont des spécifications techniques détaillées d'un programme informatique. Elles comportent un ensemble de fiches correspondant aux techniques et systèmes envisageables pour la réalisation du bâtiment projeté avec l'identification des données d'entrée correspondantes. Elles traduisent une volonté d'exhaustivité sur ce sujet complexe. Mais il est vrai qu'il faut une certaine volonté pour les appréhender.

3.3.2. Quelques améliorations simples possibles

L'objet de la méthode de calcul, décrit au § 1.1 dans l'annexe de l'arrêté du 30 avril 2013, n'est sans doute pas suffisamment explicite pour relativiser cette appréciation.

« La méthode de calcul Th-B-C-E 2012 a pour objet le calcul réglementaire des coefficients B_{bio} , C_{ep} et T_{ic} . Elle n'a pas pour vocation de faire un calcul de consommation réelle compte tenu des conventions retenues.

Cette méthode de calcul utilise comme données d'entrée tous les éléments descriptifs du bâtiment et de ses équipements qui sont définis de façon opposable.

Ces données d'entrée des éléments descriptifs du bâtiment et de ses équipements sont constituées de deux types de paramètres différents :

- *Des paramètres dits intrinsèques qui correspondent aux caractéristiques propres du composant,*
- *Des paramètres dits d'intégration correspondant à la mise en œuvre dans le projet étudié.*

Par exemple, le coefficient U d'une baie est un paramètre intrinsèque alors que son orientation est un paramètre d'intégration.

Les éléments apportés après la réception du bâtiment ainsi que les paramètres indépendants du bâtiment intervenant dans la méthode de calcul sont définis de façon conventionnelle.

Le coefficient B_{bio} exprimé en points caractérise l'efficacité énergétique du bâti. Il permet d'apprécier celui-ci par rapport aux besoins de chauffage, de refroidissement et de consommations futures d'éclairage artificiel.

Il s'appuie sur la valorisation des éléments suivants :

- *La conception architecturale du bâti (implantation, forme, aires et orientation des baies, accès à l'éclairage naturel des locaux ...),*
- *Les caractéristiques de l'enveloppe en termes d'isolation, de transmission solaire, de transmission lumineuse, d'ouverture des baies et d'étanchéité à l'air,*
- *Les caractéristiques d'inertie du bâti.*

Le coefficient C_{ep} exprimé en $kWh/(m^2 \cdot SHONRT)$ d'énergie primaire représente les consommations d'énergie de chauffage, de refroidissement, d'eau chaude sanitaire, d'auxiliaires et d'éclairage des bâtiments. Ce coefficient C_{ep} ajoute au coefficient B_{bio} l'impact des systèmes énergétiques suivants :

- *Systèmes de chauffage et de refroidissement, y compris les auxiliaires,*
- *Systèmes d'eau chaude sanitaire y compris les auxiliaires,*

- Auxiliaires de ventilation (l'impact des débits d'air étant pris en compte dans les consommations des systèmes de chauffage et de refroidissement).
- Systèmes d'éclairage,
- Systèmes de production locale d'énergie, y compris les auxiliaires.

Le coefficient Tic exprimé en °C est la température opérative (correspondant à la sensation de l'occupant) maximale horaire calculée en période d'occupation pour un jour chaud d'été conventionnel, associée à une séquence chaude représentative. »

Revoir cette introduction de manière plus pédagogique est un point facile à améliorer.

De même, si les hypothèses conventionnelles, dans cet arrêté, font l'objet du chapitre 2 et de paragraphes complémentaires pour chaque hypothèse, pour autant, le terme de « conventionnel » peut prêter à confusion. Pour les auteurs de l'arrêté il s'agit d'un scénario conventionnel utilisé dans le calcul. Mais comme les valeurs conventionnelles sont indiquées comme calées sur des valeurs moyennes d'usage, cela ouvre un débat sur le calcul de ces valeurs moyennes, pour celles relatives à la température intérieure et au scénario de comportement. Cela conduit à considérer un utilisateur « moyen » dans le calcul, alors que le comportement moyen, pour autant qu'il soit mesurable, recouvre en tout état de cause une très grande dispersion de comportements qui traduisent la liberté d'action des utilisateurs.

Ce terme de conventionnel a d'ailleurs conduit la Fédération Française des Assurances à craindre que cette consommation ainsi calculée ne soit comprise sur un plan juridique comme un engagement de consommation du constructeur face à l'utilisateur. Elle a demandé une précision juridique sur ce point, qu'elle a obtenue⁹⁴.

En effet, la performance intrinsèque du bâtiment, exprimée en consommation d'énergie primaire et la consommation réelle qui est le résultat d'une conception et d'une réalisation du bâtiment non réellement contrôlées, ainsi que d'un comportement non maîtrisable à travers une réglementation, sont deux notions entre lesquelles la correspondance simple et immédiate n'est pas possible alors que le fait qu'elles soient toutes les deux en kWh conduit naturellement à essayer de les comparer. C'est source de confusions et de malentendus conduisant à des explications multiples et récurrentes pour clarifier le sujet.

16. Rechercher un autre terme que celui actuellement utilisé de « consommation conventionnelle » pour la consommation d'énergie primaire et étudier la possibilité de recourir à une expression permettant d'éviter la comparaison avec la consommation réelle et limiter ainsi les risques de malentendus entre utilisateurs et maîtres d'ouvrage.

Autre point auquel il est possible de remédier sans grande difficulté : certains éléments font l'objet de valeurs par défaut dans le moteur de calcul, sans être toujours explicitées.

Par ailleurs, certaines valeurs par défaut sont définies à des niveaux trop optimistes, qui produisent des effets plus avantageux que la prise en compte des situations réelles, ce qui enlève toute pertinence à leur présence.

⁹⁴ Article L111-13-1 du Code de la construction et habitation créé par la loi de transition énergétique pour la croissance verte du 17 août 2015.

En matière de performance énergétique, l'impropriété à la destination, mentionnée à l'article [L. 111-13](#), ne peut être retenue qu'en cas de dommages résultant d'un défaut lié aux produits, à la conception ou à la mise en œuvre de l'ouvrage, de l'un de ses éléments constitutifs ou de l'un de ses éléments d'équipement conduisant, toute condition d'usage et d'entretien prise en compte et jugée appropriée, à une surconsommation énergétique ne permettant l'utilisation de l'ouvrage qu'à un coût exorbitant.

Par exemple, le cas des masques solaires⁹⁵ est souligné : il n'y a pas de valeur définie par défaut ce qui signifie que si aucune donnée n'est saisie, le calcul conduit à considérer qu'il n'y a pas de masque solaire. Le calcul des ponts thermiques des planchers intermédiaires⁹⁶ n'est également pas satisfaisant actuellement : fondé sur le respect d'une valeur moyenne, il n'assure pas un traitement homogène des ponts thermiques de tous les planchers intermédiaires d'une même façade.

Le CSTB, auteur de la méthode de calcul, est le mieux à même d'analyser ce sujet en s'appuyant sur la base de données RSET qu'il gère et qu'il pourrait utilement exploiter à cet effet.

17. Demander au CSTB d'établir l'explicitation détaillée et commentée des hypothèses, des valeurs par défaut, et des modalités de calcul dans la méthode Th-BCE 2012.

18. Vérifier qu'il n'existe pas dans le logiciel de possibilité de contournement significatif de certains effets, comme pour les masques solaires et les ponts thermiques des planchers intermédiaires et, le cas échéant, revoir les valeurs par défaut.

3.3.3. Une proposition de méthode de simplification

Ce qui semble plus préoccupant à la mission, c'est que, selon certains bureaux d'études très expérimentés, la méthode est considérée comme parfois contre intuitive pour les thermiciens, qui ne savent pas sur quels éléments jouer pour « gagner des points », alors que c'était le cas des méthodes utilisées précédemment et qu'il s'agit de traduire par un calcul des phénomènes physiques.

Les tests de sensibilité sur les hypothèses doivent être davantage exploités afin de :

- mieux cerner l'impact de ces hypothèses sur le résultat, ce qui aide à savoir sur quoi jouer pour améliorer la performance énergétique globale et ainsi mieux relier l'intuition physique au résultat ;
- simplifier la méthode en supprimant certains éléments dont l'impact sur le résultat est très peu significatif. Les conventions prises dans la méthode biaisent déjà l'application des critères par rapport à ce que donnerait un calcul sur des données exactes : par exemple les conditions météorologiques du site (microclimats...) ne sont pas « valorisées » en étant écartées au bénéfice de données météorologiques conventionnelles de zone, beaucoup plus simples à introduire. La valorisation de certaines dispositions non essentielles de conceptions ou composants ne devrait pas relever des « exigences minimales en matière de performance énergétique » réglementairement fixées, mais relever de calculs séparés et de recherches, demandées par des maîtres d'ouvrage, de performances au-delà desdites exigences minimales.

⁹⁵ Pour calculer l'ensoleillement d'un lieu, il faut impérativement prendre en compte les masques solaires. Le masque solaire pour un bâtiment est l'ensemble des éléments (arbres, bâtiments, montagnes) qui peuvent lui faire de l'ombre pendant la journée.

⁹⁶ Dans un bâtiment les ponts thermiques sont des points de jonction où l'isolation n'est pas continue et qui provoquent des pertes de chaleur.

19. Demander au CSTB de simplifier d'ici deux ans la méthode de calcul en supprimant les éléments à impact non significatif sur le résultat en comparaison avec d'autres incertitudes comme les données météorologiques du site de localisation du projet.

3.3.4. Comment « challenger » la méthode de calcul?

Le point suivant a été soulevé par certains interlocuteurs pour les immeubles collectifs de taille importante et le secteur tertiaire. Le CSTB a développé des méthodes de calcul en simulation thermique dynamique compatibles avec la méthode de calcul réglementaire. Mais d'autres méthodes existent également. Si elles ne sont pas interfacées avec la méthode réglementaire, elles conduisent les bureaux d'études à utiliser les deux méthodes de manière itérative lors de la phase de conception, d'où un temps passé supplémentaire.

La mission n'a pas repéré d'impossibilités techniques à ce que ces méthodes soient interfacées et considère comme positif et stimulant l'existence de plusieurs méthodes de simulation thermique dynamique.

Elle soulève plutôt le point que la méthode réglementaire de calcul du CSTB, qui est unique, n'a fait l'objet d'aucune évaluation extérieure par des experts qualifiés, français ou étrangers.

Étant donné le rôle incontournable dévolu au moteur de calcul Th-BCE 2012 dans l'application de la réglementation et indirectement aussi du poids qu'il prend dans la conception des bâtiments, se pose la question de la maîtrise du risque d'effet non prévu qu'il pourrait propager. La mission a eu connaissance de questionnements, justifiés ou non, exprimés officiellement ou pas, de la part de professionnels sur la bonne modélisation dans le moteur. Par exemple, l'algorithme du puits climatique semblerait donner des gains de consommation intéressants mais que l'on ne retrouve pas dans l'indicateur Cep. Ainsi, cet équipement, qui connaît peu de développement pour le moment, ne trouverait pas de « valorisation » dans le calcul RT.

Une façon de prévenir ces risques peut être de faire intervenir un tiers indépendant qui porte un regard extérieur systématique sur la conception du moteur pour le compte de la DHUP son maître d'ouvrage. Certes il y a eu les tests réalisés par les professionnels des groupes de travail d'élaboration de la RT, notamment le groupe « applicateurs ». Par ailleurs, les utilisateurs font bien au gré de leurs projets certains calculs parallèles d'optimisation sur d'autres logiciels de simulation thermique dynamique et qui peuvent recouper les résultats du moteur RT. Mais il ne s'agit pas de démarches systématiques et formalisées.

En explicitant la cohérence et les limites des hypothèses de modélisation, en élucidant les hypothèses implicites, en vérifiant les incertitudes de la méthode, une évaluation extérieure contribuera à la transparence de la « méthode » de calcul réglementaire et aux pistes pour sa simplification.

Cette évaluation ne portera pas sur les vérifications techniques informatiques, considérées comme ayant été satisfaites par ailleurs. Elle constituera pour la DHUP un avis extérieur sur la conformité des dispositions techniques du moteur de calcul et de son fonctionnement, par rapport aux hypothèses de la réglementation et au corpus scientifique en jeu, sans considération d'opportunité.

20. Avant de publier la prochaine réglementation, mettre en place une évaluation technique, par un opérateur indépendant, français ou étranger, du moteur de calcul lors de la réalisation et mise en service de sa nouvelle version par le CSTB.

3.3.5. Deux propositions pour que la procédure destinée au développement des systèmes innovants et appelée le « titre V », soit plus rapide et réponde mieux aux besoins des industriels

Autre sujet à propos de la méthode de calcul : comme pour le label BBC, la procédure dite du « titre V », qui figure dans la méthode de calcul, est considérée comme trop lourde. De quoi s'agit-il ? Pour détaillée qu'elle soit, la méthode de calcul ne prévoit pas tous les équipements et systèmes possibles. Pour ceux qui n'y figurent pas, la méthode de calcul TH-BCE 2012 n'est pas utilisable. En complément de cette méthode de calcul, le titre V est considéré par tous comme pertinent dans son principe pour favoriser le déploiement de solutions techniques non prises en compte dans la méthode de calcul. Mais nombre des interlocuteurs rencontrés s'accordent sur la lourdeur de sa mise en œuvre.

Les demandes doivent être présentées au Ministère, accompagnées de justifications⁹⁷. Elles peuvent être de trois types :

- La demande dédiée à une unique opération de construction, dite « titre V opération » et généralement présentée par le maître d'ouvrage
- La demande dédiée à un produit ou système énergétique, dite « titre V système » et généralement présentée par un industriel ou groupe d'industriel
- La demande dédiée à un réseau de chaleur ou de froid, dite « titre V réseau », et généralement présentée par un gestionnaire de réseau.

La procédure de traitement des demandes est décrite précisément par une note du 18 mai 2015. Des commissions d'experts pilotées par la DHUP analysent les demandes, le CEREMA assurant le secrétariat.

Le sujet faisant l'objet des plus nombreuses critiques est celui des « titres V systèmes ». Depuis 2013 et à date, 49 arrêtés ont été publiés pour cette catégorie de titre V sur 139 dossiers traités. Ces dossiers, comportant souvent une pré-demande, correspondent à 90 demandes. D'autres sont en cours d'instruction, les demandeurs indiquant ne pas avoir une réelle visibilité sur le déroulement de l'instruction de leur dossier, point de vue non partagé par la DHUP.

On distingue :

- les « titres V système – pré-post-traitement ». L'adaptation demandée porte sur la proposition de règles de saisies par équivalence de données d'entrée dans la méthode de calcul TH-BCE 2012 et/ou sur la proposition de traitement des données de sortie du calcul.
- Les « titres V système – extension dynamique ». La demande porte sur la prise en compte du système à travers un algorithme s'intégrant dans la méthode de calcul réglementaire TH – BCE.

⁹⁷ Les articles 49 et 50, au titre V, de l'arrêté du 26 octobre 2010 et les articles 39 et 40, au titre V, de l'arrêté du 28 décembre 2012 présentent les modalités de traitement de ces cas particuliers.

Le rôle des experts est de s'assurer que la méthode de prise en compte du système respecte les conventions de calcul de la méthode TH-BCE et est représentative du fonctionnement du système. Il y a plusieurs experts pour chaque dossier, choisis par la DHUP.

La procédure est considérée par les demandeurs comme longue.

La durée moyenne figurant dans le rapport d'activités du titre V de 2015 est de 16 mois avec 3 à 4 passages en commission en moyenne pour cette catégorie. La durée de traitement est composée d'un temps lié à l'instruction des dossiers - plus de 10 mois - et d'un temps lié au travail de justification du dépositaire - moins de 6 mois.

Afin de diminuer les délais de traitement des dossiers, la procédure a été révisée fin 2015 avec la mise en place d'une audition pour fluidifier les échanges entre la commission du titre V et le demandeur.

Mais il reste le délai de publication de l'arrêté à partir de l'avis positif de la commission, en moyenne supérieur à 5 mois selon le rapport d'activités de 2015.

L'administration a apporté une réponse par le décret no 2014-1299 du 23 octobre 2014 relatif aux exceptions à l'application du principe « silence vaut acceptation » : si l'agrément n'est pas publié dans un délai de 3 mois, la demande est réputée rejetée. Mais c'est une réponse négative, dont la mission considère qu'elle n'apporte pas une solution satisfaisante à la question posée.

Par ailleurs, la mission a compris que l'administration incitait les industriels à demander un titre V « opération » plus rapide à obtenir, de nature à consolider son dossier titre V systèmes par des résultats de terrain sur les économies d'énergie escomptées. C'est une démarche positive, mais qui ne répond pas complètement à la question posée.

La mission partage le point de vue des industriels : malgré les efforts de l'administration pour améliorer cette procédure du titre V, le temps de traitement de ces demandes pour les systèmes est excessif. S'il s'agit de techniques innovantes, une fois la recherche développement réalisée pour une technique ou un système, l'industriel a besoin dans un temps court, au maximum 6 mois, de pouvoir le tester par un déploiement « grandeur nature » afin de l'évaluer et de l'améliorer avant la généralisation de sa diffusion. S'il s'agit d'une technique déjà sur le marché, il n'y a pas de raison que son développement soit freiné dans l'habitat neuf au motif que ses caractéristiques techniques et sa performance ne sont pas prises en compte dans la méthode de calcul réglementaire de consommation,

Ce point est d'autant plus important à améliorer que la construction neuve sert de fer de lance à l'innovation dans le bâtiment et que ces techniques peuvent ensuite être diffusées à l'occasion de la rénovation des bâtiments existants, ce qui représente un gisement beaucoup plus important que celui de la construction neuve.

Il apparaît donc nécessaire de revoir le processus dans ses fondements.

Les questions restent l'appréciation des économies d'énergie apportées par cette technique et la qualité du dossier présenté.

La mission suggère les évolutions suivantes qu'elle recommande à la DHUP d'étudier pour répondre au mieux aux processus d'innovation des industriels :

- Revoir l'organisation de la procédure pour la rendre plus rapide et plus efficace en s'inspirant de celle des avis techniques, qui est appréciée comme telle par les industriels. Deux points ont été cités en particulier : l'accompagnement apporté au porteur de la technique pour la mise au point du dossier et la nomination du président de la commission, en veillant à ce qu'il soit un pair reconnu.

- Créer un « titre V expérimental », de titre déclaratif pour certaines techniques nouvelles. Cette procédure serait destinée à favoriser leur développement grâce à une mise en œuvre sur un ensemble d'opérations. Le porteur de la technique déclarerait les données techniques d'entrée ou de sortie qu'il utiliserait sous sa responsabilité dans la méthode de calcul réglementaire et bénéficierait, sans expertise préalable, d'une autorisation d'utilisation pour une durée limitée, à l'issue de laquelle une évaluation serait faite par le CSTB. Un titre V pourrait alors être demandé par le porteur de la technique sur la base de cette évaluation.

Il conviendra qu'elle étudie avec les sociétés d'assurance leurs risques et ceux des utilisateurs liées à cette éventuelle procédure ainsi revue du « titre V expérimental » et les solutions possibles pour ne pas les accroître.

21. Revoir la procédure du titre V, destinée à favoriser l'innovation, pour la rendre plus rapide et plus efficace en s'inspirant de celle des avis techniques. Par ailleurs, mettre en place pour certaines techniques nouvelles une autre procédure de type déclaratif, pouvant être dénommée « titre V expérimental ».

3.3.6. Le sujet des méthodes pour l'application de la RT 2012 dans le secteur des maisons individuelles est insuffisamment traité à ce jour

Dernier point : la réglementation semble la moins connue et la moins appliquée dans le secteur des maisons individuelles diffuses hors constructeurs, qui représente une part significative de la construction neuve annuelle : environ 50 000 maisons en 2016 sur 440 000 logements environ.

En 1988, en 2000 et en 2005, des exemples de solution avaient été agréés par arrêté⁹⁸ comme méthodes de calcul réglementaire pour les maisons individuelles. Ces méthodes avaient été élaborées par le CSTB et pour la RT 2005, une méthode complémentaire avait également été élaborée par le CEREMA.

Le titre IV de l'arrêté d'octobre 2010 prévoit l'établissement d'exemples de solutions pour la RT 2012.

Par agrément ministériel du 20 septembre 2013, sous la référence RT 2012-T4-01, la BAO Promodul RT 2012 MI a été reconnue comme conforme aux exigences de ce titre IV. Il s'agit d'un logiciel de calcul réglementaire simplifié pour les maisons individuelles. Sa validité est de 2 ans. L'agrément a donc expiré. Le logiciel est en cours de réévaluation, pour permettre un renouvellement de l'agrément et son extension aux maisons à ossature bois.

Il semble que le logiciel précédent ait été peu utilisé. L'une des raisons en est que les calculs font appel à des valeurs par défaut contraignantes.

La mission considère qu'il est important d'agréer de nouveau des exemples de solutions pour faciliter l'application de la RT 2012 dans le secteur des maisons individuelles.

La mission recommande que la DHUP pilote l'élaboration de ces exemples de solutions à l'instar de ce qu'elle a fait lors des précédentes réglementations et qu'elle

⁹⁸ cf. liste des arrêtés en annexe 5

En 2005, sous le numéro ST 2008-001 d'agrément en date du 9 juin 2008, solution technique « maisons individuelles méditerranéenne non climatisées » élaborée par le CEREMA.

veille ainsi à ce qu'ils ne soient pas trop contraignants afin que leur utilisation soit incitative et leur diffusion active auprès des relais professionnels (architectes, entreprises et artisans).

22. Élaborer et agréer des modes d'application simplifiés (solutions techniques) en maisons individuelles, tels que prévus au titre IV de l'arrêté du 26 octobre 2010 relatif à la RT 2012.

Par ailleurs, la mission suggère que l'ADEME ainsi que les organismes professionnels comme la FFB, la CAPEB et le CNOA avec son outil OSCAR⁹⁹ développent l'information sur la RT 2012, les exemples de solutions et les bonnes pratiques à partir des documents qu'ils ont élaborés.

3.4. L'obligation de recours aux ENR dans les maisons individuelles a favorisé les technologies des pompes à chaleur ; elle doit être accompagnée d'un programme de déploiement des EnR dans le bâtiment et étendue aux bâtiments collectifs

La RT 2012 est la première réglementation thermique dans laquelle figure une obligation de recours aux ENR.

L'article 16 de l'arrêté du 26 octobre 2010 spécifie que :

Toute maison individuelle ou accolée recourt à une source d'énergie renouvelable. Le maître d'ouvrage doit opter pour l'une des solutions en énergie renouvelable suivantes :

- produire l'eau chaude sanitaire à partir d'un système de production d'eau chaude sanitaire solaire thermique, doté de capteurs solaires disposant d'une certification CSTBat ou Solar Keymark ou équivalente. Le logement est équipé a minima de 2 m² de capteurs solaires permettant d'assurer la production d'eau chaude sanitaire, d'orientation sud et d'inclinaison entre 20° et 60°;
- être raccordé à un réseau de chaleur alimenté à plus de 50 % par une énergie renouvelable ou de récupération ;
- démontrer que la contribution des énergies renouvelables au Cep du bâtiment, notée à l'aide du coefficient AEPENR, calculé selon la méthode de calcul Th-BCE 2012 approuvée par un arrêté du ministre chargé de la construction et de l'habitation et du ministre chargé de l'énergie, est supérieure ou égale à 5 kWh/m².an.

En alternative aux solutions décrites aux trois précédents alinéas du présent article, le maître d'ouvrage peut :

⁹⁹ Logiciel pour l'aide à la conception thermique, gratuit pour les architectes et édité par le CNOA.

- recourir à une production d'eau chaude sanitaire assurée par un appareil électrique individuel de production d'eau chaude sanitaire thermodynamique, ayant un coefficient de performance supérieur à 2, selon le référentiel de la norme d'essai prEN 16147 ;
- recourir à une production de chauffage et/ou d'eau chaude sanitaire assurée par une chaudière à micro-cogénération à combustible liquide ou gazeux, dont le rendement thermique à pleine charge est supérieur à 90 % sur PCI, le rendement thermique à charge partielle est supérieur à 90 % sur PCI et dont le rendement électrique est supérieur à 10 % sur PCI. Les rendements thermiques sont mesurés dans les mêmes conditions que les normes en vigueur pour les chaudières à condensation (chaudières étanches au gaz : EN 483 et EN 677, chaudières non étanches au gaz : EN 297 et EN 677, chaudières étanches au fioul : XPD 35430 et EN 15035, chaudières non étanches au fioul : XPD 35340 et EN 303).

Le rendement électrique est mesuré sur un cycle de fonctionnement de 30 min — départ arrêté — et pour une température moyenne d'eau de 40°C, incluant la consommation électrique de la chaudière (hors pompe).

Cette obligation est issue de la Directive 2009/28/CE¹⁰⁰ du Parlement et du Conseil relative à la promotion des énergies renouvelables qui a été révisée en 2018 (ci-dessous). Par ailleurs, inspirée de la Directive 2010/31/UE¹⁰¹ sur les performances énergétiques des bâtiments qui prévoit dans son article 6 que les systèmes dits « à haute performance énergétique », les EnR décentralisées, les réseaux de chaleur tout ou partie renouvelables et les systèmes de cogénération font l'objet au moins d'une étude de faisabilité. Cette étude de faisabilité est bien traduite en droit français par l'arrêté du 18 décembre 2007¹⁰² relatif aux études de faisabilité des approvisionnements en énergie pour les bâtiments neufs et parties nouvelles de bâtiments et pour les rénovations de certains bâtiments existants en France métropolitaine.

L'arrêté fournit une liste exhaustive des systèmes acceptables qui inclut à la fois les énergies renouvelables et les réseaux de chaleur mais aussi les systèmes à haute performance énergétique, tels que les pompes à chaleur, les chaudières à condensation et les systèmes à cogénération.

Cette obligation pourrait être renforcée avec l'accord en juin 2018 sur la révision de la Directive ¹⁰³ relative à la promotion de l'utilisation de l'énergie produite à partir de sources renouvelables qui révisé les exemptions dans son article 15.

« Dans leurs réglementations et leurs codes en matière de construction, ou par tout moyen ayant un effet équivalent, les États membres imposent l'application de niveaux minimaux d'énergie provenant de sources renouvelables dans les bâtiments neufs et dans les bâtiments existants qui font l'objet de travaux de rénovation importants, dans la mesure où ces travaux sont techniquement et économiquement réalisables, qu'ils

¹⁰⁰ <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/PDF/?uri=CELEX:32009L0028&from=FR>

¹⁰¹ <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/PDF/?uri=CELEX:32010L0031&from=FR>

¹⁰² <https://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=JORFTEXT000017734229&categorieLien=id>

¹⁰³ <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/?uri=CELEX%3A52016PC0767R%2801%29>

reflètent les résultats du calcul de l'optimalité en fonction des coûts effectué conformément à l'article 5, paragraphe 2, de la directive 2010/31/UE et qu'ils n'affectent pas négativement la qualité de l'air intérieur.

Les États membres permettent que ces niveaux minimaux soient atteints, notamment grâce à l'utilisation de réseaux de chaleur et de froid efficaces utilisant une part significative d'énergies renouvelables et de récupération. »

On peut constater sur les figures du chapitre 2.1.1 que les immeubles de logement collectifs massivement chauffés au gaz ne respectent que très peu le critère, avec 4 % de réseau de chaleur urbain, et que le secteur tertiaire le respecte via l'utilisation de pompes à chaleur.

Pour ce qui est des maisons individuelles qui, elles, sont soumises à l'obligation, deux solutions s'imposent majoritairement, la pompe à chaleur double service et le chauffe-eau thermodynamique pour les maisons groupées chauffées au gaz, donc deux systèmes à haute performance classés sous l'appellation chaleur renouvelable, mais qui ne suffiront pas à atteindre la neutralité énergétique recherchée par le Bepos. Le bois se maintient à 17 % pour les maisons individuelles isolées et à 5 % pour les groupées, la chaudière hybride reste négligeable, les réseaux de chaleur urbains n'ont pas décollé et le solaire ne s'est que peu développé ; le solaire thermique a même reculé suite à la concurrence du CET plus facile à installer, comme on l'a vu au paragraphe 2.2.2.2. Le développement du solaire photovoltaïque, qui peut également concerner les bâtiments existants, est en général plus lié à des tarifications très incitatives qu'à des obligations réglementaires.

On peut donc conclure que l'obligation d'EnR ne s'est appliquée qu'à une part restreinte du parc et n'a ainsi atteint que partiellement ses objectifs, alors que le développement d'EnR fait partie des grandes priorités de l'État. Il est souligné que la dérogation pour les immeubles collectifs induit un deuxième facteur d'inégalité au-delà de celle du Cep par rapport aux maisons individuelles, alors qu'il existe pour le secteur collectif plusieurs types de solutions disponibles comme les réseaux de chaleur urbains vertueux¹⁰⁴, les chauffe-eau-thermodynamiques et les pompes à chaleur déjà employées dans le tertiaire.

Les réseaux de chaleur actuels, parfois jugés plus coûteux que des solutions fossiles, notamment gaz, ont suscité des critiques de la part de propriétaires bailleurs, compte-tenu du faible prix du gaz actuel. Cette désaffection se traduit clairement dans la baisse de leur utilisation notamment dans le collectif (voir 2.1.1). Une mission interministérielle sur le développement de la chaleur renouvelable a proposé des pistes d'amélioration dans un rapport remis au Ministre de la Transition Énergétique et solidaire en juillet 2018. Elle a en particulier examiné les aides aux réseaux de chaleur urbains par le biais du Fonds Chaleur et la problématique de la récupération de chaleur fatale de proximité dans un ensemble d'immeubles de nature différente.

Au vu de ces éléments, il est recommandé par la mission de revoir cette obligation de consommation d'EnR dans le contexte de la prochaine réglementation, d'abord en la généralisant à tout type de bâtiment neuf, individuel ou collectif, et en prenant mieux en compte la nature et l'origine de l'énergie consommée et sa période de consommation (cf paragraphe 2.1.4). Par ailleurs, il serait opportun d'élargir la notion de bâtiment à celle de groupe de bâtiment ou de quartier et ce qu'il s'agisse d'électricité ou de chaleur. En effet certains bâtiments tertiaires sont plus faciles à équiper en panneaux ou sont producteurs de chaleur et pourraient alimenter les immeubles voisins via des réseaux de chaleur locaux.

¹⁰⁴ Utilisant au moins 50 % d'EnR.

23. Dans le but de favoriser la part des énergies renouvelables (EnR) et des énergies de récupération (EnR&R) et après avoir procédé à une évaluation de l'indicateur correspondant, étendre l'obligation en vigueur pour les maisons individuelles au secteur de l'habitat collectif et du tertiaire. Réétudier la prise en compte de ces énergies dans le calcul de la consommation d'énergie primaire (Cep) et plus généralement dans les aides publiques en s'appuyant sur les techniques disponibles et sur les résultats obtenus dans les maisons individuelles et en élargissant le sujet au-delà du bâtiment. Mettre en place un programme de mesures incitatives à l'instar du Fonds Chaleur afin de soutenir les meilleures solutions sur le plan technico – économique.

Conclusion

Les RT se sont succédé à un rythme rapide de 1974 à 1988 puis de 2000 à 2012, avec une sophistication de plus en plus grande des critères et des exigences de plus en plus fortes.

Elles ont toutes un point commun : la recherche d'une meilleure performance énergétique des bâtiments pour réduire les consommations d'énergie et la dépendance énergétique de la France.

Depuis les années 2000, une préoccupation environnementale a été progressivement introduite.

En 2012, des progrès significatifs pour réduire la consommation d'énergie ont été réalisés par les acteurs. Ils ont conduit à une poursuite de l'amélioration globale de l'enveloppe et de la conception des bâtiments et au déploiement de systèmes performants. La recherche d'un meilleur équilibre des énergies et d'un accroissement de la part des énergies renouvelables dans le bilan énergétique des bâtiments peut être amélioré. Par ailleurs, les exigences sur le bâti ne doivent pas être dégradées.

Depuis 2012, apparaissent plus fortement les notions de confort (et notamment de confort d'été), de santé et de bien-être, qui méritent d'être davantage encore prises en compte, en lien avec la redéfinition d'une exigence plus ambitieuse sur l'indicateur de besoins bioclimatiques.

Pour la prochaine réglementation, la mission considère comme essentiel de bien définir les objectifs et les trajectoires. En effet, la sophistication des méthodes sur le plan énergétique, la recherche de performance énergétique de plus en plus grande avec des biais qui apparaissent et l'apparition nouvelle d'un critère sur le carbone méritent d'être évaluées posément à l'appui de l'expérimentation E+C- actuellement en cours, avant d'être traduites sous forme réglementaire ou incitative.


La mission recommande de prendre le temps de l'expérimentation actuelle et de son bilan avant d'adopter la prochaine réglementation et de définir un calendrier d'élaboration de la réglementation en conséquence afin qu'elle soit applicable et appliquée au mieux par les acteurs de la construction et les utilisateurs. Il semble d'autant plus essentiel de prendre le temps que, pour les pouvoirs publics et les acteurs, l'approche comporte d'autres dimensions que technique et réglementaire, qui nécessitent études approfondies et temps de concertation. Ce sont les prochaines générations qui bénéficieront des avancées auxquelles conduira cette réglementation en visant à la réalisation de bâtiments à énergie positive (BEPOS) avec une enveloppe durable et un développement de l'autoconsommation. Le jeu en vaut la chandelle !

Anne Florette



Ingénieur en chef
des ponts, des eaux
et des forêts

**Michel Jean-
François**



Ingénieur général
des ponts, des eaux
et des forêts

Mireille Campana



Ingénieur général
des Mines

Didier Pillet



Ingénieur en chef
des Mines

Annexes

1. Lettre de mission



*La ministre de l'Environnement,
de l'Énergie et de la Mer
en charge des Relations internationales
sur le climat*

*Le ministre du Logement et
de l'Habitat Durable*

COURRIER ARRIVÉE
23 MARS 2017
126/2017
→ Bureau du
CGEDD.
Anne-Marie LEVRAUT

Paris, le 13 mars 2017

Madame la Vice-Présidente
du conseil général de l'environnement
et du développement durable,

Monsieur le Vice-Président
du conseil général de l'économie

**Objet : Evaluation de la Réglementation Thermique (RT) 2012 dans les
bâtiments neufs, dans la perspective d'une Réglementation
Environnementale 2018**

La loi du 18 août 2015 relative à la transition énergétique pour la croissance verte prévoit l'élaboration d'une nouvelle réglementation environnementale pour les bâtiments neufs à l'horizon 2018, dans la poursuite de la réglementation thermique de 2012 avec l'ajout d'une composante environnementale.

Compte-tenu des différents volets qu'elle comprend, nous souhaitons qu'une mission d'évaluation de la RT 2012 et de recommandations pour la RE 2018 soit réalisée conjointement par le Conseil Général de l'Environnement et du développement durable et le Conseil Général de l'Économie.

Les Conseils généraux apporteront leur éclairage à la démarche d'élaboration de cette nouvelle réglementation environnementale à partir d'une évaluation de la réglementation en vigueur et des actions de préfiguration de la future réglementation.

L'enjeu est d'accompagner au mieux les travaux qui sont menés depuis plus d'un an par la direction de l'habitat, de l'urbanisme et des paysages en collaboration avec les professionnels.

Dans un premier temps, sera évaluée la démarche d'élaboration de la réglementation thermique de 2012 ainsi que son appropriation aujourd'hui par les maîtres d'ouvrage, les maîtres d'œuvre, les entreprises, d'une part, et, d'autre part, par les utilisateurs. Il sera pertinent de distinguer les logements des bureaux et pour les logements, les maisons individuelles et les immeubles collectifs.

Le but de cette évaluation est d'examiner la situation actuelle trois ans après la mise en place de la RT 2012 afin d'apprécier l'atteinte de ses grands objectifs et, le cas échéant, de faire des recommandations sur la préparation de la prochaine réglementation. Un focus sera fait sur deux points qui ont fait débat en 2012 : l'équilibre entre les énergies pour le chauffage des logements neufs et le coût de cette réglementation.

Les résultats en matière de qualité de conception et de réalisation, ainsi que de confort d'usage seront également analysés.

A l'issue de cette première étape, vous établirez un rapport dans un délai de quatre mois.

La seconde phase d'analyse sera réalisée à l'horizon de la fin de l'année 2017.

La nouvelle réglementation se situe à l'horizon 2018. Dans la continuité de la RT 2012 en matière d'exigence de performance énergétique et elle comportera également des exigences de performance environnementale, ce qui constitue une nouveauté sur le plan réglementaire.

Les différentes démarches lancées et en particulier les territoires à énergie positive pour la croissance verte ou les labels portés par des associations (BEPOS, Bâtiment Bas Carbone, TEPOS) préfigurent cette recherche de performance environnementale.

A partir de ces démarches et après concertation avec les professionnels, un référentiel de calcul du bâtiment à énergie positive et du bâtiment bas carbone vient d'être établi avec une méthode de calcul et des données associées. A l'occasion des travaux sur la notion d'énergie positive, il est apparu qu'au-delà du bâtiment lui-même, le lien avec son territoire d'implantation et le quartier avoisinant doit être examiné.

Des seuils de performance pour les composantes énergétique et environnementale sont en cours d'identification par la Direction de l'Habitat, de l'Urbanisme et des Paysages.

Une phase d'expérimentation volontaire est en cours de mise en place afin :

- d'évaluer ex-ante l'impact de la future réglementation environnementale ;

- d'identifier les surcoûts induits pour la construction ;
- de partager l'ambition avec les acteurs.

L'arrêté définissant le cadre méthodologique de cette expérimentation ainsi que les niveaux de performance attendus est paru.

Cette expérimentation sera suivie par un Observatoire sous l'égide de la Direction de l'Habitat, de l'Urbanisme et des Paysages.

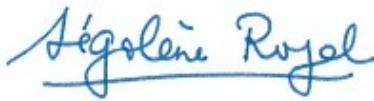
La mission du Conseil Général de l'Environnement et du développement durable et du Conseil Général de l'Économie contribuera à l'évaluation de l'expérimentation en examinant en particulier la capacité des acteurs professionnels à absorber la nouvelle évolution réglementaire prévue en 2018.

Elle proposera des pistes pour passer de l'expérimentation à la réglementation et identifiera points de vigilance et conditions de réussite de la nouvelle réglementation.

La mission analysera la pertinence d'un dispositif ouvert permettant à la société civile de contribuer à l'amélioration en continu du référentiel technique confié au CSTB, à l'image des logiciels libres.

A l'issue de cette deuxième étape, vous établirez un rapport.

Pour mener à bien les deux étapes de son intervention, la mission s'appuiera sur les données disponibles, sur les travaux de la DHUP, sur des entretiens avec les acteurs de la construction et les producteurs d'énergie et sur l'examen de cas concrets.



Ségolène ROYAL



Emmanuelle Cosse

2. Liste des personnes rencontrées

<i>Nom</i>	<i>Prénom</i>	<i>Organisme</i>	<i>Fonction</i>	<i>Date de rencontre</i>
Institutionnels				
GIROMETTI	Laurent	Ministère de l'Environnement, de l'énergie et de la mer DGALN / DHUP	Directeur de l'habitat, de l'urbanisme et des paysages	11/05/2017
ACCHIARDI	Emmanuel	Ministère de l'Environnement, de l'énergie et de la mer DGALN / DHUP / QC	Sous-directeur de la qualité et du développement durable dans la construction	11/05/2017
BORDIER	Romain	Ministère de l'Environnement, de l'énergie et de la mer DGALN / DHUP / QC1	Chef du bureau de la qualité technique et de la réglementation technique de la construction	22/06/2017
THIEBAUT	Alois	Ministère de l'Environnement, de l'énergie et de la mer DGALN / DHUP / QC1	Chef de projet performance environnementale des bâtiments	22/06/2017
GLITA	Marc	Ministère de l'économie et des finances DGE / service de l'industrie	Chef du bureau des industries de l'énergie	26/06/2017
BOLLENOT	Martin	Ministère de l'économie et des finances DGE / service de l'industrie	Chargé de mission au bureau des industries de l'énergie	26/06/2017
SCHWARZ	Virginie	Ministère de l'Environnement, de l'énergie et de la mer DGEC / DE	Directrice de l'énergie	17/07/2017
DUPUIS	Pascal	Ministère de l'Environnement, de l'énergie et de la mer DGEC / SCEE	Chef du service du climat et de l'efficacité énergétique	17/07/2017
CROS	Christine	Ministère de l'Environnement, de l'énergie et de la mer DGEC / DE	Conseillère auprès de la directrice de l'énergie	17/07/2017
GACHON	Charlotte	Ministère de l'Environnement, de l'énergie et de la mer DGEC / SCEE / SD5 / 5CD	Chargée de mission	17/07/2017
PELLETIER	Philippe	Plan bâtiment durable	Président	27/11/2017
GATIER	Jérôme	Plan bâtiment durable	Directeur de la mission plan-bâtiment	27/11/2017
ESTINGOY	Philippe	AQC	Directeur général	31/05/2017
CREPON	Etienne	CSTB	Président	26/06/2017
VISIER	Jean-Christophe	CSTB / département énergie environnement	Directeur énergie environnement	21/06/2017

<i>Nom</i>	<i>Prénom</i>	<i>Organisme</i>	<i>Fonction</i>	<i>Date de rencontre</i>
DEROUINEAU	Stéphanie	CSTB / département énergie environnement	Chef de projet performances en service	21/06/2017
DORÉ	Nicolas	Ademe / direction villes et territoires durables / service bâtiment	Chef adjoint du service bâtiments	30/06/2017
SCHOEFFTER	Marc	Ademe / direction villes et territoires durables / service bâtiment	Ingénieur réglementations thermiques	30/06/2017
MAUGARD	Alain	Qualibat	Président de Qualibat	28/09/2017
DELCAMBRE	Bertrand	Qualitel	Président de Qualitel	09/10/2017
NOSSANT	Patrick	Certivéa	Président de Certivéa	18/10/2017
Énergéticiens et gestionnaires de réseaux				
MILLE	Alain	GRDF / direction du développement	Directeur du développement	31/08/2017
ROULETTE	Olivier	GRDF / direction du développement	Délégué marketing stratégique	31/08/2017
DE SINGLY	Bertrand	GRDF / direction du développement	Délégué marketing stratégique	31/08/2017
SÉJOURNÉ	Jean-Baptiste	Engie / secrétariat général	Directeur de la régulation	22/06/2017
HENNIG	Patrice	Engie S.A.	Directeur adjoint des relations externes	22/06/2017
BUSSIERAS	Marc	EDF / direction innovation stratégie programmation	Directeur stratégie groupe	29/06/2017
DEGAND	Chantal	EDF / direction stratégie commerce	Chef du département étude des modèles émergents	29/06/2017
MERLEY	Jacques	EDF / direction stratégie groupe	Chef du pôle appui stratégie métier aval	29/06/2017
GALLAND	Jean-Baptiste	Enedis / direction stratégie	Directeur stratégie	11/09/2017
LIMINIANA	Patrick	Enedis / direction stratégie	Chargé de mission stratégie	11/09/2017
DISPOT	François	Enedis / direction technique / département politiques et stratégie	Chef du service études stratégiques Pôle patrimoine et infrastructures	11/09/2017
MOULET	Sylvie	EDF / R&D	Directeur des programmes de recherche	15/12/2017
CHATAGNON	Nadège	EDF / R&D	Département recherche Les Renardières	15/12/2017

Nom	Prénom	Organisme	Fonction	Date de rencontre
Plateformes recherche promotion				
AURIAULT	Jean-Pierre	Ifpeb	Président	04/09/2017
BOREL	Cédric	Ifpeb	Directeur	04/09/2017
SCHEFFER	Olivier	Inef4 Nobatek	Directeur général	06/09/2017
LOPEZ	Jérôme	Inef4 Nobatek	Responsable pôle expertise et recherche énergie et environnement pour les maîtres d'ouvrage	06/09/2017
BEAUMONT	Cédric	Costic	Directeur technique	14/11/2017
HEUZÉ	Loic	Promodul	Co-délégué général	17/05/2017 21/11/2017
BUCHOU	Jean-Luc	Promodul	Directeur technique	17/05/2017
AULAGNE	Bernard	Coénove	Président de Coénove	21/09/2017
HAIM	Philippe	Coénove	Président du comité scientifique et technique	21/09/2017
DESMOULINS	Dominique	Promotelec	Directeur général	20/11/2017
CHARBONNIER	Sylvie	Collectif isolons la terre contre le CO ₂	Porte-parole du collectif, directrice au pôle produits de construction France Saint Gobain	05/02/18
SERVANT	Olivier	Collectif isolons la terre contre le CO ₂	Directeur de la promotion nationale Isover	05/02/2018
Organisations professionnelles				
DENISART	Frédéric	CNOA	Vice-président	16/11/2017
LUTARD	Stéphane	CNOA	Chargé de mission transition énergétique et maquette numérique	16/11/2017
JARLETON	Michel	UNSF	Architecte, délégué à la formation	18/10/2017
ZIMMERMANN	Anne	Syntec ingénierie	Déléguée construction	08/11/2017
BUSSOLINO	Eric	Syntec ingénierie	Directeur chez AIA studio environnement	08/11/2017
HEINRY	David	Syntec ingénierie	Responsable technique chez Agi2D	08/11/2017
ZIMMERMANN	Anne	Syntec ingénierie	Déléguée construction	08/11/2017
TCHANG	Nathalie	Cinov	Directrice & associée bureau d'études Tribu	25/10/2017

<i>Nom</i>	<i>Prénom</i>	<i>Organisme</i>	<i>Fonction</i>	<i>Date de rencontre</i>
			Energie	
TEISSIER	Sylvain	Untec	Vice-président R&D et formation continue	05/10/2017
ESPARBES	Pierre	FFA	Comité construction Groupe SMA, directeur général délégué	24/11/2017
ROUQUE	Alexis	FPI	Délégué général	02/10/2017
GIBON	Philip	FPI	Directeur technique	02/10/2017
BOUCAUX	Christophe	USH	Directeur de la maîtrise d'ouvrage et des politiques patrimoniales	27/10/2017
FRICK	Pierre	USH	Adjoint au directeur de la maîtrise d'ouvrage et des politiques patrimoniales	27/10/2017
DURAND	Eric	FFB	Directeur des affaires techniques	02/10/2017
GIMOND	Thibaud	FFB	Ingénieur au service énergie environnement	02/10/2017
DUPERRET	Dominique	LCA-FFB	Délégué général	28/06/2017
BARREAU	Jean-Jacques		Consultant technique pour LCA-FFB	28/06/2017
BASILI	Sabine	Capeb	Vice-présidente de la Capeb, présidente de la commission nationale des affaires économiques	14/11/2017
MORALES	David	Capeb	Président de l'union nationale artisanale métiers et techniques du plâtre et de l'isolation	14/11/2017
NAVES	Hervé	Capeb	Chargé de mission pôle technique et professionnel	14/11/2017
VÉRITÉ	Hugues	AIMCC	Délégué général	31/01/2018
DUCROQUETZ	Céline	AIMCC	Présidente commission énergie confort	31/01/2018
CHARBONNIER	Sylvie	AIMCC	Directrice au pôle produits de construction France Saint Gobain	31/01/2018
MONIER	Florence	FIEEC	Directrice du service énergie environnement	21/11/2017
OUVRARD	Dominique	Syndicat de l'éclairage	Délégué général adjoint	21/11/2017
MICHEL	Valérie	Ignes	Responsable efficacité énergétique et bâtiment	21/11/2017

Nom	Prénom	Organisme	Fonction	Date de rencontre
			durable	
OUIN	Jean-Paul	Uniclimate	Délégué général	21/11/2017
VALLET	Antoine	Serco	Chargé de mission en efficacité énergétique et relations institutionnelles	21/11/2017
LE DEVEHAT	Patrick	Gifam	Directeur technique	21/11/2017
TROCHU	Florent	ACR	Délégué général	21/11/2017
NILLE	Thierry	Afpac	Président	08/11/2017
LAPLAGNE	Valérie	Afpac	Vice-présidente	08/11/2017
CHARNEY	Gérard	Afpac	Secrétaire général	08/11/2017
Professionnels, industriels				
BRISEPIERRE	Gaëtan	Bureau d'études sociologiques GBS	Sociologue indépendant	11/10/2017
POUGET	André	POUGET Consultants, bureau d'études thermiques	Ingénieur gérant	30/08/2017
DUBOUIS	Sylvie	Maisons Arlogis (constructeur de maisons individuelles)	Directrice	11/10/2017
GOUJON	Alain	nexity	Directeur général direction de l'ingénierie	01/02/2018
NORMANT	Emmanuel	Saint-Gobain	Directeur du développement durable	23/01/2018
BONAMY	Julie	Saint-Gobain	Directrice de la stratégie et du plan	23/01/2018
DE TORQUAT	Luc	Groupe Atlantic	Adjoint au directeur des affaires publiques	18/10/2017 21/11/2017
D'ANDON	Yves	Groupe Atlantic	Directeur du marketing stratégique	18/10/2017

3. La politique énergétique, la politique de la construction et les réglementations thermiques en France depuis 45 ans

En 2012, les bâtiments construits avec une réglementation thermique représentent 39,3 % des logements existants en France.¹⁰⁵

Avant la réglementation thermique de 2012 (RT 2012) l'histoire est déjà longue. La mission a jugé utile de la retracer pour mettre en perspective la RT 2012 dans le contexte de la politique énergétique et de la politique de la construction des 45 dernières années ainsi que dans la succession des différents labels et réglementations thermiques qui en a découlé.

En France, le bâtiment s'est inscrit depuis le début du 20^e siècle dans un mouvement de progrès et de modernité s'appuyant sur des principes d'hygiénisme et de confort. De plus, après la deuxième guerre mondiale, la politique de reconstruction massive a fait progresser l'industrie du bâtiment avec le développement de procédés constructifs économiques et rapides à mettre en œuvre.

A partir des années 70, la politique de la construction s'est davantage orientée vers des démarches d'innovation avec la création du Plan Construction en 1971 et le lancement de Réalisations EXpérimentales (REX) dont certaines ayant trait à l'énergie et notamment à l'énergie solaire et aux pompes à chaleur.

A la même époque, la qualité technique des constructions a été largement favorisée grâce à l'impulsion d'EDF qui, dès 1971, a fortement promu un bâti de qualité, avec une isolation du bâtiment associée au Chauffage Électrique Intégré.

3.1 Les chocs pétroliers de 73 et 79, la mobilisation nationale et les réglementations thermiques de 1974, 1982 et 1988

Le **6 octobre 1973** a eu lieu le premier choc pétrolier : il s'est traduit par un quadruplement des prix du baril de pétrole. Les responsables politiques français ont alors pris conscience brutalement de la dépendance pétrolière de la France qui pouvait faire craindre une pénurie d'énergie, considérée alors comme inacceptable. Ils ont également constaté le déséquilibre immédiat de la balance des paiements de la France du fait de l'augmentation soudaine de sa facture énergétique.

La réponse de l'État français a été extrêmement rapide et double : un programme accéléré de construction de réacteurs nucléaires par EDF, le plan Messmer, a été adopté en **mars 1974**. Mais il ne pouvait produire d'effets que sur le long terme. Pour renforcer à court et moyen terme la position politique et économique de la France, il a donc été décidé de lancer en parallèle un programme d'actions en faveur des économies d'énergie et un programme de recherche sur l'énergie solaire.

Pour favoriser les économies d'énergie dans le bâtiment, premier secteur de consommation et considéré comme celui ayant les plus grandes marges de progression, le gouvernement a décidé d'agir sur deux plans avec d'une part des actions incitatives et d'autre part des obligations réglementaires.

Cela a toujours été une démarche constante sur ce sujet.

L'Agence pour les Économies d'énergie a été créée en **novembre 1974** avec dans ses missions ce que l'on pourrait appeler une communication-action, inédite à l'époque

¹⁰⁵ *Les ménages et la consommation d'énergie*, MTES - 2017, page 41.

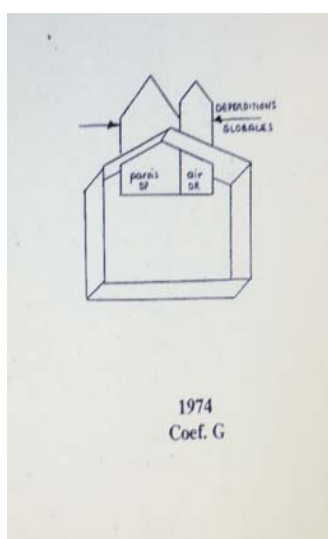
pour les pouvoirs publics. Elle devait sensibiliser l'opinion publique et inciter au changement de comportement, identifié comme ayant un impact significatif sur les consommations d'énergie. Cela s'est traduit par la campagne de communication très médiatique de l'« antigaspi » fondée sur les principes d'une campagne publicitaire de vente d'un produit commercial, avec la formule « en France, on n'a pas de pétrole mais on a des idées ». Ne voulant pas inquiéter au-delà du choc de la crise pétrolière, elle n'évoquait ni restrictions, ni l'importance de penser aux générations futures mais s'appuyait sur des enjeux économiques et un certain patriotisme en promettant qu'il était possible de consommer moins et mieux.

Cette action n'incitait pas en tant que telle à des choix d'énergie. En revanche, la crainte forte de manquer de pétrole a eu un impact sur le comportement des usagers et les a conduits à profiter d'opportunités pour changer d'énergie de chauffage lorsqu'ils étaient chauffés au fuel.

Le **10 avril 1974**, la première réglementation thermique a été instaurée dans l'habitat neuf par un décret¹⁰⁶ et un arrêté. L'objectif était de limiter les déperditions de chauffage à travers les parois.

Elle a introduit deux coefficients : K pour mesurer la transmission de chaleur par les parois et G.

Ce coefficient G mesure la puissance de chauffage nécessaire par unité de volume pour compenser une différence de un degré entre les températures intérieure et extérieure. Il s'exprime en $W/m^3 \cdot ^\circ C$ et traduit les déperditions thermiques du logement liées aux parois et au renouvellement d'air. Plus la valeur du coefficient G est petite, meilleure sera la performance énergétique du bâtiment.



Source : André Pouget - 1999

L'arrêté du 10 avril 1974 a défini pour ce coefficient G des niveaux d'exigence indépendants du type d'énergie et fixés pour 7 classes de logements et selon 3 zones climatiques, elles-mêmes établies selon le critère de la température extérieure. L'objectif était de renforcer ainsi l'isolation des bâtiments.

¹⁰⁶ Décret n°74 – 306 du 10 avril 1974 – Journal officiel du 18 avril 1974.

L'application s'est faite en deux temps, le 1^{er} mai 1974 puis le 1^{er} juillet 1975, correspondant à deux paliers d'exigences. Puis, par arrêté du 13 juillet 1977, des exigences renforcées ont été définies en cas de chauffage électrique. Elles correspondaient aux recommandations relatives à l'isolation des bâtiments qu'EDF avait largement diffusées depuis 1971 avec son Chauffage Électrique Intégré.

Par ailleurs, une exigence de moyens était définie : le décret du 10 avril 1974 rendait obligatoire la mise en place d'un système de réglage automatique des installations de chauffage, sachant que depuis 1969, une exigence de confort était définie avec l'obligation d'une installation de chauffage devant permettre d'atteindre au moins 18°C au centre des pièces,

L'objectif était que les logements consomment 225 kWh/m².an à comparer à la consommation de 300 kWh/m².an estimée avant la réglementation de 1974.

Par arrêté du **12 mars 1976**, la première réglementation thermique pour les bâtiments à usage autres que d'habitation a été instaurée avec un coefficient G1 correspondant aux déperditions d'un local chauffé par toutes ses parois et une limitation des taux de renouvellement d'air en fonction de l'utilisation du bâtiment.

Ces premiers textes réglementaires ont inauguré la série de réglementations techniques successives dans les bâtiments neufs visant à en accroître la qualité et la sécurité - protection acoustique, protection contre le risque d'incendie, accessibilité... - et qui a été traduite à partir de 1978 à travers le Code de la Construction et de l'Habitation.

Parallèlement, à partir de la fin des années 1970, l'habitat social avec ses grands ensembles construits rapidement après guerre a commencé à montrer des signes d'obsolescence de son bâti et de graves difficultés sociales dans son peuplement. Un dispositif financier important de rénovation a été mis en place avec la subvention PALULOS pour inciter en particulier à la qualité énergétique de ces bâtiments et au développement de leur isolation lors des travaux de rénovation.

En **avril 1979**, le deuxième choc pétrolier, avec une augmentation du prix du baril de 13 dollars en 1978 à 32 dollars en 1980, a fait resurgir la crainte de la pénurie de pétrole. Le programme électro nucléaire a alors été confirmé puis reconfirmé en 1981 par le gouvernement suivant. Il a été assorti d'un renforcement du programme d'efficacité énergétique, orienté vers l'utilisation rationnelle de l'énergie et le développement des énergies renouvelables, avec l'enjeu de réduire la consommation de pétrole. Il a généré une deuxième étape de la politique énergétique dans les bâtiments avec de nouveau des actions incitatives et une réglementation thermique, mais cette-fois-ci précédée d'une phase de préparation sous forme d'un label.

Le label Haute Isolation a ainsi été mis en place par arrêté du **10 juin 1980** pour les logements neufs, visant à réduire de 20 à 25 % la consommation énergétique par rapport à la réglementation en vigueur grâce à un niveau d'exigence renforcé du coefficient G. En 3 ans, 140 000 logements répondront à ce label. Le programme de recherche développement du Plan Construction, H2E85, Habitat économe en énergie à l'horizon 85, mis en place à la même époque, visait à une réduction de 50 % de la consommation d'énergie à l'horizon de 1985.

En ce qui concerne les logements existants, les aides financières ont été renforcées en 1981 : concernant la PALULOS pour les logements sociaux, le taux de subvention a été augmenté par rapport aux autres travaux pour passer de 30 à 40 %, une aide fiscale renforcée a été mise en place en 1981 sous forme de crédit d'impôt pour les propriétaires privés et l'ANAH a accordé des subventions pour les travaux d'économies d'énergie aux propriétaires bailleurs et locataires de logements privés.

En **1982**, l'Agence Française pour la Maîtrise de l'Énergie (AFME) a été créée par regroupement de l'AEE, du Commissariat à l'énergie solaire créé en 1978 et de Biochaleur. L'évolution de la dénomination « économies d'énergie » vers la dénomination « maîtrise de l'énergie » correspondait à la prise de conscience qu'il ne serait pas possible d'envisager une croissance continue de la demande énergétique.

L'AFME a poursuivi les actions de communication, en dépassant la notion de gaspillage pour aller vers la notion de maîtrise des consommations et en se rapprochant des consommateurs grâce à la mise en place de délégations régionales. Elle a également porté des programmes de recherche-développement d'efficacité énergétique et d'énergies renouvelables ainsi que des financements pour les bâtiments existants : une subvention du diagnostic thermique dans l'habitat, le tertiaire et l'industrie à hauteur de 70 %, et le Fonds Spécial Grands Travaux pour financer des travaux d'économie d'énergie dans les bâtiments.

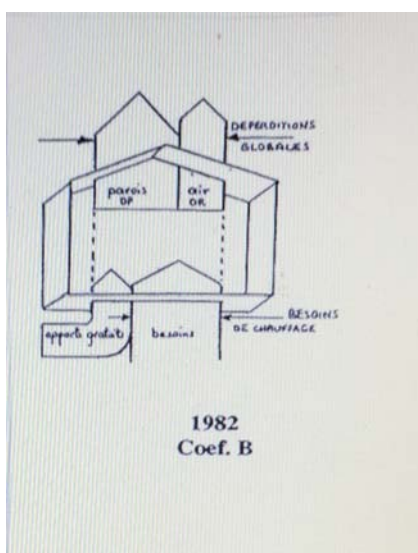
Parallèlement à ces actions incitatives, la deuxième réglementation thermique a été instaurée dans l'habitat neuf par **décret¹⁰⁷ et arrêté du 24 mars 1982 relatif aux équipements et aux caractéristiques thermiques des logements**. L'objectif était de limiter les besoins de chauffage.

Elle s'est appuyée sur les résultats du label Haute Isolation pour fixer un seuil d'exigence d'isolation équivalent à celui du label et inférieur de 20 à 25 % à la réglementation précédente.

De plus, à partir des résultats du concours « 5 000 maisons solaires », elle a valorisé les apports solaires gratuits dans le bilan énergétique du bâtiment grâce à un nouveau coefficient B traduisant les besoins de chauffage.

Ce coefficient prend en considération les déperditions par transmission à travers les parois et le renouvellement d'air mais aussi les apports de chaleur dus à l'occupation et au rayonnement solaire. La formule de calcul est la suivante : $B = G - \text{apports internes et solaires}$.

Les apports internes sont forfaitisés. En revanche, les apports solaires sont calculés au cas par cas ; ils dépendent des surfaces vitrées et de l'ensoleillement.



Source : André Pouget – 1999

¹⁰⁷ Décret n°82 – 269 du 24 mars 1982 – Journal officiel du 27 mars 1982.

Tout comme le coefficient G de la RT 1974, le coefficient B s'exprime en $W/m^3 \cdot ^\circ C$.

Les nouvelles constructions ne devaient pas dépasser une certaine valeur du coefficient B et une certaine valeur du coefficient G, avec la faculté dans certains cas de se limiter au seul respect d'un seuil du coefficient G. L'objectif visé était, en sus d'une isolation meilleure du bâtiment, la recherche d'une architecture bioclimatique.

Ces valeurs étaient plus contraignantes en cas de chauffage électrique que pour les autres énergies au motif que, le prix de l'électricité étant plus élevé que celui des autres énergies, l'isolation des logements chauffés à l'électricité devait être plus élevée pour assurer un coût global équivalent aux utilisateurs.

Elles étaient fixées pour 10 classes de logements et selon 3 zones climatiques, elles-mêmes établies selon le critère de la température extérieure et de l'ensoleillement.

L'objectif était une consommation annuelle moyenne des logements de 170 kWh/m².an.

Les premières méthodes de calcul informatiques de simulation et de conception du coefficient B sont apparues : six d'entre elles ont été agréées par l'arrêté du 24 septembre 1982 pour le calcul réglementaire de ce coefficient B, puis trois autres, le 28 décembre 1984.

Le **24 mars 1982** est paru également un arrêté relatif à l'aération des logements, complété par l'arrêté du 28 octobre 1983 pour les systèmes de ventilation hygroréglables. Il a fixé des exigences de débit minimum d'air extrait dans les pièces humides selon les techniques de ventilation utilisées. Les seuils n'ont pas été revus depuis.

L'étape suivante a été immédiatement initiée pour préparer la prochaine réglementation annoncée pour 1985.

Par arrêté du **5 juillet 1983**, le lancement des labels Haute Performance Énergétique (HPE) et des labels Solaires (LS), propose quatre niveaux de performances, de une à quatre étoiles, pour le label HPE et deux niveaux d'étoiles pour le label solaire, pour promouvoir les efforts d'amélioration des isolations et des équipements de ventilation, de chauffage ou de production d'eau chaude sanitaire, dans le secteur résidentiel.

Par **décret¹⁰⁸ et arrêté du 5 avril 1988** a été publiée la troisième réglementation thermique (RT 88). L'objectif était de limiter la consommation d'énergie dans les bâtiments résidentiels.

Sur la base du programme H2E85 du Plan construction et des résultats du label HPE, cette nouvelle RT a marqué un tournant. Elle visait un optimum économique du coût global en laissant le choix de la technologie la moins onéreuse pour atteindre l'objectif fixé : il était possible d'arbitrer entre l'installation d'équipements bénéficiant de bons rendements ou une isolation renforcée.

Dans les faits, elle a introduit un nouveau coefficient C qui permettait un calcul théorique de la performance énergétique du logement basé sur l'ensemble des besoins de chauffage et d'eau chaude sanitaire (ECS) en tenant compte des rendements des équipements.

Le coefficient **C** était exprimé en **UEE unités énergétiques équivalentes**, qui permettaient de comparer les quatre consommations composant le coefficient **C**, quel que soit leur type d'énergie spécifique, à savoir :

¹⁰⁸ Décret n° 88 – 319 du 5 avril 1988 – Journal officiel du 8 avril 1988.

Cch : consommation énergétique annuelle pour le chauffage en kWh

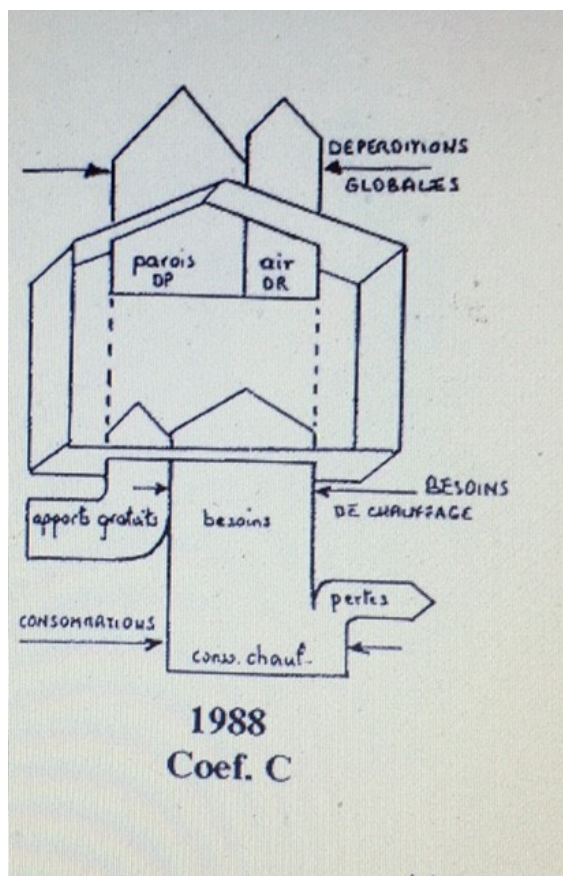
Cec : consommation énergétique annuelle pour l'eau chaude sanitaire en kWh

Cax : consommation annuelle des auxiliaires (*pompes, ventilateurs...*) en kWh

laur : incidence des autres usages et redevances (*abonnements EDF/GDF...*)

Les trois consommations étaient transformées en **UEE** par trois coefficients d'équivalence **cech, ceec, ceax**¹⁰⁹ :

$$C = Cch.cECH + Cec.ceec + Cax.ceax + laur$$



Source : *andré Pouget* – 1999

Ce coefficient C comme « consommations » a été calé au niveau du label HPE 2 étoiles qui visait uniquement les logements mais qui s'est appliqué dans la RT88 aussi bien aux logements qu'au secteur tertiaire avec un niveau de performance énergétique de 25 % supérieur à celui issu de la RT 82. Les labels HPE 3 et 4 étoiles ont subsisté pour les logements à côté de la RT 88.

Cette réglementation prévoyait pour son respect **quatre options possibles**, chacune répondant à l'objectif global de 25 % d'économie en chauffage et eau chaude sanitaire

¹⁰⁹ La valeur du Ce pour un kWh donné est égale au coût de celui-ci, divisé par le coût d'un kWh fictif, qui a été choisi égal à la moyenne arithmétique des coûts du kWh électrique au tarif bleu, respectivement d'heures pleines et d'heures creuses. De plus, les calculs ont été faits à partir des coûts moyens sur la période allant du 1^{er} juillet 1983 au 31 décembre 1986.

par rapport à 1982 et qui étaient fondées, pour trois d'entre elles, sur la notion de comparaison à une valeur de référence :

- Option 1 : **Solutions Techniques** sans calculs.
- Option 2 : **Coefficient GV** inférieur à une valeur de référence propre au logement et **équipements** conformes à des équipements de référence ou bien avec des performances au moins équivalentes.
- Option 3 : **Coefficient BV** inférieur à une valeur de référence propre au logement, et **équipements** conformes à des équipements de référence avec un garde-fou sur le coefficient GV qui doit être inférieur à 1,15 GV.
- Option 4 : **Coefficient C** inférieur à une valeur de référence propre au logement avec un garde-fou sur le coefficient GV qui doit être inférieur à 1,20 GV.

L'objectif était ainsi d'inciter à une bonne isolation, une architecture bioclimatique et une bonne performance des équipements tout en laissant le choix de pondérer les moyens d'y parvenir.

Comme pour les réglementations précédentes et sur le fondement d'une étude de coût global, les obligations réglementaires étaient différentes en cas de chauffage électrique et pour les autres énergies. Elles étaient fixées pour deux classes de logements et selon les mêmes trois zones climatiques qu'en 1982.

Les exigences précédentes de confort et d'économie étaient maintenues : l'installation de chauffage devait permettre d'atteindre au moins 18°C de température résultante sèche au centre des pièces, et des dispositifs de réglage automatique devaient permettre de réduire cette température le cas échéant, par exemple la nuit et en cas d'inoccupation des locaux.

Par arrêté du **13 avril 1988**, la réglementation thermique a été renforcée pour le secteur tertiaire : le coefficient G1 subsiste avec des exigences complémentaires sur la régulation, la programmation, la ventilation, la climatisation et le comptage énergétique.

3.2 À partir de 1985, après des évolutions nationales, européennes et mondiales parfois en contradiction, une poursuite de l'amélioration de la performance énergétique qui a abouti aux RT 2000 et 2005

3.2.1 Les évolutions nationales, européennes et mondiales

Au plan national, la progression de la demande d'électricité s'est avérée moindre que prévu : 300TWh en 1990 au lieu des 410 TWh projetés en 1977. La priorité accordée aux économies d'électricité, y compris dans ses usages captifs, a commencé à être remise en cause et la promotion des énergies renouvelables électrique s'est affaiblie dans un contexte de surplus de production d'électricité. En 1986, la centrale Themis a été abandonnée, même si, en tant que premier démonstrateur de taille industrielle de production d'électricité à partir du soleil et référence mondiale, elle a donné lieu à des développements dans d'autres pays.

Cette évolution s'est inscrite dans un contexte plus général de forte réduction de la demande d'énergie par rapport aux prévisions : en France, en 1985, 177 millions de tonnes équivalent pétrole ont effectivement été consommés en énergie finale alors que

la prévision faite en 1973 pour 1985 s'élevait à 284 millions. Cet écart s'est expliqué pour partie par la plus faible croissance économique que prévue mais aussi par la sous-estimation des progrès techniques dans les consommations unitaires.

En 1986 a eu lieu un contre-choc pétrolier du fait de cette moindre croissance de la consommation mondiale d'énergie, mais aussi grâce au développement des ressources et de l'offre de pétrole en dehors des pays membres de l'Organisation des Pays Exportateurs (OPEP). Le prix du baril est ainsi passé de 25 dollars à la fin de 1985 à 10 dollars au milieu de l'année 1986. Au plan mondial, cette situation géopolitique a conduit à ne plus placer l'énergie comme un enjeu d'indépendance nationale et elle s'est conjuguée avec une vague de libéralisme, qui en France s'est traduite par une réduction des moyens de l'AFME.

Au même moment, en 1986, la catastrophe de Tchernobyl a eu un impact mondial sur les opinions publiques en matière d'énergie nucléaire. Mais la France qui avait investi massivement dans son parc électro nucléaire n'a pas remis en cause son choix, même si elle se retrouvait alors avec une perspective de surcapacité de production par rapport à l'évolution constatée de la demande d'électricité dont la courbe d'évolution continuait à s'écarter de celle de la croissance économique.

À partir de 1986, la politique européenne de libéralisation des secteurs de l'électricité et du gaz a conduit à la promotion de la concurrence en matière de production et de fourniture de gaz et d'électricité. Pendant les années 1990 et 2000, l'effet en a été une concurrence sur les prix pour les clients, ce qui a accentué le passage au second plan des enjeux de maîtrise de l'énergie.

Parallèlement, le Ministère en charge de la construction affichait l'objectif de ne pas augmenter les coûts de construction dans un contexte de crise immobilière, ce qui le conduisait à ne pas œuvrer en faveur d'actions réglementaires susceptibles d'en créer et à ne plus privilégier l'approche en coût économique global de la RT 1988. Sa seule exception a été une réglementation de 1994 visant à améliorer la performance acoustique des produits et des ouvrages.

Ces éléments ont conduit à une vision à court terme en France, les aspects financiers l'emportant, même si en 1996, une évaluation de la politique française de l'énergie¹¹⁰ a confirmé la nécessité de maintenir une politique de l'énergie, indépendamment de la fluctuation des cours sur les marchés énergétiques.

Dans les années 1990 ont émergé en France les problématiques environnementales avec une attention particulière portée à la gestion des déchets et à la pollution de l'air. L'Agence de l'Environnement de la Maîtrise de l'Énergie (ADEME) a ainsi été créée par la loi du 19 décembre 1990 grâce à la fusion de 3 agences préexistantes dans le domaine de l'énergie et de l'environnement : l'AFME, l'Agence pour la qualité de l'air et l'Agence pour la récupération et l'élimination des déchets. L'AFME apportait sa capacité d'expertise et ses délégations régionales au service de la politique de gestion des déchets. Les préoccupations énergétiques ont ainsi été maintenues en étant englobées dans des préoccupations environnementales plus larges. L'ADEME a renoué avec une politique de communication et d'information auprès du grand public en s'employant à faire le lien entre les enjeux climatiques et les économies à réaliser dans la facture de l'énergie.

Mais, contrairement aux chocs pétroliers provoqués dans les années 1970 par des conditions géopolitiques qui avaient alors conduit à une mobilisation nationale, les enjeux environnementaux sont clivants au sein de la société parce qu'ils mettent en cause des intérêts industriels et des comportements individuels. De plus, ils peuvent

¹¹⁰ *La maîtrise de l'énergie, rapport de l'instance d'évaluation de la politique de maîtrise de l'énergie*, Commissariat général au Plan, Paris, La Documentation française, 1996

être en contradiction avec la recherche d'économies d'énergie, leur traitement pouvant conduire à des consommations d'énergie supplémentaires. La politique de la maîtrise de l'énergie s'est trouvée ainsi affaiblie et est devenue une priorité secondaire au service de la politique environnementale.

Ce qui a fait resurgir la maîtrise de l'énergie comme priorité a été la prise de conscience du réchauffement climatique avec le rôle du CO₂ dans le processus d'accroissement de l'effet de serre. Le sommet de Rio en 1992 puis le protocole de Kyoto en 1997 ont été les déclenchements de la popularisation mondiale des enjeux climatiques.

3.2.2 La RT 2000

Suite aux engagements de la France dans ces accords de Kyoto, **le décret du 29 novembre 2000¹¹¹ et l'arrêté du 29 novembre 2000 relatifs aux caractéristiques thermiques des bâtiments neufs et des parties nouvelles de bâtiments ont** constitué la quatrième réglementation thermique. Ses principaux objectifs étaient la réduction des émissions de gaz à effet de serre en limitant les consommations d'énergie, en intégrant des exigences de confort thermique d'été dans l'habitat résidentiel et tertiaire, ainsi que d'éclairage dans le tertiaire.

C'est la première réglementation à avoir fixé un critère de consommation en énergie primaire.

Cette nouvelle réglementation thermique s'adressait aux constructions neuves résidentielles et tertiaires et visait à diminuer de 20 % les consommations d'énergie dans le résidentiel et de 40 % dans le tertiaire par rapport à la RT 88.

Deux coefficients ont été définis.

Le coefficient C décrit la consommation conventionnelle d'énergie d'un bâtiment pour le chauffage, la ventilation, la climatisation, la production d'eau chaude sanitaire et, pour certains bâtiments, l'éclairage.

Ce coefficient est calculé annuellement en adoptant des données climatiques conventionnelles pour chaque zone H1, H2 et H3, et en cumulant les quantités d'énergie consommées. Comme indiqué ci-avant, il est exprimé en kWh d'énergie primaire, ce qui est une nouveauté par rapport à la RT 1988 dans laquelle le coefficient C était exprimé en unités d'énergie équivalentes qui traduisaient une notion de coût global.

La température Tic est la température intérieure conventionnelle atteinte en été par un bâtiment non climatisé. Elle est égale à la valeur maximale de la moyenne sur trois heures consécutives de la température opérative (ou température résultante sèche)¹¹². Elle est calculée en adoptant des données climatiques conventionnelles pour chaque zone climatique d'été.

Pour satisfaire à la RT 2000, trois conditions devaient être respectées, une concernant les économies d'énergie, une le confort d'été et la dernière constituant un garde-fous :

- Le coefficient C du bâtiment devait être inférieur ou égal au coefficient C de référence, Cref, avec des seuils différents pour le chauffage électrique et les autres types de chauffage.

¹¹¹ Décret n° 2000 – 1153 du 29 novembre 2000 – Journal officiel du 30 novembre 2000.

¹¹² cf. norme NF EN ISO 7726.

- Dans le cas d'un bâtiment non climatisé, la température Tic devait être inférieure ou égale à la température intérieure conventionnelle de référence, Ticref.
- Les caractéristiques de l'isolation thermique des parois, des baies, des équipements de chauffage, de ventilation, d'eau chaude sanitaire, de climatisation, d'éclairage et des protections solaires devaient être au moins égales aux caractéristiques thermiques minimales.

En remplacement des coefficients GV et G1, la RT 2000 a introduit le coefficient Ubat qui est le coefficient de transmission surfacique moyen de l'enveloppe séparant l'intérieur du bâtiment de l'extérieur, d'un local non chauffé ou du sol. Ubat intègre les ponts thermiques et tient compte des pertes vers les locaux non chauffés, en revanche, il ne prend pas en compte les pertes thermiques dues à la ventilation et aux infiltrations.

La réglementation incitait à bien traiter les ponts thermiques qui pouvaient représenter jusqu'à 40 % des pertes de chaleur par les parois.

De plus, selon le décret du 29 novembre 2000 :

- les équipements de chauffage devaient permettre de maintenir à 18°C la température au centre des pièces. Ils comportaient des dispositifs de réglage automatique du chauffage qui permettent notamment à l'occupant d'obtenir une température inférieure à 18°C.
- les immeubles devaient être construits et aménagés de telle sorte qu'un changement ultérieur de système de chauffage utilisant une autre énergie que celle d'origine soit réalisable sans intervention lourde sur les structures du bâtiment. Cette clause vise notamment l'installation d'un conduit de fumées dans les maisons individuelles chauffées à l'électricité et la réservation des espaces nécessaires à l'installation d'un chauffage collectif dans la construction d'immeubles collectifs.

3.2.3 La RT 2005

Les accords de Kyoto de 1997 prévoyaient un renforcement des exigences thermiques tous les 5 ans. Le Plan Climat de 2004, qui décrivait entre autres les mesures transposant la directive européenne du 16 décembre 2002 traitant de la performance énergétique des bâtiments, spécifie clairement les objectifs de la réglementation thermique suivante pour les constructions neuves.

Définie **par décret du 24 mai 2006¹¹³ et par arrêté du 24 mai 2006**, la Réglementation Thermique de 2005, applicable au 1^{er} septembre 2006, fait donc suite à celle de 2000 pour le secteur résidentiel et tertiaire en s'inscrivant dans le couplage de plus en plus affirmé au plan mondial entre enjeux énergétiques et enjeux climatiques et en répondant aux trois mêmes objectifs principaux que la RT 2000 : limiter les consommations d'énergie, limiter l'inconfort d'été et assurer le respect d'exigences minimales.

Les exigences de consommation globale ont été renforcées conformément au Plan Climat de 2004 : la RT 2005 visait 15 % d'économies d'énergie supplémentaires par rapport à la RT 2000.

¹¹³ Décret n°2006-592 du 24 mai 2006 – Journal officiel du 25 mai 2006.

Les modalités de calculs sont restées quasi identiques. Les deux coefficients, Cep et Tic sont maintenus. Le coefficient Cep s'exprimait désormais en kWh d'énergie primaire par m² et par an. Le fait de le ramener à la surface unitaire du bâtiment permettait de mieux apprécier la performance énergétique d'un bâtiment et de comparer les bâtiments entre eux.

Pour être conforme à la RT 2005, quatre exigences devaient être respectées, deux concernant les économies d'énergie, une concernant le confort d'été et la dernière constituait un garde-fou :

- Le coefficient Cep du bâtiment devait être inférieur ou égal au coefficient de référence de ce bâtiment, Cepref.
- Pour les bâtiments à usage d'habitation pour lesquels plus de 90 % de la surface est chauffée par une énergie autre que le bois, le coefficient Cep devait être inférieur ou égal à un coefficient maximal Cepmax avec des seuils différents selon que le chauffage utilise l'électricité ou non. C'était un élément nouveau par rapport à la RT 2000.

Consommation maximale exprimée en énergie primaire pour les consommations de chauffage, refroidissement et production d'eau chaude sanitaire

Logements	Combustibles fossiles	Chauffage électrique (y compris pompes à chaleur)
Zone climatique H1	130 kWh primaire/m ² /an	250 kWh primaire/m ² /an
Zone climatique H2	110 kWh primaire/m ² /an	190 kWh primaire/m ² /an
Zone climatique H3	80 kWh primaire/m ² /an	130 kWh primaire/m ² /an

- La température Tic devait être inférieure ou égale à la température intérieure conventionnelle de référence de la zone, Ticref.
- Les caractéristiques de l'isolation thermique des parois, des baies, des équipements de chauffage, de ventilation, d'eau chaude sanitaire, de refroidissement, d'éclairage et des protections solaires devaient au moins être égales aux caractéristiques thermiques minimales. Celles-ci ont été renforcées par rapport à la RT 2000, notamment au niveau des ponts thermiques.

Le coefficient Ubat, qui intègre les ponts thermiques, était toujours utilisé.

Pour respecter la réglementation, le maître d'ouvrage disposait de deux moyens :

- soit la réalisation d'une étude thermique. La consommation d'énergie Cep et la température intérieure conventionnelle Tic étaient alors calculées au moyen de logiciels d'application. Le maître d'ouvrage devait dans ce cas pouvoir fournir une synthèse d'étude thermique. L'arrêté du 19 juillet 2006 a approuvé la méthode de calcul Th-C-E élaborée par le CSTB.
- soit sans calcul à l'aide de solutions techniques. Agréées par le ministre chargé de la construction et de l'habitation, ces solutions garantissaient le respect des valeurs de référence, tant en termes d'économie d'énergie que de confort d'été. L'arrêté du 30 novembre 2007 a ainsi agréé la solution technique ST 2007-001 relative au respect des exigences de confort d'été pour l'application de la réglementation thermique 2005 et l'arrêté du 12 décembre 2007 a agréé la

solution technique ST 2007-002 relative au respect des exigences de la réglementation thermique de 2005 pour les maisons individuelles non climatisées,

Huit zones climatiques ont été définies au lieu de trois en 2000 et le seuil réglementaire pour le coefficient C est plus exigeant en cas de chauffage électrique que pour les autres énergies comme dans toutes les réglementations précédentes.

La RT 2005 s'est attachée à permettre le calcul et la valorisation des outils de la construction bioclimatique tant pour diminuer les besoins de chauffage et de refroidissement que pour assurer un meilleur confort d'été.

Parallèlement, la RT 2005 a encouragé le recours aux énergies renouvelables du fait de leur contribution à la diminution des gaz à effet de serre. Ainsi, la référence des chaudières bois a été calée sur les bonnes pratiques du marché et, pour certains bâtiments résidentiels, une part de production d'eau chaude sanitaire solaire était introduite en référence.

Le recours à la climatisation a été limité. Les consommations de refroidissement ont été intégrées dans les méthodes de calcul. Sauf cas particuliers où la climatisation était absolument indispensable (zones de bruit, établissements sanitaires...), un bâtiment climatisé n'avait pas le droit de consommer plus qu'un bâtiment identique non climatisé.

Parallèlement, pour les bâtiments existants, la réglementation thermique a été mise en application le **1^{er} septembre 2007**, pour la méthode « Élément par Élément » et le **1^{er} avril 2008** pour la méthode « globale ». Cette réglementation était une adaptation de la RT 2005 à la rénovation, par conséquent elle contenait le même type d'exigences.

3.3 La RT 2012 dans un cadre européen qui s'affirme et à la suite du Grenelle de l'environnement de 2007

3.3.1 Au niveau européen, plusieurs directives ont été publiées à partir de 2002

- la directive de 2002, qui avait pour objectif de réduire les consommations moyennes du bâtiment de 20 % d'ici à 2020 (par rapport à 1990) en recourant à 12 % au moins d'énergies renouvelables d'ici 2010 ;
- le « paquet climat, énergie » de 2008, qui comporte l'objectif des 3 fois 20 à l'horizon 2020 : baisse de 20 % des émissions de CO₂, part des énergies renouvelables dans le mix énergétique de 20 %, accroissement de l'efficacité énergétique de 20 % ;
- la directive de 2009 relative à la promotion de l'utilisation de l'énergie produite à partir de sources renouvelables ;
- la directive du 19 mai 2010 sur la performance énergétique des bâtiments, qui renforce celle de 2002 : d'ici fin 2020, les bâtiments neufs devront être à consommation d'énergie quasi nulle ;

- la directive de 2012 sur l'efficacité énergétique qui fixe une réduction de 20 % de la consommation d'énergie primaire de l'union européenne et introduit à ce titre l'obligation de rénovation énergétique des bâtiments publics de 3 %.

L'évaluation de la directive 2010/31/UE sur la performance énergétique des bâtiments, prévue à son article 19, a été effectuée en 2016.¹¹⁴ Elle porte sur la qualité globale et administrative de cet instrument juridique européen. Elle valide le bon fonctionnement de la méthode du cadre général commun du « cost optimal » et les progrès des états membres mais insiste aussi sur les marges de progrès pour la rénovation des bâtiments existants. Cette évaluation est prise en compte dans la directive 2018/844/UE du 30 mai 2018 qui modifie les directives 2010/31/UE et 2012/27/UE et dont le principal objectif est d'accélérer la rénovation rentable des bâtiments existants et l'utilisation des technologies intelligentes et du numérique.

Il n'y a pas de procédure active engagée par la Commission européenne à propos de la RT 2012, ce qui sous-entend que celle-ci respecte effectivement la directive de 2010.

Un autre point est parfois évoqué : celui de la surtransposition de la RT 2012 par rapport à la directive de 2010. Celle-ci est une directive d'harmonisation minimale entre pays, qui porte sur la notion de « cost optimal », comme indiqué au point 3 de son article 1. Dans le cas d'harmonisation minimale, la notion de surtransposition est rejetée au plan juridique par le Conseil d'État. Pour autant, certains parlementaires penchent pour une définition plus large de la surtransposition qui prenne en compte les conséquences des normes pour leurs destinataires : particuliers, entreprises, collectivités territoriales,... Dans le cas de la RT 2012, cette question de surtransposition a été évoquée par le Conseil national d'évaluation des normes (CNEN).¹¹⁵ Elle est ciblée sur quelques exigences de moyens figurant dans la RT 2012, qui seront examinées par la mission dans la suite du rapport au paragraphe 2.3.

3.3.2 Le Grenelle de l'Environnement et les labels préfigureurs

Afin de réduire durablement les dépenses énergétiques, le Grenelle de l'Environnement de 2009 prévoyait la mise en œuvre d'un programme de réduction des consommations énergétiques des bâtiments dans les articles 3 à 6 de la loi « Grenelle 1 » du 3 août 2009.

Depuis la mise en place de la réglementation thermique de 1974, la consommation énergétique des constructions neuves avait été divisée par 2. Le Grenelle de l'Environnement prévoyait de la diviser à nouveau par 3 grâce à une nouvelle réglementation thermique.

Près d'un an après la publication de l'arrêté relatif la réglementation thermique 2005, **l'arrêté du 3 mai 2007** définissant les conditions d'attribution de label permettant d'identifier les constructions à performances supérieures et préfigurant la réglementation thermique suivante a été publié. Il posait cinq niveaux d'exigences.

Le label Haute performance énergétique (HPE 2005) pouvait être attribué aux bâtiments qui présentaient une consommation conventionnelle d'énergie au moins inférieure de 10 % à la consommation de référence définie par la RT 2005.

Le label Très haute performance énergétique (THPE) définissait une consommation conventionnelle d'énergie au moins inférieure de 20 % à la consommation de référence définie par la RT 2005.

¹¹⁴ <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/?uri=CELEX:52016SC0409>

¹¹⁵ Délibération n°2017 – 10 – 12 – 0003 du 12 octobre 2017 du CNEN

Le label Haute performance énergétique - Environnement (HPE EnR 2005) pouvait être décerné aux bâtiments qui respectaient ces exigences et dont au moins 50 % de l'énergie employée pour le chauffage était issue d'une installation Biomasse ou alimenté par un réseau de chaleur utilisant plus de 60 % d'énergies renouvelables.

Les labels Haute performance énergétique - Rénovation (HPE 2009) et Basse consommation - Rénovation (BBC Rénovation 2009) attestaient la conformité des travaux de rénovation à un cahier des charges qui intégrait « les exigences de la réglementation thermique des bâtiments existants prévue dans le code de la Construction et de l'Habitation, le respect d'un niveau minimal de performance énergétique globale et de confort d'été et les modalités de contrôle ».

Le label Très haute performance énergétique - Environnement (THPE EnR 2005) pouvait être attribué aux bâtiments permettant un gain de 30 % par rapport à la RT2005. Ces bâtiments devaient également utiliser les énergies renouvelables comme la biomasse, les pompes à chaleur, le solaire thermique ou photovoltaïque. L'arrêté détaille avec précisions les exigences en la matière.

Le label Bâtiment de basse consommation (BBC 2005) pouvait être attribué aux logements neufs consommant au maximum 50 kWh/m².an à ajuster d'un facteur de 0,8 à 1,3 selon l'altitude et la zone climatique, ainsi qu'aux bâtiments tertiaires présentant une consommation inférieure à 50 % de la consommation conventionnelle de référence de la RT 2005. Une exigence renforcée était également fixée pour le coefficient UBat

C'est le label BBC qui, avec cette valeur de 50 kWh/m².an, va préfigurer la RT 2012. Il s'est beaucoup développé grâce à des aides financières et des engagements de déploiement conclus entre l'État et la Fédération des promoteurs d'une part et l'Union sociale pour l'habitat pour les logements sociaux d'autre part.

3.3.3 La RT 2012

C'est dans ce contexte qu'est apparue la RT 2012 grâce à un décret¹¹⁶ et un arrêté du 26 octobre 2010. En application depuis janvier 2013, elle vise les logements et les bâtiments tertiaires.

En termes d'objectifs généraux, la RT 2012 vise à réduire en premier lieu les besoins en énergie grâce à un effort sur l'enveloppe et sur la conception et tout en maintenant le confort en été. Puis, il s'agit de diminuer les consommations d'énergie primaire en cherchant à rééquilibrer les énergies de chauffage, l'électricité ayant jusque-là une part prépondérante, afin de diminuer le problème de la pointe de production électrique qui constituait alors une forte préoccupation et enfin de développer le recours aux énergies renouvelables.

Elle présente une rupture par rapport à 2005 avec un saut de performance énergétique très fort et une volonté accrue de réduire les consommations d'énergie et de favoriser les énergies renouvelables.

Ces objectifs sont en cohérence avec la politique de la construction qui vise à des bâtis durables et de qualité ainsi qu'avec la politique énergétique.

La RT 2012 n'a pas introduit de coefficient carbone ou d'émission de gaz à effet de serre, faute de consensus sur ce sujet, selon les informations recueillies par la mission.

¹¹⁶ Décret n°2010-1269 du 26 octobre 2010 – Journal officiel du 27 octobre 2010.

3.3.3.1 Trois critères visent à un objectif de résultat

Dans le prolongement du label BBC, elle est la première réglementation à fixer un seuil maximal d'énergie primaire quelle que soit la source d'énergie et en abandonnant la notion de comparaison du bâtiment projeté à un bâtiment de référence.

Le seuil réglementaire se décline en réalité en trois critères décrits ci-dessous, le Cep, le Bbio et le TIC¹¹⁷.

Ils sont déterminés par une méthode de calcul thermique dynamique à pas horaire dite Th-BCE 2012 de consommation en énergie primaire sur un scénario conventionnel et incluant les données climatiques moyennes :

- Bbio : efficacité énergétique minimale du bâti (chauffage, refroidissement, éclairage) qui rend compte de la qualité de la conception et de l'isolation de l'enveloppe du bâtiment, indépendamment du système de chauffage et d'eau chaude sanitaire et valorise l'éclairage naturel et l'isolation performante et qui doit être inférieure à un seuil Bbio_{max} fixé par la réglementation. Il remplace le Ubat, qui ne mesurait que l'isolation et fait partie des pièces à fournir dans le dossier de permis de construire. Son seuil a été fixé au-dessus de celui du label BBC : il apparaît comme facile à atteindre.
- Cep : exprime la consommation annuelle en énergie primaire pour les cinq usages « réglementés » : chauffage, production d'eau chaude sanitaire, refroidissement, éclairage, auxiliaires (ventilateurs, pompes) qui doit être à un seuil Cep_{max} fixé à une valeur moyenne de 50 kWh/m².an et modulé selon les usages des bâtiments et les zones géographiques. La modulation pour le collectif¹¹⁸ est fixée en moyenne à 57,5 kWh/m².an au moins jusqu'à fin 2019¹¹⁹. Il existe également une modulation pour les logements de petite taille. C'est celui des trois critères qui est le plus ambitieux en termes d'objectif à atteindre par rapport aux seuils visés par la RT 2012.
- TIC : température intérieure conventionnelle, visant à traduire le confort en été et qui doit rester inférieure à un seuil : $T_{ic} < T_{ic,ref}$ sur une séquence de 5 jours chauds. Le seuil est identique à celui de la RT 2005.

3.3.3.2 Des exigences de moyens complètent les objectifs de résultat

À ces trois critères majorés par des seuils s'ajoutent quelques exigences de moyens, dont les quatre premières sont nouvelles et qui vont influencer directement ou non sur la consommation d'énergie :

- un traitement de l'étanchéité validé par un test obligatoire à la fin du chantier, grâce à l'outil dit « porte soufflante » réalisé par le CSTB,
- un minimum de surface de baies vitrées (1/6),

¹¹⁷ Le Cep et le Tic étaient déjà présents dans la RT 2005.

¹¹⁸ Au double motif que les équipements étaient moins présents et les économies d'énergie moins incitatives.

¹¹⁹ Modulation prolongée fin 2017 pour 2 ans.

- l'exigence de consommation d'au moins 5 kWh/Eepm2.an d'une énergie renouvelable, qui s'applique aux maisons individuelles et non aux immeubles jusqu'à fin 2019,
- une obligation de protections solaires mobiles pour toutes les pièces destinées au sommeil,
- des exigences sur les ponts thermiques.

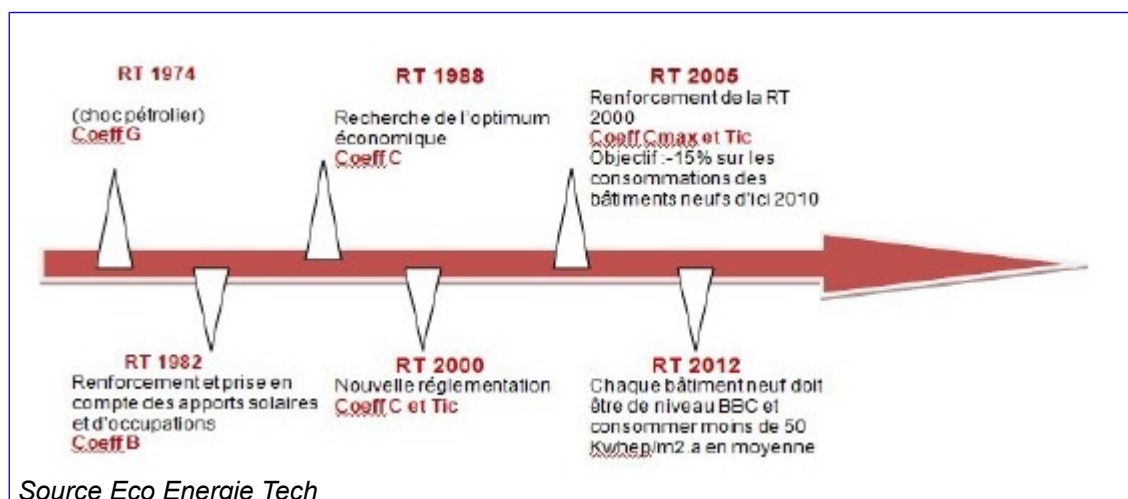
3.4 Le passage de la performance énergétique à la performance environnementale avec la LTECV de 2015, la SNBC de 2015 et le plan climat de 2017

La loi pour la transition énergétique et la croissance verte du 17 août 2015, la stratégie nationale bas carbone (SNBC) de 2015 et le Plan climat de 2017, la loi sur l'évolution du logement, de l'aménagement et du numérique (Elan), la Programmation pluriannuelle de l'énergie (PPE) et la révision de la SNBC, toutes les trois prévues pour fin 2018, constituent autant d'éléments de cadrage quant à l'objectif de réduction des gaz à effet de serre et de la neutralité carbone aux horizons 2018, 2020, 2030 et 2050.

La spécificité française, liée au choix nucléaire, permet un prix de l'électricité beaucoup plus bas que dans les autres pays et a un impact sur les exigences de réduction des gaz à effet de serre.

3.5 En synthèse, les différentes étapes réglementaires de l'amélioration de la performance énergétique des bâtiments

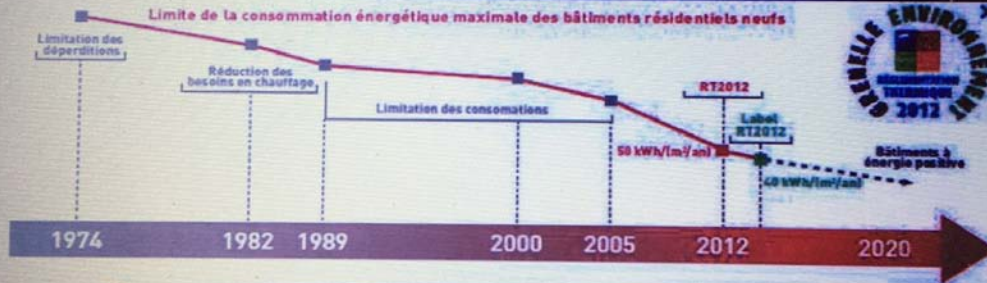
Ce schéma indique les objectifs de chacune des six réglementations thermiques entre 1974 et 2012 :



Ce graphique précise l'évolution de la consommation énergétique maximale des logements neufs au fur et à mesure des six réglementations thermiques :

Les différentes réglementations thermiques :

Rétrospective en image : LES MOYENS



Le tableau ci-après récapitule les principales caractéristiques des six réglementations thermiques :

	Dépense	Besoins	Consommations			
	1974	1982	1988	2000	2005	2012
Parution	04/ 1974	03/ 1982	04/ 1988	11/ 2000	04/ 2006	10/ 2011
Application	4/ 74- 7/ 75	09/ 1982	12/ 1988	06/ 2001	09/ 2006	01/ 2013
Indicateur	Coef G	Coef G & B	GV, BV & C	Coef C	Coef C	Cep « fixe »
Unité	W/ m ³ . °C	W/ m ³ . °C	C en UEE	kWh/m ² .an	kWh/m ² .an	kWh/m ² .an
Usages	(Chauffage)	(Chauffage)	3 usages	3 usages	5 usages	5 usages
Bâti	Coef G	Coef G	GV réf	U bât réf	U bât réf	B bio (Ψ9)
Confort d'été	Néant	Néant	Néant	Tic	Tic	Tic
Zones climat.	3 (A, B, C)	3 (H1, H2, H3)	3 zones	3 zones	5 zones	5 zones

Source : André Pouget

La notion de bâtiment de référence a été utilisée de 1988 à 2005 compris. Il s'agissait de comparer le bâtiment projeté à un bâtiment de même localisation, orientation et forme et disposant d'une enveloppe et d'équipements de références. Cette notion a été supprimée dans la RT 2012.

Jusqu'en 1988 compris, la réglementation s'exprimait à travers des critères correspondant au point de vue de l'utilisateur final : dépenses de chaleur, besoins en chauffage et en eau chaude sanitaire, consommation en énergie finale. La notion d'énergie primaire pour la consommation est apparue en 2000, correspondant à un objectif de politique énergétique nationale.

En 2005, pour les logements et en sus de la notion de bâtiment de référence pour la détermination des exigences réglementaires, a été introduite une notion de seuil maximal de consommation en énergie primaire.

De 1977 à 2005 compris, existaient deux catégories de niveaux d'exigence pour les critères réglementaires : les logements faisant appel à l'électricité pour le chauffage et l'eau chaude sanitaire et ceux ayant recours à des énergies fossiles.

En 2012, la notion de bâtiment de référence a été supprimée et seule est demeurée cette notion de seuil maximal de consommation en énergie primaire, mais les deux catégories (électricité, énergies fossiles) ont été fusionnées en une seule.

À ce jour, existe donc un seul seuil réglementaire de consommation en énergie primaire, quelle que soit la source d'énergie utilisée.

4. La situation en Europe

Le cadre juridique est défini par la Directive européenne 2010/31/UE sur la performance énergétique des bâtiments qui impose la mise en place d'une procédure harmonisée de calcul de la performance énergétique s'appuyant sur des exigences minimales qui doivent être révisées tous les cinq ans.

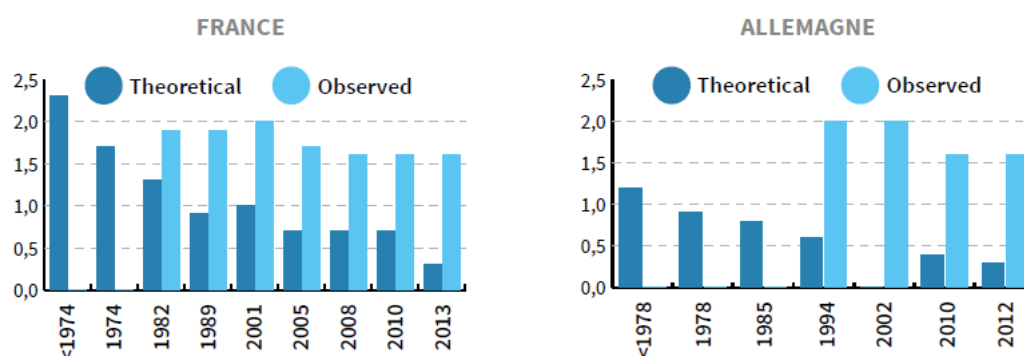
En France, il est considéré que, suite à la RT 2012, le label E+C- instauré en 2017 apporte une réponse à cette obligation.

1. Cas de l'Allemagne¹²⁰

La problématique de l'énergie consommée par les bâtiments en Allemagne est assez voisine de celle de la France. Le bâtiment est le premier secteur consommateur d'énergie en Allemagne avec 35 % de la consommation énergétique - à comparer à 45 % en France¹²¹ - dont 80 % environ pour le chauffage.

Comme la France, l'Allemagne a mis en place une politique d'efficacité énergétique à destination des bâtiments qui s'est traduite par une première réglementation thermique en 1978 après le premier choc pétrolier, et là encore cette réglementation, qui prévoit des seuils de consommation maximale est périodiquement révisée. La consommation maximale pour le chauffage dans les logements était de 250 kWh/m².an en 1978, à comparer à 45 kWh/m².an en 2016. La loi relative aux économies d'énergie dans les bâtiments¹²² EnEG de juillet 2013 fixe une consommation maximale de 56 kWh/m².an en moyenne pour le chauffage, l'eau chaude, la climatisation et la ventilation pour le résidentiel¹²³ et encadre également l'éclairage pour le tertiaire. Les calculs sont effectués par une comparaison à un immeuble de référence, comme pour les RT antérieures à 2012 en France.

Comme on peut le voir sur le schéma ci-dessous issu du panorama¹²⁴ de l'Ademe sur l'efficacité énergétique en Europe, les performances visées pour le chauffage sont proches en 2012 alors qu'elles étaient beaucoup plus strictes en Allemagne avant 2010. Le seuil élevé pour la France est du à la prise en compte du seuil électrique alors appliqué converti en énergie primaire avec le coefficient 2.58.



¹²⁰ Cf. Office franco-allemand pour la transition énergétique – Octobre 2017 – bâtiments neufs en France et en Allemagne : efficacité énergétique et énergies renouvelables – Réglementations thermiques et programmes de soutien – Auteur : Marie Boyette.

¹²¹ En raison d'un secteur industriel beaucoup plus développé en Allemagne donc plus consommateur.

¹²² <http://www.gesetze-im-internet.de/eneg/>

¹²³ Diminué de la production locale d'EnR s'il y a lieu comme en France.

¹²⁴ <http://www.ademe.fr/efficacite-energetique-europe-politiques-bonnes-pratiques>.

À cette loi s'ajoute la loi sur la chaleur renouvelable de 2009¹²⁵ qui impose qu'une part de la consommation de chaleur soit couverte un moyen renouvelable, qui inclut les PAC comme en France. À défaut, le seuil de consommation maximale est diminué. Cette part est déterminée en fonction de la source d'EnR utilisée : elle est de 50 % pour les pompes à chaleur, la géothermie et le bois, avec des exigences de performances sur les pompes et les chaudières, et de 15 % pour le solaire thermique avec un seuil minimum de couverture du toit (4 % pour les maisons, 3 % pour les immeubles).

L'Allemagne utilise également la notion d'énergie primaire pour la consommation avec le tableau de calcul élaboré par l'OFATE.

Vecteur énergétique	2008	2020	2030	2040	2050
Vecteurs énergétiques fossiles	1,1				
Biomasse gazeuse ou liquide	0,5				
Biomasse solide	0,2				
Electricité (mix)	2,6	1,8	0,9	0,6	0,4
Réseau de chaleur (mix)	1,1	0,8	0,8	0,6	0,5
Energie solaire, Géothermie, chaleur ambiante (PAC)	0,2				

Tableau 6 - Facteur de conversion en énergie primaire en Allemagne

Source : BMWi (2015), [Energieeffizienzstrategie Gebäude](#), d'après DIN V-18599-1 et EnEV 2014, p.35.

Les valeurs sont assez proches des valeurs françaises avec cependant une décroissance du coefficient affichée pour l'électricité avec le changement du mix en Allemagne pour suivre le remplacement des centrales à charbon par des énergies renouvelables. Cette décroissance n'a pas encore été décidée en France. Par ailleurs, le gaz est un peu plus défavorisé (coefficient 1,1 au lieu de 1 pour la France).

Le tableau récapitulatif ci-après présente les caractéristiques principales des réglementations thermiques en vigueur, respectivement à gauche pour la France et à droite pour l'Allemagne (source OFATE)

Réglementations en vigueur pour les bâtiments neufs résidentiels et tertiaires		
Textes en vigueur	RT 2012 – standard BBC	Loi EnEG 2013, décret EnEV (2014/2016) et loi EEWärmeG (2011)
Performance énergétique à atteindre	En moyenne 50 kWhep/m ² .an pour les maisons individuelles	Approx. 56 kWhep/m ² .an en moyenne dépendant du bâtiment de référence
Chaleur renouvelable	5 kWhep/m ² .an d'EnR obligatoire pour les maisons individuelles. Mesures alternatives possibles.	Entre 15% et 50% de couverture des besoins en chaleur par les EnR selon la technologie pour les bâtiments résidentiels et tertiaires > à 50 m ² . Mesures alternatives possibles.

On peut donc considérer que l'Allemagne est un peu moins exigeante que la France, au moins pour les maisons individuelles, mais que globalement les réglementations sont assez proches. Or sachant que le chauffage électrique est beaucoup moins développé en Allemagne, celle-ci connaît moins de pointes de demande électrique.

Pour ce qui est des EnR, en dehors des pompes à chaleur utilisées pour le chauffage et l'eau chaude sanitaire, l'Allemagne est plus en avance notamment avec un point singulier qui est le succès du chauffe-eau solaire thermique, dont l'installation décroît en France (en dehors des zones non interconnectées, Corse et départements d'Outre-mer) mais les installations sont de natures différentes).

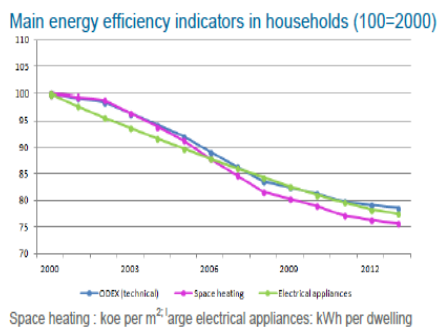
1. Comparaison européenne

Si la France a fait le choix d'une réglementation thermique exigeantes pour la construction, d'autres États utilisent également d'autres mesures comme les aides financières - c'est le cas notamment du Luxembourg et de l'Autriche- ou des actions

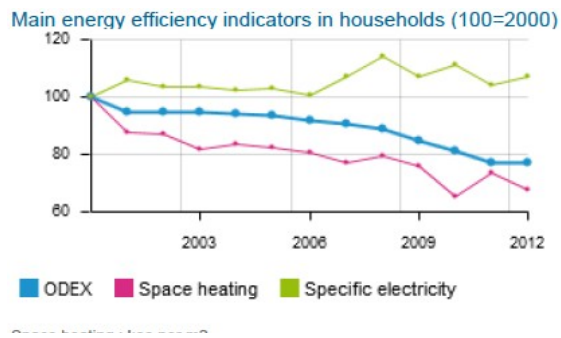
¹²⁵ https://www.gesetze-im-internet.de/eew_rmeg/BJNR165800008.html

d'information comme l'Allemagne. D'autres États comme les Pays-Bas, avec 10 révisions de la réglementation entre 1983 et 2010, ou le Danemark, avec 4 révisions avec inscription du bâtiment à consommation nulle, utilisent très fortement les réglementations, bien au-delà de ce qu'impose la Directive EPBD avec une révision tous les cinq ans.

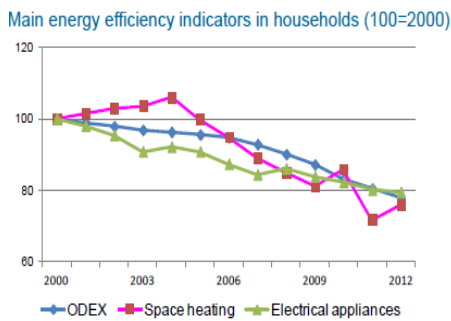
Les schémas ci-dessous extraits de la base Odyssee¹²⁶ réalisée par l'Ademe pour la Commission montre la progression de la consommation pour le chauffage et l'électricité spécifique dans les bâtiments dans quelques états voisins. Si on constate une amélioration générale, l'Italie fait cependant exception avec une consommation pour le chauffage qui a fortement crû en 2008, avant d'adopter elle aussi une baisse. Cette hausse de consommation s'explique non par une baisse d'efficacité, mais une consommation plus forte due en partie au développement du chauffage au gaz.



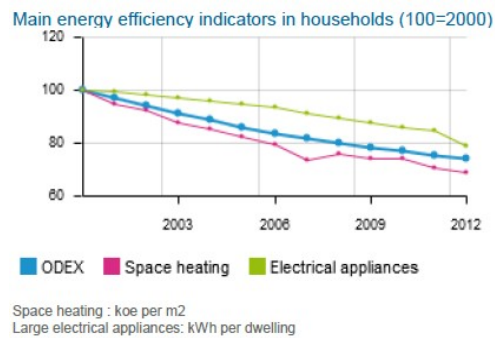
Allemagne



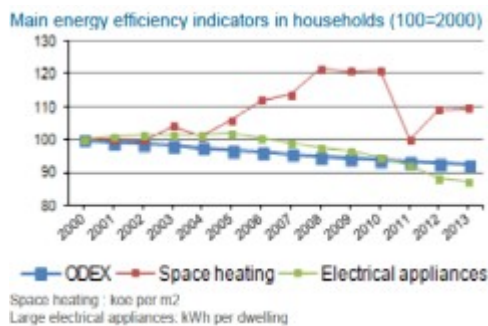
Royaume-Uni



Suède



Pays-Bas



Italie

¹²⁶ <http://www.odyssee-mure.eu/publications/profiles/>

5. Les textes juridiques des réglementations thermiques et des labels dans les bâtiments neufs

1. Les étapes législatives

Sur le plan juridique, le premier choc pétrolier de 1973 a conduit à des obligations juridiques dans les logements, cadrées par une loi, qui est demeurée inchangée jusqu'en 2005. Cette loi renvoyait à des décrets sans indication supplémentaire. Elle a été intégrée dans le Code de la Construction et de l'Habitation (CCH) lors de son établissement en 1978.

Article L111 – 9 du Code de la Construction et de l'Habitation

Les règles de construction et d'aménagement applicables aux ouvrages et locaux de toute nature quant à leurs caractéristiques thermiques et les catégories d'ouvrages et locaux qui sont soumis en tout ou partie aux dispositions du présent article sont fixées par des décrets en Conseil d'État.

Le cadre législatif a ensuite été précisé par la Loi de Programmation fixant les Orientations de la Politique Énergétique (loi POPE) du 13 juillet 2005 avec l'obligation d'une étude technico-économique sur les sources d'énergie et sur certains équipements. Il a été transcrit dans le CCH en restant stable jusqu'en 2010.

Article L111-9 du Code de la Construction et de l'Habitation

Un décret en Conseil d'État détermine :

- les caractéristiques thermiques et la performance énergétique des constructions nouvelles, en fonction des catégories de bâtiments considérées ;*
- les catégories de bâtiments qui font l'objet, avant leur construction, d'une étude de faisabilité technique et économique. Cette étude évalue ou envisage obligatoirement pour certaines catégories de bâtiments les diverses solutions d'approvisionnement en énergie de la nouvelle construction, dont celles qui font appel aux énergies renouvelables, aux productions combinées de chaleur et d'énergie, aux systèmes de chauffage ou de refroidissement urbain ou collectif s'ils existent, aux pompes à chaleur performantes en termes d'efficacité énergétique ou aux chaudières à condensation gaz, sans préjudice des décisions des autorités compétentes pour les services publics de distribution d'énergie ;*
- le contenu et les modalités de réalisation de cette étude.*

La loi du 12 juillet 2010 portant engagement national pour l'environnement a constitué une nouvelle étape dans la précision du cadre juridique, valable jusqu'en 2015, en faisant apparaître la notion de gaz à effet de serre à l'horizon 2020 et en renforçant l'obligation de l'étude définie en 2005 par une définition des modalités de contrôle de sa réalisation.

Article L111 – 9 du Code de la Construction de de l'Habitation de 2010 à 2015

Un décret en Conseil d'Etat détermine :

- pour les constructions nouvelles, en fonction des différentes catégories de bâtiments, leurs caractéristiques et leur performance énergétiques et environnementales, notamment au regard des émissions de gaz à effet de serre, de la consommation d'eau ainsi que de la production de déchets liées à leur édification, leur entretien, leur réhabilitation et leur démolition ;

- à partir de 2020, pour les constructions nouvelles, le niveau d'émissions de gaz à effet de serre pris en considération dans la définition de leur performance énergétique et une méthode de calcul de ces émissions adaptée à ces constructions nouvelles ;

- les conditions dans lesquelles le maître d'ouvrage atteste de la réalisation de l'étude de faisabilité relative aux approvisionnements en énergie ainsi que de la prise en compte de la réglementation thermique au moment du dépôt du dossier de demande de permis de construire ;

- les catégories de bâtiments qui font l'objet, avant leur construction, d'une étude de faisabilité technique et économique. Cette étude évalue ou envisage obligatoirement pour certaines catégories de bâtiments les diverses solutions d'approvisionnement en énergie de la nouvelle construction, dont celles qui font appel aux énergies renouvelables, aux productions combinées de chaleur et d'énergie, aux systèmes de chauffage ou de refroidissement urbain ou collectif s'ils existent, aux pompes à chaleur performantes en termes d'efficacité énergétique ou aux chaudières à condensation gaz, sans préjudice des décisions des autorités compétentes pour les services publics de distribution d'énergie ;

- le contenu et les modalités de réalisation de cette étude.

La dernière étape législative à ce jour a eu lieu avec la Loi pour la Transition Énergétique et la Croissance Verte de 2015. Le sujet de l'émission de gaz à effet de serre a été alors précisé avec un avancement de l'obligation réglementaire de 2020 à 2018.

Article L111 – 9 du Code de la Construction de de l'Habitation à partir de 2015 – Loi du 17 août 2015

Un décret en Conseil d'Etat détermine :

- pour les constructions nouvelles, en fonction des différentes catégories de bâtiments, leurs caractéristiques et leur performance énergétiques et environnementales, notamment au regard des émissions de gaz à effet de serre, de la consommation d'eau ainsi que de la production de déchets liées à leur édification, leur entretien, leur réhabilitation et leur démolition ;

- à partir de 2018, pour les constructions nouvelles, le niveau d'émissions de gaz à effet de serre pris en considération dans la définition de leur performance énergétique et une méthode de calcul de ces émissions sur l'ensemble du cycle de vie du bâtiment, adaptée à ces constructions nouvelles ;

- les conditions dans lesquelles le maître d'ouvrage atteste de la réalisation de l'étude

de faisabilité relative aux approvisionnements en énergie ainsi que de la prise en compte de la réglementation thermique au moment du dépôt du dossier de demande de permis de construire ;

- les catégories de bâtiments qui font l'objet, avant leur construction, d'une étude de faisabilité technique et économique. Cette étude évalue ou envisage obligatoirement pour certaines catégories de bâtiments les diverses solutions d'approvisionnement en énergie de la nouvelle construction, dont celles qui font appel aux énergies renouvelables, aux productions combinées de chaleur et d'énergie, aux systèmes de chauffage ou de refroidissement urbain ou collectif s'ils existent, aux pompes à chaleur performantes en termes d'efficacité énergétique ou aux chaudières à condensation gaz, sans préjudice des décisions des autorités compétentes pour les services publics de distribution d'énergie ;

- le contenu et les modalités de réalisation de cette étude.

2. Les textes juridiques des Réglementations Thermiques et des labels

Les textes juridiques relatifs aux réglementations thermiques et aux labels sont des décrets décrivant les critères d'exigence réglementaire, généralement concis et accompagnés d'arrêtés qui fixent les méthodes de calcul de ces exigences réglementaires ainsi que les seuils pour ces exigences. Au fur et à mesure des réglementations qui comportent des exigences de plus en plus affinées, les méthodes de calcul sont devenues de plus en plus complexes et, par voie de conséquence, les arrêtés sont devenus de plus en plus nombreux et de taille conséquente.

2.1. RT 1974

Objet : pour les logements neufs, définition d'un coefficient G de déperditions de chaleur qui conduit à la mise en place d'une isolation et exigence d'une régulation automatique du système de chauffage.

Décret n° 74 – 306 du 10 avril 1974 – Journal officiel du 18 avril 1974

Arrêté du 10 avril 1974 – Journal officiel du 18 avril 1974

Arrêté du 13 juillet 1977 – Journal officiel du 23 juillet 1977 (niveaux d'exigence renforcés en cas de chauffage électrique par rapport à l'arrêté du 10 avril 1974)

2.2. RT 1976

Objet : pour les bâtiments autres que les logements, définition d'un coefficient G1 traduisant les déperditions d'un local chauffé par toutes ses parois, qui conduit à une isolation de ces parois, et limitation des taux de renouvellement d'air en fonction de l'utilisation du bâtiment.

Arrêté du 12 mars 1976 – abrogé le 15 avril 1988 et remplacé par l'arrêté du 13 avril 1988

2.3. Label Haute isolation

Objet : pour les logements neufs, définition de seuils du coefficient G qui conduisent au renforcement de l'isolation par rapport à la RT 1974.

Arrêté du 10 juin 1980 – Journal officiel du 27 juin 1980

2.4. RT 1982

Objet : pour les logements neufs, définition d'un coefficient B de besoins de chauffage pour prendre en compte les apports solaires et renforcement de l'isolation au niveau des exigences du label Haute isolation.

Décret n°82 – 269 du 24 mars 1982 – Journal officiel du 27 mars 1982

Arrêté du 24 mars 1982 – Journal officiel du 27 mars 1982

Arrêté du 24 septembre 1982 – Journal officiel du 15 octobre 1982 : agrément de 6 méthodes pour le calcul réglementaire du coefficient B et trois de plus le 28 décembre 1984.

Arrêté du 28 décembre 1984 – Journal officiel du 20 janvier 1985 : agrément de 3 méthodes supplémentaires pour le calcul réglementaire du coefficient B

2.5. Arrêté sur la ventilation des bâtiments

Objet : pour les logements, définition d'exigences de débit minimum d'air extrait dans les pièces humides selon les techniques de ventilation utilisées.

Arrêté du 24 mars 1982 – Journal officiel du 27 mars 1982

Arrêté du 28 octobre 1983 – Journal officiel du 15 novembre 1983 – complément pour la ventilation hygroréglable

2.6. Label Haute Performance Énergétique (HPE) et Label solaire

Objet du label HPE : pour les logements neufs, définition d'une exigence en termes de performance énergétique (PE) qui compare la consommation de chauffage et d'eau chaude sanitaire nominale du projet étudié à la consommation de chauffage et d'eau chaude réglementaire.

Le label HPE comporte 4 seuils de performance définis par des étoiles : 1*, 2*, 3*, 4* correspondant à des écarts entre consommation nominale et consommation réglementaires, respectivement de 15 %, 25 %, 35 % et 45 %.

Arrêté du 5 juillet 1983 – Journal officiel du 7 juillet 1983

2.7. RT 1988

Secteur résidentiel : Objet : recherche d'un optimum économique du coût global et mise en place d'un coefficient C de consommation théorique en énergie finale de chauffage et d'eau chaude sanitaire, qui tient compte des déperditions de chaleur, des apports gratuits et du rendement des équipements

Décret n°88 – 319 du 5 avril 1988 – Journal officiel du 8 avril 1988

Arrêté du 5 avril 1988 – Journal officiel du 8 avril 1988

Secteur tertiaire : Objet : pour le secteur tertiaire, renforcement du coefficient G1 avec des exigences complémentaires sur la régulation, la programmation, la ventilation, la climatisation et le comptage énergétique.

2.8. RT 2000

Objet : pour le secteur résidentiel et tertiaire, définition d'une part d'un coefficient C de consommation conventionnelle d'énergie primaire d'un bâtiment pour le chauffage, la ventilation, la climatisation, la production d'eau chaude sanitaire et, pour certains bâtiments, l'éclairage et d'autre part d'un coefficient Tic correspondant à la température intérieure conventionnelle atteinte en été par un bâtiment non climatisé.

Décret n° 2000 – 1153 du 29 novembre 2000 – Journal officiel du 30 novembre 2000

Arrêté du 29 novembre 2000 – Journal officiel du 30 novembre 2000

Arrêté du 1er juin 2001 : agrément sous le numéro ST 2001-001 de la solution technique élaborée par le CSTB et applicable aux maisons individuelles non climatisées

Arrêté du 27 juillet 2004 : agrément d'un modificatif à la solution technique ST 2001-001 pour l'application de la réglementation thermique 2000

2.9. RT 2005

Objet : pour le secteur résidentiel et tertiaire, définition d'une part d'un coefficient C de consommation conventionnelle d'énergie primaire d'un bâtiment pour le chauffage, la ventilation, la climatisation, la production d'eau chaude sanitaire et, pour certains bâtiments, l'éclairage et d'autre part d'un coefficient Tic correspondant à la température intérieure conventionnelle atteinte en été par un bâtiment non climatisé.

Décret n°2006 – 592 du 24 mai 2006 – Journal officiel du 25 mai 2006

Arrêté du 24 mai 2006 – Journal officiel du 25 mai 2006

Arrêté du 19 juillet 2006 portant approbation de la méthode de calcul Th-C-E prévue aux articles 4 et 5 de l'arrêté du 24 mai 2006 relatif aux caractéristiques thermiques des bâtiments nouveaux et des parties nouvelles de bâtiments.

Arrêté du 30 novembre 2007 : agrément de la solution technique ST 2007-001 élaborée par le CSTB et relative au respect des exigences de confort d'été pour l'application de la réglementation thermique 2005,

Arrêté du 12 décembre 2007 : agrément de la solution technique ST 2007-002 élaborée par le CSTB et relative au respect des exigences de la réglementation thermique 2005 pour les maisons individuelles non climatisées,

Arrêté du 9 juin 2008 : agrément de la solution technique ST 2008-001 élaborée par le CEREMA et relative au respect des exigences de la RT 2005 pour les maisons individuelles méditerranéennes non climatisées.

2.10. Label Haute performance énergétique et label Bâtiment basse consommation (BBC)

Objet : identifier les constructions résidentielles et tertiaires à performances supérieures à celles des réglementations en vigueur grâce à cinq niveaux d'exigences.

Arrêté du 3 mai 2007 – Journal officiel du 15 mai 2007 -définissant les conditions d'attribution des labels

2.11. RT 2012

Objet : dans les bâtiments neufs, fixation d'exigences sur les caractéristiques thermiques et la performance énergétique des bâtiments neufs : limitation de la consommation d'énergie primaire pour le chauffage, le refroidissement, la production d'eau chaude sanitaire, l'éclairage artificiel des locaux et les auxiliaires, optimisation de la conception du bâti indépendamment des systèmes énergétiques mis en œuvre, recherche du confort en été avec une limitation des surchauffes dans le bâtiment en période estivale.

Décret n°2010 – 1269 du 26 octobre 2010 – Journal officiel du 27 octobre 2010 – définition de la RT - concerne le secteur résidentiel et une partie du secteur tertiaire

Arrêté du 26 octobre 2010 - Journal officiel du 27 octobre 2010 – idem

Décret n° 2011 – 544 du 18 mai 2011 – Journal officiel du 20 mai 2011 - relatif aux attestations de prise en compte de la réglementation thermique et de réalisation d'une étude de faisabilité relative aux approvisionnements en énergie

Arrêté du 11 octobre 2011 – Journal officiel du 22 octobre 2011 – idem

Arrêté du 20 juillet 2011 et annexe – Texte non paru au Journal officiel – Approbation de la méthode Th-BCE 2012 du CSTB

Courrier de la DHUP du 5 août 2011 : Mise en place de la SHON-RT, nouvelle surface de référence pour les calculs de consommation d'énergie primaire pour la RT 2012, les labels BBC 2005, BBC rénovation 2009 et de la RT existante à partir du 28 octobre 2011.

Décret n°2012 – 1530 du 28 décembre 2012 – Journal officiel du 30 décembre 2012 – définition de la RT - concerne l'ensemble des bâtiments

Arrêté du 28 décembre 2012 – Journal officiel du 1^{er} janvier 2013 – bâtiments autres que ceux visés par l'arrêté du 26 octobre 2010

Arrêté du 16 avril 2013 – Journal officiel du 4 mai 2013 - modifiant l'annexe à l'arrêté du 20 juillet 2011 portant approbation de la méthode de calcul Th-BCE

Arrêté du 30 avril 2013 – Journal officiel du 7 mai 2013 – approbation de la méthode de calcul Th – BCE à partir du 24 juillet 2013 pour faire suite à l'annulation par le Conseil d'État de l'arrêté du 20 juillet 2011

Agrément ministériel du 20 septembre 2013 - Référence RT 2012-T4-01 - Conforme aux exigences du Titre IV de l'arrêté du 26 octobre 2010, la BAO Promodul RT 2012 MI est un logiciel de calcul réglementaire simplifié pour les maisons individuelles. Sa validité est de 2 ans.

Arrêté du 11 décembre 2014 – Journal officiel du 24 décembre 2014 – adaptations des arrêtés du 26 octobre 2010, du 11 octobre 2011 et du 28 décembre 2012 : modifications des caractéristiques thermiques et des exigences de performance énergétique applicables aux bâtiments nouveaux et aux parties nouvelles de bâtiment de petite surface (<50 m²) et diverses simplifications.

Arrêté du 19 décembre 2014 – Journal officiel du 26 décembre 2014 - modification des modalités de validation d'une démarche qualité pour le contrôle de l'étanchéité à l'air par un constructeur de maisons individuelles ou de logements collectifs

6. Les bases de données et leur possibilité d'utilisation pour évaluer la RT 2012

1. L'Observatoire des Bâtiments Basse Consommation

www.observatoire.bbc.org

Initié en octobre 2009 par le MEDDE (DHUP), l'ADEME et l'association Effinergie pour les bâtiments basse consommation, ce **site de partage d'expériences** fournit des statistiques par département et des fiches descriptives non anonymisées présentant des opérations de bâtiments basse consommation. Il s'est élargi aux projets de rénovation ainsi qu'aux retours d'expérience sur les premiers projets certifiés BBC-Effinergie par application anticipée de la RT2012. Puis, en 2014, le site s'est de nouveau élargi aux constructions BEPOS (fiches descriptives, statistiques et retours d'expérience).

2. Base Phebus des statistiques de logement en France

<http://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/logement-construction/s/menages-logements-consommation-denergie-equipements.html>

Cette base du CGDD issue de bases de l'INSEE est réalisée par **enquête**. Elle comporte à la fois la consommation et les caractéristiques des ménages ainsi que les travaux et les équipements de chauffage. Datant de 2013, elle ne permet pas d'avoir un retour sur la RT 2012. En revanche, elle peut servir pour une comparaison entre sources d'énergie afin de détecter un « avantage gaz » éventuel.

3. Base de données des RSET¹²⁷ gérée par le CSTB

Elle est évoquée dans :

<https://www.ert2012.fr/explications/achevementtravaux/recapitulatif-standardise-etude-thermique-rset/>

La base n'est pas accessible. Grâce à une exploitation spécifique dont les conditions d'obtention restent à définir, cette base peut fournir la répartition des moyens de chauffage et d'eau chaude sanitaire, ainsi que les techniques utilisées pour l'enveloppe des bâtiments, y compris sur les bâtiments RT 2012. C'est la base la plus complète sur les bâtiments récents. En effet, c'est une base **exhaustive** remplie à partir des attestations de fin de chantier, obligatoires pour tous les logements neufs.

4. Enquête logement de l'INSEE ENL 2013

<https://www.insee.fr/fr/statistiques/1912709?sommaire=1912749>

Elle comporte des données très précises sur l'occupation, le type, l'âge et le confort des logements avec des retours des utilisateurs. Certains des tableaux ont été mis à jour depuis 2013. Mais les informations sur le chauffage concernent non pas le type de chauffage mais son mode, collectif ou individuel. Pour autant, à l'exception des systèmes de parois radiantes et des pompes chaleur, on peut considérer qu'historiquement le chauffage électrique est généralement individuel.

¹²⁷ Voir § 1.5.1.

5. Observatoire des DPE géré par l'Ademe

<http://www.observatoire-dpe.fr/index.php/statistique>

La base régionale est consultable uniquement par le biais d'outils statistiques, pour des raisons de protection des données personnelles. Elle fournit les informations sur les années de construction et les modes de chauffage. Deux limites sont soulignées : elle ne concerne que les logements faisant l'objet de ventes ou de location ; seuls des graphiques sont communiqués et non des tableaux excel.

On peut y trouver une information sur la répartition des moyens de chauffage dans l'habitat neuf. Par exemple, entre 2014 et 2016, 69 % des logements collectifs neufs disposaient d'un chauffage au gaz. Cette base traite également le secteur tertiaire avec ses différentes catégories.

6. Base de données du CEREN

<https://ceren.fr/publications/>

Cette base est un observatoire de la demande en énergie. Elle est issue de l'enquête logement de l'INSEE ENL et comporte donc des informations jusqu'en 2013 seulement. On y trouve le parc de logements par mode de chauffage **et surtout les flux annuels** avec une distinction entre les maisons et les appartements.

7. Base IRIS de l'INSEE

<https://www.insee.fr/fr/statistiques/2044386?geo=DEP-92&sommaire=2133042>

Cette base donne des statistiques détaillées par commune mais avec des dates d'actualisation différentes selon les territoires : par exemple la dernière enquête dans les Hauts de Seine date de 2010. Elle est donc peu commode à exploiter.

8. Enquête de l'Ademe sur le patrimoine bâti

<http://www.ademe.fr/energie-patrimoine-communal-enquete-2012>

Cette base date de 2013 mais comporte des données intéressantes sur les énergies renouvelables.

Une autre enquête de l'Ademe existe, qui concerne plutôt les travaux de rénovation, y compris leur motivation :

<http://www.ademe.fr/energie-patrimoine-communal-enquete-2012>

9. Base de l'INSEE sur les consommations du tertiaire

<https://www.insee.fr/fr/statistiques/2114712?sommaire=2114959&q=consommation+tertiaire>

Cette base date de 2012.

10. Base INIES du CSTB (FFB, DHUP)

<http://www.inies.fr/accueil/>

Cette base fournit les fiches techniques des produits du bâtiment ainsi qu'un baromètre.

11. Cercle HQR sur les statistiques de l'expérimentation HQE

http://www.hqegbc.org/wp-content/uploads/2015/09/2013-10-Synthese_HQE_Perf_2012-2013_VF.pdf

Il s'agit d'un rapport scientifique de l'expérimentation HQE en 2012 établi par le CSTB, qui sert à évaluer les performances des logements correspondants.

12. Base Sycodès sur les « désordres » de la construction établie par l'Agence de la qualité de la construction

<http://www.qualiteconstruction.com/observation/sycodes/statistiques-regionales.html>

Cette base fournit des statistiques sur les diverses pathologies liées à la construction ainsi que les coûts de réparation par région et par type de bâtiment.

13. Base Bati-études

<http://www.batietude.com/observatoire.php>

Cette base constitue un observatoire annuel complet de la construction neuve, auquel l'accès est payant.

14. Base SaLiCoRN

<http://salicorn.cstb.fr/>

Cette base est constituée par la saisie en ligne des opérations ayant fait l'objet d'un contrôle de la réglementation nationale. Elle est accessible avec un identifiant et un mot de passe.

7. Le coefficient d'énergie primaire de 2,58 et sa prise en compte dans les réglementations thermiques

1. Prise en compte du coefficient de 2,58 dans les réglementations thermiques et définition des seuils réglementaires en fonction des énergies

Le coefficient de conversion en énergie primaire électrique, employé par EDF depuis les années 70, apparaît pour la première fois en 2000 comme un « paramètre » dans une réglementation thermique¹²⁸.

Dans l'article 29 de l'arrêté du 29 novembre 2000 relatif à la RT 2000, il est fixé à 2,58 par « convention » et justifié par le calcul indiqué ci-après au paragraphe 2. La méthode de calcul ne figure pas dans cet article 29. Dans cette réglementation, pour la première fois, les consommations réglementaires sont exprimés en énergie primaire, d'où l'utilisation de ce coefficient pour l'électricité.

Mais, comme dans les Réglementations Thermiques précédentes et même si auparavant les seuils réglementaires correspondaient à des critères vus de l'utilisateur, les exigences de consommation en énergie primaire sont différentes en 2000 pour l'électricité et pour les autres énergies car elles font appel à des situations de référence différentes. C'est également le cas dans la RT 2005 qui fixe des seuils maximaux de consommation d'énergie primaire différents : 190 kWh/m².an pour l'électricité à comparer à 110 kWh/m².an pour les énergies fossiles.

L'utilisation de la valeur de 2,58 pour le coefficient d'énergie primaire électrique est inchangée dans la RT 2012.

En revanche, la notion de bâtiment de référence est supprimée. Le seul critère pour la consommation est un seuil maximal de consommation en énergie primaire et, contrairement à la RT 2005, celui-ci est identique pour les différentes sources d'énergie. Le saut de performance demandé en cas de chauffage et d'eau chaude électrique est ainsi plus important que pour les solutions utilisant des énergies fossiles : il a pour effet de ramener de 190 à 50 kWh/m².an le plafond de consommation d'énergie primaire pour l'électricité entre 2005 et 2012 alors que pour les énergies fossiles il s'agit de passer de 110 à 50 kWh/m².an. Par ailleurs, cela conduit à un écart entre les sources d'énergies pour leur consommation en énergie finale avec une exigence supérieure pour les solutions électriques de chauffage et d'eau chaude.

2. Définition de l'énergie primaire

L'énergie primaire est l'énergie contenue dans les ressources naturelles, avant une éventuelle transformation. Le fioul ou le gaz, qui peuvent être utilisés directement, sont des énergies primaires alors que l'électricité est issue de la transformation d'autres sources. L'énergie finale est l'énergie utilisée par le consommateur, c'est-à-dire après transformation des ressources en énergie et après le transport. Tout rapporter en énergie primaire permet de mesurer la consommation des ressources, ce qui fait davantage sens pour les sources thermiques que pour d'autres comme le nucléaire qui n'est pas utilisable par le consommateur final.

La méthode de calcul du coefficient pour l'électricité a été développée par l'Agence Internationale de l'Energie (AIE) et s'appuie sur le rendement moyen des différents

¹²⁸ <https://www.legifrance.gouv.fr/eli/arrete/2000/11/29/EQUU0000805A/jo>

moyens de production de l'électricité. Il dépend donc du mix électrique de chaque pays.

$$\text{Coefficient EP elec} = \frac{1}{\text{Rendement moyen}} = \frac{1}{38,7\%} = 2,58$$

La prise en compte du rendement en énergie primaire des centrales à combustible fossile est assez facile à établir et cohérent puisque ces combustibles peuvent être directement utilisés pour le chauffage et l'eau chaude sanitaire. Par ailleurs, même si ces moyens ne représentent que 5 à 10 % de l'électricité consommée en France, ce sont les moyens d'ajustement utilisés lors des pointes de demande donc en tenir compte fait sens.

Pour le nucléaire, ce n'est pas l'énergie de la source uranium qui est prise en compte, mais le rendement de la chaîne énergétique.

$$\text{COP} = (T_c - T_f) / T_c = (250 - 50) / (273 + 250) = 200 / 523 = 0,38 \text{ où } T_c \text{ et } T_f \text{ sont les températures des sources chaudes et froides.}$$

La différence $1 - 0,38 = 0,62$ représente les pertes thermiques dissipées sous forme de chaleur dans l'atmosphère et dans la rivière.

Type d'énergie	Rendement	Part de la production (%)
Nucléaire	33	75
Energies renouvelables	100	15
Energies fossiles	38	10

Le calcul de proportionnalité conduit à un rendement de 43,5 %, donc un coefficient de 2,32. En prenant en compte les pertes en énergie primaire sur le réseau, estimées à 3 % par RTE pour le réseau de transport par les lignes à haute et très haute tensions et moyennées à 5 % pour l'ensemble des lignes, on arrive à un rendement global de 38,5 %, ce qui donne un coefficient de 2,59.

4. Mise à jour du coefficient et comparaison avec les autres énergies

Ce coefficient dépend fortement du mix énergétique. Sa valeur, fixée en particulier par l'arrêté du 29 décembre 2000 et du 24 mai 2006, n'a cependant pas évolué et a été confirmée par le rapport de l'OPCEST de 2009.

Le rapport ci-après apporte des précisions complémentaires :

https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/final_report_pef_eed.pdf

8. Glossaire des sigles et acronymes

<i>Acronyme</i>	<i>Signification</i>
ACR	Syndicat des automatismes, du génie climatique et de la régulation, membre de la FIEEC
Ademe	Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie - établissement public
Afpac	Association française pour les pompes à chaleur
Afpols	Association pour la formation professionnelle continue des organismes de logement social
AIE	Agence internationale de l'énergie
AIMCC	Association des industries de produits de construction
ANR	Agence nationale de la recherche – établissement public
AQC	Agence qualité construction
BBC	Bâtiment basse consommation – désigne souvent le label de haute performance énergétique associé à la RT 2005
Bbio	Coefficient caractérisant le besoin bioclimatique conventionnel en énergie d'un bâtiment pour le chauffage, le refroidissement et l'éclairage artificiel
Bepos	Bâtiment à énergie positive
BIM	Building information model : maquette numérique du bâtiment
BREEAM®	Building research establishment environmental assessment method, d'origine britannique
Capeb	Confédération de l'artisanat et des petites entreprises du bâtiment
CCH	Code de la construction et de l'habitation
CCMI	Contrat de construction de maison individuelle
CCTP	Cahier des clauses techniques particulières, pièce contractuelle
Cep	Coefficient caractérisant la consommation conventionnelle en énergie primaire d'un bâtiment pour les cinq usages réglementaires
Cerema	Centre d'études et d'expertise sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement – établissement public
Cerqual	Organisme de certification de l'association Qualitel - société filiale de Qualitel
Certivea	Organisme de certification environnementale des bâtiments non résidentiels – société filiale du CSTB
Cesi	Chauffe-eau solaire individuel (système solaire thermique)
CET	Chauffe-eau thermodynamique
CGDD	Commissariat général au développement durable – administration centrale
CGE	Conseil général de l'économie, de l'industrie, de l'énergie, et des technologies
CGEDD	Conseil général de l'environnement et du développement durable
Cinov	Fédération des syndicats des métiers de la prestation intellectuelle du conseil, de l'ingénierie et du numérique

Acronyme	Signification
CNOA	Conseil national de l'ordre des architectes
CE1 ou CE2	Catégories de bâtiments définies par la RT au regard du confort d'été, et permettant de leur attribuer des droits à consommer différents
Coénove	Association d'acteurs de la filière gaz
Comepos	Conception et construction optimisées de maisons à énergie positive, projet dans le cadre du programme des investissements d'avenir
Cop	Coefficient de performance d'une pompe à chaleur
Costic	Comité scientifique et technique des industries climatiques
CRC	Contrôle du règlement de construction
Credoc	Centre de recherche pour l'étude et l'observation des conditions de vie – association sous tutelle du gouvernement
CSTB	Centre scientifique et technique du bâtiment – établissement public
DGALN	Direction générale de l'aménagement, du logement et de la nature – administration centrale
DHUP	Direction de l'habitat, de l'urbanisme et des paysages – administration centrale
DGE	Direction générale des entreprises – administration centrale
DGEC	Direction générale de l'énergie et du climat – administration centrale
DGNB	Deutsche Gesellschaft für nachhaltiges Bauen - société allemande des bâtiments durables
Dies	Durée d'inconfort d'été statistique, en heures ; nouvel indicateur envisagé dans la réglementation thermique
DPE	Diagnostic de performance énergétique
DPEB	Directive européenne 2010/31/EU du 19 mai 2010 sur la performance énergétique des bâtiments
DTU	Documents techniques unifiés, documents contractuels pour les travaux de bâtiment
ECS	Eau chaude sanitaire
E+C-	Label « énergie positive et réduction carbone », dont le référentiel est établi et publié par les ministères de la construction et de l'énergie
EJP	Option tarifaire électrique « effacement des jours de pointe » (n'est plus proposée à la souscription)
Enedis	Gestionnaire de réseau de distribution électrique basse et moyenne tension – société anonyme filiale de EDF
EnR	Énergies renouvelables
EnR&R	Énergies renouvelables et de récupération
EPBD	Directive européenne 2010/31/EU du 19 mai 2010 sur la performance énergétique des bâtiments (energy performance of buildings directive)
FFA	Fédération française de l'assurance
FFB	Fédération française du bâtiment
FIEEC	Fédération des industries électriques, électroniques et de communication

Acronyme	Signification
FPI	Fédération des promoteurs immobiliers
GAFA	Désigne quatre des entreprises les plus puissantes du monde de l'internet
Gifam	Groupement interprofessionnel des fabricants d'appareils d'équipement ménager, membre de la FIEEC
GRDF	Gaz réseau distribution France, gestionnaire de réseau de distribution gaz – société anonyme filiale de Engie
H2E85	Habitat économe en énergie pour 1985 – programme de recherche et expérimentation du PUCA
HQE®	Haute qualité environnementale, référentiel de qualité environnementale de la construction
Ifpeb	Institut français pour la performance du bâtiment
Ignes	Groupement des industries du génie numérique, énergétique et sécuritaire, membre de la FIEEC
Inef4 Nobatek	Centre privé de recherche appliquée, labellisé institut national pour la transition énergétique et environnementale du bâtiment
ITE	Isolation thermique par l'extérieur
ITI	Isolation thermique par l'intérieur
kWh/m ² .an	Unité pour le coefficient Cep (ep = énergie primaire)
LCA-FFB	Les constructeurs et aménageurs de la fédération française du bâtiment
LED	Diode électroluminescente
LEED®	Leadership in energy and environmental design, système d'origine nord-américaine, d'évaluation environnementale des bâtiments
MC2I	Mur à coffrage et isolant intégrés
MOOC	Massive open online course, formation en ligne ouverte à tous
Nzeb	Nearly zero energy building, bâtiment à consommation d'énergie quasi nulle
OFATE	Office franco-allemand pour la transition énergétique
Opecst	Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques
OSCAR	Logiciel pour l'aide à la conception thermique, gratuit pour les architectes, édité par le CNOA
PAC	Pompe à chaleur
Pacte	Programme d'action pour la qualité de la construction et la transition énergétique, dans la continuité du programme Rage
PIV	Panneau isolant sous vide, technologie d'isolation innovante
POPE	Loi n°2005-781 du 13 juillet 2005 de programme fixant les orientations de la politique énergétique
Prebat	Plate-forme de recherche et d'expérimentation sur l'énergie dans le bâtiment
Promodul (cercle promodul)	Association de promotion de la performance énergétique et du confort thermique des bâtiments

Acronyme	Signification
Promotelec	Association de promotion du confort et de la sécurité et du progrès électrique dans l'habitat
PUCA	Plan urbanisme construction architecture – organisme interministériel de recherche et d'expérimentation
Qualibat	Organisme de qualification et de certification des entreprises du bâtiment
Qualitel	Association de promotion de la qualité de l'habitat par la certification du logement et l'information du grand public
Rage	Programme « règles de l'art grenelle environnement » de mise à jour des règles de l'art du bâtiment
RBR	Réflexion bâtiment responsable, groupe de travail du plan bâtiment durable rattaché à la DGALN
Rex	Retour d'expérience
RGE	Label « reconnu garant de l'environnement », mention apposée sur certains signes de qualité
Rset	Récapitulatif standardisé d'étude thermique : fichier issu du calcul RT
RT	Réglementation thermique (souvent millésimé : RT2012, RT2005...)
RTE	Gestionnaire de réseau de distribution électrique haute et très haute tension – société anonyme filiale de EDF
SaLiCoRN	Saisie en ligne du contrôle de la réglementation nationale – base de données du CRC
Serce	Syndicat des entreprises de génie électrique et climatique, membre de la FIEEC
SHON _{RT}	Surface de plancher hors oeuvre nette au sens de la RT d'un bâtiment
SSC	Système solaire combiné, système solaire thermique qui associe chauffage de l'eau chaude sanitaire et chauffage du logement
Syntec	Fédération de syndicats professionnels de l'ingénierie, du numérique, des études et du conseil, de la formation professionnelle et de l'événementiel
TECV	Loi n° 2015-992 du 17 août 2015 relative à la transition énergétique pour la croissance verte
Th	Mission de contrôle technique relative à l'isolation thermique et aux économies d'énergie
Th-BCE 2012	Méthode de calcul pour la mise en œuvre de la réglementation thermique RT 2012
Tic	Température intérieure conventionnelle d'un local, atteinte en été
Titre V	Procédure de traitement dans la RT des cas particuliers, prévue au titre V de l'arrêté RT2012
U _{bât}	Coefficient moyen de déperdition thermique par les parois et les baies du bâtiment, défini par les RT2000 et 2005
Uniclma	Syndicat des industries thermiques, aérauliques et frigorifiques, membre de la FIEEC
Unsa	Union nationale des syndicats français d'architectes
Untec	Union nationale des économistes de la construction
USH	Union sociale pour l'habitat : union nationale des fédérations d'organismes HLM

