
Positionnement de l'ADEME sur le calcul du contenu CO₂ de l'électricité, cas du chauffage électrique

Juillet 2020

En raison de la tenue de la concertation sur la RE2020 et des interrogations soulevées à cette occasion, l'Ademe communique dès maintenant, via cette note, certains résultats préliminaires issus d'une étude en cours de finalisation avec RTE, permettant d'éclairer la question du facteur d'émission du chauffage électrique. Ces résultats feront l'objet d'échanges avec les différentes parties prenantes lors de la publication de cette étude.

SYNTHESE

Cette note fait état des différentes méthodes de calcul du facteur d'émissions du contenu CO₂ du kWh électrique pour la France métropolitaine. Même si le mix électrique français est aujourd'hui très décarboné, sa forte thermosensibilité liée à la part importante de chauffage à effet joule a conduit l'ADEME, depuis la création de la Base Carbone® à utiliser une méthode dite « **saisonnalisée par usage** » aboutissant notamment à un facteur d'émission du chauffage environ 3 fois plus important que le contenu moyen. Toutefois, il est maintenant partagé avec les différentes parties prenantes participant au groupe de travail « électricité » de la Base Carbone® que **cette méthode est obsolète**, notamment au regard de l'évolution du parc de production et des usages.

Il existe de nombreuses autres méthodes (moyenne, marginale, prospective ou historique...). Cette note permet de constater qu'à l'instar des nombreuses méthodes existantes sur l'évaluation environnementale, **chacune peut avoir son utilité spécifique** (comptabilité carbone, bilan GES, réglementation pour orienter les prises de décision, ...). A ce jour aucune de ces méthodes n'a fait consensus au sein du groupe de travail « électricité » de la Base Carbone®.

A l'occasion du débat sur la future réglementation environnementale du bâtiment RE2020, l'ADEME préconise d'exploiter la richesse de deux approches complémentaires:

- Dans une approche **comptable ou de bilan**, notamment pour la réalisation de bilans d'émissions de gaz à effet de serre, faisant état de la situation actuelle (objectif de la Base Carbone®), l'ADEME préconise d'abandonner la méthode historique « *saisonnalisée par usage* », et propose de la remplacer par une méthode moyenne déclinée par usage sur la base des profils mensuels de consommation et de production actuels (3 ou 5 dernières années): la méthode moyenne « **mensualisée par usage** ».
- Dans une optique d'évaluation ex-ante de **politique publique**, l'ADEME a préconisé, depuis 2015, l'utilisation d'une méthode incrémentale, afin d'**analyser l'impact prospectif d'une politique publique** sur le contenu CO₂ de l'électricité ; cette analyse reposant sur des projections futures du parc de production et de la consommation est d'autant plus pertinente dans le cadre de la réglementation sur les bâtiments neufs, qui ont une très longue durée de vie ;

Dans le cadre de la RE2020, la méthode moyenne « mensualisée par usage » a été retenue par les pouvoirs publics pour déterminer le facteur d'émissions pour l'usage du chauffage. Elle aboutit à la valeur de 79gCO₂/kWh¹, soit une division par 2,3 par rapport à la valeur utilisée dans la RT2012.

Dans une approche visant à appréhender l'impact prospectif de la politique publique, il convient néanmoins de s'assurer qu'un développement fort du chauffage électrique, qui serait vu comme une conséquence de la fixation de ce paramètre, n'impliquera pas une évolution du mix électrique aboutissant, de fait, à invalider l'hypothèse de 79gCO₂/kWh de chauffage ?

Pour cela, depuis 2019, RTE et l'ADEME mènent des travaux² afin d'évaluer l'impact de différents scénarios d'électrification du chauffage en France, dans plusieurs contextes de rénovations du parc de bâtiment et d'évolution du mix électrique. Ces travaux ne visent pas à déterminer le facteur d'émission pour l'usage du chauffage ; ils permettent de comparer les conséquences techniques, économiques et sur les émissions de CO₂ d'un grand nombre de scénarios³. **Au périmètre européen, en utilisant une « méthode incrémentale avec adaptation du mix électrique », et dans le contexte d'un système électrique français ayant évolué conformément à la PPE, l'électrification additionnelle du chauffage de 3 millions de logements, selon le rythme prévu par la SNBC à l'horizon 2035, conduit à des émissions de CO₂ de l'ordre de 80g/kWh.** Ce chiffre est variable selon les scénarios et dépend de nombreux paramètres, dont certains relèvent des décisions prises dans les pays voisins. Par ailleurs, il n'est pas directement comparable avec le résultat de la méthode moyenne en raison des écarts de méthodologie et de périmètre. **Il donne toutefois un éclairage cohérent au chiffre de 79g/kWh retenu par les pouvoirs publics pour la RE2020.**

Cette méthode incrémentale se basant sur une politique publique « réussie et conforme aux objectifs » alliant électrification et efficacité énergétique à l'horizon 2035, **l'ADEME considère que le facteur d'émission de 79g retenu par les pouvoirs publics pour le chauffage doit être considéré comme une valeur minimale à maintenir pour les années à venir.** Tout en confirmant l'utilité de transferts vers l'électricité pour atteindre les objectifs de neutralité carbone, les résultats préliminaires de l'étude RTE/ADEME mettent effectivement en lumière certaines difficultés potentielles d'un scénario où le développement des usages de l'électricité se ferait sans effort d'efficacité (pas de généralisation des PAC) et où les autres leviers (isolation du bâti, développement de l'éolien et du solaire) ne se traduiraient pas dans la réalité.

¹ Chiffre calculé pour l'année 2017. Sur les 6 dernières années, cette valeur varie de 40 gCO₂/kWh (2014, hiver très doux) à un peu plus de 80 gCO₂/kWh (pour les hivers les plus rigoureux)

² Publication à venir, septembre 2020

³ Ces travaux sont réalisés avec un double prisme : (1) une analyse des émissions au périmètre national et (2) une analyse des émissions au périmètre européen (qui mettent en jeu une concurrence entre réduction des émissions domestiques et réduction des émissions dans les pays voisins via les imports/exports d'électricité)

Table des matières

SYNTHESE.....	1
1. Il existe différentes méthodes de calcul du contenu CO ₂ de l'électricité répondant chacune à des enjeux spécifiques.....	4
1.1 Rappel des enjeux et problématiques liés à ce calcul.....	4
1.2 Périmètre technique du calcul.....	4
1.3 Cas particulier du contenu CO ₂ moyen du kWh consommé.....	5
1.4 Spécificités et finalités des principales méthodes de calcul, par usage.....	5
1.5 Rappel des principales méthodes de calcul du contenu CO ₂ par usage.....	6
1.6 Tableau synthétique des différentes méthodes.....	9
2. Les pouvoirs publics ont récemment pris la décision d'utiliser une méthode mensuelle pour l'usage chauffage de la future réglementation des bâtiments neufs, aboutissant à une valeur significativement plus faible que la valeur utilisée précédemment.....	10
2.1 La méthode historique saisonnalisée par usage est maintenant considérée comme obsolète.....	10
2.2 Les méthodes proposées dans l'expérimentation E+C- et la réglementation RE2020	11
2.3 Quelles peuvent être les conséquences du choix de la méthode mensualisée par usage pour la RE2020 ?.....	12
3. La mise en perspective des différentes méthodes de calcul du contenu CO ₂ , à court et moyen-terme, permet d'identifier une cohérence entre les valeurs utilisées à ce jour, leur évolution au titre de la RE2020 et leur estimation prospective.....	13
3.1 La méthode mensualisée appliquée au chauffage : résultats actuels et estimations à 2035	13
3.2 Résultats de l'étude RTE/ADEME sur le chauffage électrique, à horizon 2035.....	14
4. Les limites liées à l'interprétation et l'utilisation des valeurs du contenu CO ₂	15
4.1 Importance du périmètre géographique retenu.....	15
4.2 Les phénomènes de « variabilité » propres à la méthode incrémentale.....	16
4.3 Cas du chauffage : robustesse des valeurs à l'isolation effective des bâtiments.....	16
4.4 Cas des autres usages.....	17
ANNEXES.....	18
1. Rappel : conclusion des échanges du GT « Electricité » de la Base Carbone du 28/09/18.....	18
2. Données de contenu CO ₂ (source : ADEME et RTE).....	18
3. Contenu de l'annexe 3 du référentiel E+C- de 2016.....	19

1. Il existe différentes méthodes de calcul du contenu CO₂ de l'électricité répondant chacune à des enjeux spécifiques.

1.1 Rappel des enjeux et problématiques liés à ce calcul

Le calcul du contenu CO₂ du kWh d'électricité répond à des besoins de diverses natures : réglementaire, stratégique, économique... La présente note vise à éclairer le calcul du contenu CO₂ du kWh utilisé pour le chauffage électrique, du point de vue méthodologique, et à le mettre en perspective avec la valeur de 79 gCO₂/kWh retenue dernièrement dans le cadre de la RE2020.

Le chauffage électrique intervient par essence lors des périodes de froid, de façon significative : jusqu'à plus de 30 GW appelés. En outre, il est quasiment absent en été. Par conséquent, cet usage a un impact significatif sur le système électrique à plusieurs titres :

- a) Il fait appel à tout type de moyens de production électrique : base, semi-base et pointe (selon la terminologie communément utilisée) ;
- b) Il peut occasionner des pointes de consommation très critiques (exemple : hiver 2012) ;
- c) Sa forte « thermosensibilité » rend son profil de consommation très variable d'une année sur l'autre et implique un parc de production bien adapté, notamment en termes de flexibilité et de dimensionnement, ainsi qu'en matière d'interconnexion en provenance de pays limitrophes.

C'est la raison pour laquelle le chauffage électrique fait l'objet de nombreuses analyses spécifiques, dont la présente note.

Dans le cas particulier de la France métropolitaine (France), pays au mix électrique peu carboné et très exportateur, l'évolution de cet usage nécessite une analyse d'impact sur les échanges d'électricité. La capacité de la France à décarboner le système électrique européen, notamment grâce à son parc électronucléaire à ce jour, est diminuée lorsque la consommation intérieure de chauffage électrique augmente d'une certaine quantité, puisque les exportations d'électricité françaises en sont réduites d'autant.

Dans cette note, l'ADEME se fonde en partie sur la méthodologie de calcul utilisée pour fournir les données relatives au contenu carbone de l'électricité issue de la Base Carbone⁴, base de données publiques de facteurs d'émissions. Cette dernière est administrée par l'ADEME, sous la validation d'un comité de gouvernance regroupant divers acteurs publics et privés.

1.2 Périmètre technique du calcul

Eu égard à la complexité du système électrique et la diversité des approches méthodologiques d'un tel calcul, ce paragraphe précise le périmètre technique considéré dans la présente note.

- **Le contenu CO₂ concerne le kWh consommé.**

⁴ <https://www.bilans-ges.ademe.fr/fr/accueil/contenu/index/page/presentation/siGras/0>

Le terme « contenu CO₂ du kWh » peut désigner le kWh produit en France comme le kWh consommé. Dans la présente note, il s'agit du kWh consommé.

- **Le contenu CO₂ intègre par défaut les émissions dites directes et indirectes.**

Il s'agit respectivement des émissions issues de la production d'une part, et de la fabrication des moyens de production, de l'extraction et de l'acheminement des combustibles d'autre part.

- **Le calcul nécessite des données de plusieurs natures: observées, estimées ou modélisées.**

Il est possible de classer les données nécessaires au calcul selon trois principales catégories :

- 1) Les « facteurs d'émission » (en gCO₂ par kWh produit) associés à chaque moyen de production

Ce sont des données d'entrées. Elles sont tirées des données validées de la Base Carbone®.

- 2) Les quantités d'électricité produites par moyen de production sur le sol français (et imports)

Ces données sont recueillies et fournies par RTE⁵. Le pas de temps mensuel est utilisé.

- 3) Les quantités d'électricité consommées, par usage, classées par catégorie (cf. détails des catégories dans la Base Carbone®)

Ces quantités sont estimées par RTE, à partir de ses modèles. Dans la présente note, l'ADEME se base sur les données avec un pas de temps mensuel que RTE lui transmet annuellement.

1.3 Cas particulier du contenu CO₂ moyen du kWh consommé

Le cas du calcul moyen du contenu CO₂ de l'électricité consommée, tous usages confondus, est relativement simple à réaliser et ne fait pas l'objet de débat majeur. Il correspond au quotient des deux valeurs suivantes :

- au dénominateur, la quantité d'électricité consommée sur le sol français ;
- au numérateur, la quantité d'émissions de CO₂ associée à cette consommation (émissions liées aux imports incluses et émissions liées aux exports exclues).

Les valeurs du contenu moyen fournies par la Base Carbone® depuis 2015 sont comprises entre 55 et 60 gCO₂/kWh au niveau du point de consommation, c'est-à-dire pertes du système incluses (par ailleurs, ces valeurs sont les moyennes glissantes sur les 4 années précédentes, pondérées par la quantité d'énergie produite). La tendance de ce chiffre moyen depuis 2010 est à la baisse, avec la fermeture progressive des centrales fioul et à charbon.

1.4 Spécificités et finalités des principales méthodes de calcul, par usage

La spécificité de l'usage chauffage, détaillée ci-avant, est une illustration de la nécessité de distinguer le contenu CO₂ du kWh électrique par usage, car chacun d'eux a un impact significativement différent sur les moyens de production appelés, et donc sur les émissions de CO₂. Utiliser indistinctement le contenu CO₂ moyen du système électrique pour établir un bilan carbone des usages ou pour élaborer une réglementation serait un

⁵ <https://www.rte-france.com/fr/eco2mix/eco2mix>

choix manquant d'anticipation, au regard des conséquences critiques que peuvent induire la sollicitation maximale du système électrique.

En outre, les différentes finalités de ces quantifications du contenu CO₂ du kWh électrique par usage (réglementation, comptabilité carbone...) requièrent, sauf exception, des méthodes différentes. En l'occurrence, toutes les méthodes décrites ci-après n'ont clairement pas vocation à remplir le même objectif. Chacune a son utilité spécifique :

- soit celle d'établir des bilans, en fonction des types de consommateur et de leurs usages (approche attributionnelle) ;
- soit celle d'évaluer l'impact d'une nouvelle consommation sur le mix électrique (approche plutôt conséquencielle)

1.5 Rappel des principales méthodes de calcul du contenu CO₂ par usage

Cette synthèse des différentes méthodes de calcul se fonde sur des analyses réalisées dans le cadre de la Base Carbone® et du Groupe de Travail « électricité ». Ne sont retenues ici que les analyses qui ont eu une place prépondérante dans ces échanges, et qui continuent à faire débat.

• La méthode actuellement utilisée par la Base Carbone® : la méthode saisonnalisée par usages

Avec cette méthode, chaque usage est ainsi décomposé en une part saisonnalisée et une part non saisonnalisée (ou « en base »). La part saisonnalisée se voit attribuer un facteur d'émission élevé (reflétant la part importante de production thermique conventionnel) ; la part non saisonnalisée, un facteur d'émission faible (prédominance du nucléaire).

La notion de « production de base », pour un moyen de production donné, se fonde sur le minimum de production constaté, à la maille mensuelle, sur l'année. Par exemple, pour la production d'électricité issue du charbon, ce minimum correspond généralement à la production lors d'un des mois de l'été.. La production « dite saisonnalisée » correspond à tout ce qui est produit au-delà de ce talon de production minimum. Il est donc possible de calculer les émissions de CO₂ du kWh en base et saisonnalisé⁶. Selon le même principe, pour un usage donné, la consommation de base est égale au minimum mensuel multiplié par 12, et la consommation saisonnalisée correspond à tout ce qui est consommé au-delà de ce talon de consommation minimum. On calcule ensuite un « pourcentage de saisonnalité » correspondant à la part de la consommation saisonnalisée dans la consommation annuelle. Par exemple, pour le chauffage, le minimum annuel se situe généralement au cours d'un mois estival et équivaut à zéro, donc la consommation de base est nulle : aussi le chauffage est-il considéré comme un usage « 100% saisonnalisé ».

La tendance depuis 5 ans est une baisse continue du contenu CO₂ de l'usage chauffage calculé à partir de cette méthode, passant d'un ordre de grandeur de 200 gCO₂/kWh au début de la décennie 2010 à moins de 150 gCO₂/kWh actuellement. Cette tendance est

⁶ Sur les 5 dernières années, FE en base compris entre 10 et 35gCO₂/kWh ; FE saisonnalisé compris entre 120 et 190 gCO₂/kWh

conforme à la baisse tendancielle des émissions du système électrique français et européen. En outre, elle est destinée à être continue, étant donné l'évolution du système électrique telle que fixée par la PPE et les orientations de la SNBC.

- **Les méthodes moyennes, qu'elles soient au pas de temps horaire, journalier ou mensuel**

Le principe commun à ces méthodes est de relier le contenu CO₂ moyen du système électrique, au pas de temps temporel considéré, avec un profil d'usage. A titre d'exemple, la méthode mensualisée (c'est-à-dire au pas de temps mensuel) estime le contenu CO₂ d'un usage selon les étapes suivantes :

- a) Pour chaque mois, calcul d'un « facteur d'émission » du parc de production électrique français (valeur en gCO₂/kWh), tenant compte de la part respective de chaque moyen de production ;
- b) Pour chaque mois également, calcul de la part de la consommation de l'usage sur sa consommation annuelle (valeur en %, pour chaque mois) ;
- c) Ensuite, calcul du produit de ces deux résultats (valeur en gCO₂/kWh) pour chacun des 12 mois de l'année ;
- d) Enfin, somme des valeurs précédentes, de sorte à obtenir un résultat de contenu CO₂ reflétant le profil annuel de cet usage.

Le calcul au pas de temps horaire fonctionne selon le même principe, à ceci près qu'il nécessite des chroniques de production et d'usage beaucoup plus précises (sur les 8760 heures de l'année).

Les méthodes moyennes traduisent bien la variabilité des émissions de CO₂ du parc de production au pas de temps considérée, mais par rapport à la méthode saisonnalisée par exemple, elles ont pour effet de niveler le contenu CO₂ de chaque usage autour du contenu CO₂ moyen du système électrique français. Appliquée au chauffage, les méthodes moyennes aboutissent à des résultats certes supérieurs mais du même ordre de grandeur, à quelques gCO₂/kWh près, que ce contenu CO₂ moyen (valeur de 40 à 80 gCO₂/kWh depuis 5 ans).

- **Les méthodes à but prospectif :**

1. La méthode marginale

Avec cette méthode, on considère une action à la marge de l'ensemble du système électrique et on analyse son impact. Par exemple pour une action de maîtrise de l'énergie permettant de diminuer la consommation de quelques MWh, on considère que l'on évite les émissions des derniers moyens appelés, souvent très carbonés. Cette méthode est adaptée à un cadre prospectif puisqu'elle évalue l'influence d'une action susceptible de modifier significativement la réponse du système électrique en termes d'émission (comportement critique au moment des pointes d'appel de puissance). Cependant le calcul n'est par définition valable qu'à la marge d'un système donné, et n'est donc pas généralisable à un volume important, à une transformation impliquant un déploiement simultanée de nouvelles solutions (par exemple : développement de l'électricité dans le transport et le bâtiment de manière simultanée) ou dans une approche prospective à long terme. Elle ne permet pas non plus d'évaluer l'influence du mix électrique sur l'impact carbone global de la somme des usages (on parle d'un défaut d'additivité).

2. la méthode incrémentale

Cette méthode consiste à comparer les émissions de CO₂ d'un scénario prospectif de référence avec un scénario prospectif de politique publique associant évolution des usages et du mix de production.

Ce principe méthodologique peut se décliner selon deux variantes concernant le parc de production :

- soit ce dernier reste inchangé entre les deux cas de figure ;
- soit il est augmenté d'une certaine capacité de production, quantifiée de sorte à répondre à l'incrément, c'est-à-dire produire sur l'année la quantité d'électricité supplémentaire induite.

En pratique, la quantité globale correspond à la quantité d'électricité consommée annuellement, et l'incrément peut être une unité de consommation (un GWh, un TWh...) ou bien une quantité correspondant à l'ajout d'un besoin spécifique (des logements à chauffer, par exemple).

La méthode incrémentale s'accorde bien avec des analyses prospectives nécessitant une anticipation et une modélisation des profils d'usage et du parc de production. Mais il serait inadapté de l'utiliser dans la Base Carbone®, qui fournit le contenu CO₂ d'usages actuels permettant de quantifier les émissions des années passées, avec pour exigence de respecter le profil de consommation observé des usagers.

Des travaux menés conjointement par RTE et l'ADEME depuis 2017, qui seront désignés par la suite sous l'appellation « d'étude RTE/ADEME sur le chauffage électrique », se fondent sur l'emploi de la méthode incrémentale. L'horizon temporel est l'année 2035, selon un prolongement tendanciel des objectifs de la PPE (données disponibles via le décret n° 2020-456 du 21 avril 2020). Les résultats de ces simulations sont détaillés ci-après.

1.6 Tableau synthétique des différentes méthodes

Nom de la méthode	Principe	Commentaires spécifiques	Valeur indicative	
			actuel	2030
Saisonnalisée par usage	<ul style="list-style-type: none"> Repose sur une distinction entre une production (resp. consommation) de base et une production (resp. consommation) dite saisonnalisée Permet de rendre compte des émissions de CO₂ liées chauffage dues aux moyens thermiques supplémentaires appelés en période hivernale 	<ul style="list-style-type: none"> Méthode actuellement employée dans le cadre de la Bas Carbone® Sur 4 années glissantes, valeur pour le chauffage de 200 gCO₂/kWh au début de la décennie 2010 à moins de 150 gCO₂/kWh actuellement Non additive Non adaptée au profils de production en croissance du PV et de la climatisation Aujourd'hui considérée comme obsolète 	150 g CO ₂ /kWh pour le chauffage	
Moyenne (annuelle, mensuelle, horaire...) par usage	<ul style="list-style-type: none"> Moyenne du contenu CO₂ moyen de la production électrique relative à un pas de temps (horaire ou mensuel généralement), pondérée par la quantité d'électricité consommée par un usage donné au cours de la même période Méthode permettant de relier la variabilité des émissions du parc de production à la variabilité des usages, mais d'une façon plus nivelée que la méthode « saisonnalisée » 	<ul style="list-style-type: none"> Méthode additive Valeurs situées autour du contenu CO₂ moyen, donc peu différenciante entre les usages Méthode simple à calculer basée sur des données passées Méthode officiellement retenue pour la RE2020 selon le communiqué de presse du MTES relatif à la RE2020 en date du 14 janvier 2020 	79 g CO ₂ /kWh pour le chauffage, année 2017	30-40g CO ₂ /kWh p
Marginale	Elle évalue l'impact d'un incrément marginal de consommation d'un usage donné sur les émissions CO ₂ des derniers moyens appelés nécessaires à cet incrément, à la marge du mix électrique actuel.	<ul style="list-style-type: none"> Méthode non additive et valable uniquement à la marge d'un système donné. Forte sensibilité. Difficile à généraliser. 	400 g à 1000g CO ₂ /kWh selon le moyen de production marginal	
Incrémentale	Evalue l'impact conjoint d'une évolution prospective des usages avec une évolution du mix électrique. Vise à qualifier l'impact d'une politique publique.	<ul style="list-style-type: none"> Seule méthode permettant une évaluation des impacts futurs d'une politique publique Méthode présentant une grande variabilité de résultats selon les incertitudes: adaptation du parc électrique, niveau d'isolation des logements → Se référer aux chapitres suivants de la présente note. 	80 g CO ₂ /kWh pour le chauffage (avec incertitude)	

2. Les pouvoirs publics ont récemment pris la décision d'utiliser une méthode mensuelle pour l'usage chauffage de la future réglementation des bâtiments neufs, aboutissant à une valeur significativement plus faible que la valeur utilisée précédemment

Ce chapitre présente les différentes modifications récentes dans les méthodes utilisées par les pouvoirs publics.

2.1 La méthode historique saisonnalisée par usage est maintenant considérée comme obsolète

- **Un choix initial porté sur la méthode saisonnalisée**

La méthode saisonnalisée est actuellement employée pour mettre à jour les valeurs de contenu CO₂ du kWh par usage dans la Base Carbone®. Cette méthode a historiquement été privilégiée afin de rendre compte des fortes disparités du contenu CO₂ du système de production au niveau national entre les saisons ainsi qu'en fonction des heures de la journée, que le contenu moyen ne pouvait mettre en exergue. Les analyses montraient une amplitude des moyennes horaires au sein d'une même journée pouvant varier d'un facteur 5, de même que les moyennes mensuelles.

Les valeurs publiées sur le site correspondent ainsi à la moyenne des 4 dernières années afin de lisser leur variabilité.

- **Une méthode saisonnalisée de plus en plus critiquée au fil des années, notamment au regard de l'évolution du parc de production et des usages**

Les principales limites de la méthode saisonnalisée sont liées à son principe-même d'élaboration. En effet, l'idée générale qui sous-tend cette méthode est qu'il est possible de scinder l'année en deux grandes périodes (ou « saisons »), correspondant à deux types d'équilibre offre/demande :

- Une saison « douce », de type printanière et estivale, n'occasionnant pas de fort appel de puissance de type chauffage ou eau chaude, et faisant appel à une production peu carbonée ;
- Une saison « froide », de type automnale ou hivernale, faisant appel à des productions carbonées pour satisfaire des demandes supérieures, essentiellement dues au froid.

Or ce raisonnement ne correspond pas de façon exhaustive ni systématique au système électrique, que ce soit en termes de production ou de consommation. Les raisons sont notamment que :

- La production hydraulique présente certes une saisonnalité, mais pas selon une segmentation entre saison froide et saison douce ;
- La production photovoltaïque présente une saisonnalité qui est l'exacte contraire des productions carbonées appelées pour la production de chaleur ; de même pour des usages comme la climatisation ;
- La flexibilité des usages, qui vise à limiter la production d'origine thermique, n'est pas bien prise en compte avec cette méthode ; or c'est un phénomène qui va se développer.

En outre, la méthode saisonnalisée présente un problème d'adaptabilité à l'évolution du parc de production électrique. Pour l'expliquer succinctement : même si le « bandeau » de production de base augmentait très significativement dans les prochaines années, grâce notamment aux EnR, l'usage chauffage serait continuellement associé à un usage « 100% saisonnalisé », et par conséquent, dépendant du contenu CO₂ des quelques TWh de production thermique résiduels. Et ce, même si ces derniers venaient à ne représenter que quelques infimes pourcentages de la production totale (tandis que le chauffage représente 10 à 15% de la consommation totale).

Pour ces raisons, même l'usage « chauffage », qui est par essence un usage lié à la température, n'est pas forcément bien traité par cette méthode. Lors de deux dernières rencontres du groupe de travail « Electricité » de la Base Carbone® courant 2018, la méthode saisonnalisée a fait l'objet de critiques argumentées et partagées par l'ensemble des acteurs⁷. La volonté du MTES de se tourner vers la méthode mensualisée pour le RE2020 s'inscrit dans la continuité de ces échanges et témoigne de la prise de conscience de ces problématiques méthodologiques.

- **La position historique de l'ADEME concernant des alternatives à la méthode saisonnalisée**

Depuis 2016, l'ADEME se positionne sur des alternatives à la méthode historique de la Base Carbone®, en préconisant d'exploiter la richesse des différentes méthodes. En particulier :

- Dans une optique de politique publique, l'ADEME préconise l'utilisation d'une méthode incrémentale, afin d'analyser l'impact de différents scénarios de développement des énergies ;
- Dans une optique d'approche comptable, notamment pour la réalisation de bilans d'émissions de gaz à effet de serre, faisant état de la situation actuelle (objectif de la Base Carbone®), **l'ADEME préconise d'abandonner la méthode historique « saisonnalisée par usage », conformément aux recommandations du groupe de travail « électricité » de la Base Carbone® qui juge cette méthode obsolète. L'ADEME propose de la remplacer par une méthode moyenne déclinée par usage sur la base des profils mensuels de consommation et de production : la méthode mensualisée par usage.** Cette méthode permettrait de mieux rendre compte des variabilités actuelles de l'appareil de production et des profils de consommation observés. En théorie, un calcul sur un pas de temps plus fin (horaire par exemple) serait encore plus intéressant pour refléter cette variabilité et le développement de la flexibilité de la consommation, mais, en l'état des données disponibles, un calcul mensuel est un bon point d'équilibre.

2.2 Les méthodes proposées dans l'expérimentation E+C- et la réglementation RE2020

En novembre 2016, l'administration a annoncé la création d'une expérimentation – « Expérimentation E+C- » - venant préfigurer les travaux nécessaires à l'élaboration de la nouvelle réglementation environnementale pour les bâtiments neufs, dite RE2020.

⁷ Voir annexes

Dans le cadre de cette expérimentation un référentiel de calculs énergétique et environnemental officiel a été proposé aux acteurs volontaires. Dans l'annexe 3 de ce référentiel, qui détaille les données environnementales relatives aux énergies, sont indiqués les « impacts de l'électricité sur le cycle de vie selon les usages ». (Indicateur de réchauffement climatique en g CO₂ eq/kWh). Dans cette annexe, à défaut d'avoir finalisé une méthode plus satisfaisante dans le cadre des ateliers de concertation réalisés alors, les Pouvoirs Publics ont maintenu l'utilisation de la méthode saisonnalisée par usage, malgré son caractère obsolète. Le facteur d'émission du chauffage y était alors de 210gCO₂eq/kWh⁸.

En 2019, la DGEC⁹ a proposé « de changer la méthode de calcul du facteur d'émission de l'électricité pour aller vers une méthode mensualisée par usage. **Cette méthode associe à chaque mois de l'année un contenu carbone moyen et à chaque usage une consommation différente pour chaque mois de l'année, ce qui permet de calculer un facteur d'émission annuel moyen pour chaque usage.** Cette méthode a de nombreux avantages : simplicité, transparence, objectivité, compatibilité avec le fichier de calcul de la RT atteignable avec peu d'effort, bon reflet de la saisonnalité des usages, respect de l'additivité des usages. Elle ne permettrait pas en revanche de mettre en avant les usages flexibles (chauffage intelligent, chauffages bi-énergies...) de l'électricité comme pourrait le faire une méthode horaire. D'après des travaux menés par l'Ademe à la fin de l'année 2015, elle conduirait à un facteur d'émission pour le chauffage à hauteur d'environ 80 gCO₂/kWh soit une réduction du facteur d'émission d'environ 60 % par rapport à la méthode actuelle. Le chiffre de 80 gCO₂/kWh doit simplement être pris comme un ordre de grandeur indicatif et non comme le chiffre qui sera in fine retenu après la révision. »

La valeur des 79 gCO₂/kWh est apparue officiellement dans le communiqué de presse du MTES relatif à la RE2020 en date du 14 janvier 2020 : « Pour mener à bien cette nouvelle phase d'étude, certains paramètres de calcul doivent être fixés. Le facteur d'émission de CO₂ de l'électricité utilisée pour le chauffage sera déterminé par la méthode mensualisée par usage et verra donc sa valeur actualisée à 79 g/kWh, afin d'être plus conforme à la réalité constatée. »

2.3 Quelles peuvent être les conséquences du choix de la méthode mensualisée par usage pour la RE2020 ?

Les méthodes moyennes, et a fortiori la méthode moyenne mensualisée, est une méthode que l'ADEME considère pertinente pour estimer le contenu carbone du chauffage lorsqu'on réalise des bilans, pour plusieurs raisons :

- elle est simple à comprendre et à calculer ;
- elle reflète l'aspect saisonnalisé du chauffage (en permettant d'associer le chauffage aux moyens de production appelés lors de son usage) ;

⁸ Voir en annexe les données détaillées

⁹ note déposée dans le site internet « bâtiment-énergie carbone » de l'Expérimentation E+C-, intégrée à une puce « autres rapport et notes » de l'onglet « Groupe d'expertise », faisait suite à une intervention orale de la DGEC en COTEC de l'Expérimentation E+C- en novembre 2019. Cette note qui s'intitule : « Révision de la méthode de calcul des facteurs d'émission et du facteur de conversion en énergie primaire de l'électricité » faisait état de la modification du choix méthodologique.

- elle est, mathématiquement parlant, additive (c'est à dire que, sur une année donnée, la somme des émissions de CO₂ de l'ensemble des différents usages, calculées via cette méthode, est directement égale au total des émissions du parc de production, sans aucune correction ou « rebouclage » nécessaire).

Néanmoins, dans le contexte de RE2020, il convient de s'interroger sur les potentielles conséquences sur le secteur de la baisse du contenu en CO₂ du kWh électrique, en passant de 210g à 79g. Les conséquences seront d'autant plus importantes que jusqu'à la RT2012, le bilan CO₂ en exploitation du bâtiment est calculé à titre informatif, alors que pour la RE2020, celui-ci fera très certainement l'objet d'un seuil réglementé.

Ce signal fort donné à l'électricité peut avoir plusieurs conséquences sur le secteur du bâtiment, et donc sur le mix électrique en mesure de faire face à ce niveau de demande :

- un potentiel retour dans les bâtiments neufs de radiateurs à effet joule pour chauffer certaines catégories de bâtiments neufs RE2020 là où les exigences de la RT2012 étaient parvenues à les écarter du marché au profit des énergies renouvelables (Près de 60% des MI neuves sont équipées de Pompes à chaleur); ce qui constituerait un véritable recul dans la performance des bâtiments neufs,
- une potentielle baisse du niveau d'isolation de l'enveloppe des bâtiments chauffés à l'électricité par rapport à la RT2012
- le développement du chauffage électrique pourrait se faire au détriment des énergies renouvelables (que ce soit chaleur via des PAC, la biomasse, voire des réseaux de chaleur.

Ce regain d'intérêt pour le chauffage électrique pourrait également se propager au marché de la rénovation, avec une augmentation du nombre de conversions fossiles vers électricité, également encouragée par l'évolution des dispositifs réglementaires exprimés en énergie finale (futur DPE opposable, décret tertiaire).

L'ensemble de ces paramètres pourraient avoir un impact non négligeable sur le système électrique et faire notablement diverger le Facteur d'émission réel des 79gCO₂/kWh fixé pour la RE2020.

3. La mise en perspective des différentes méthodes de calcul du contenu CO₂, à court et moyen-terme, permet d'identifier une cohérence entre les valeurs utilisées à ce jour, leur évolution au titre de la RE2020 et leur estimation prospective.

3.1 La méthode mensualisée appliquée au chauffage : résultats actuels et estimations à 2035

La méthode mensualisée, sur les 6 dernières années, donne des résultats compris dans une fourchette de l'ordre de 40 gCO₂/kWh (2014, hiver très doux) à un peu plus de 80 gCO₂/kWh (pour les hivers les plus rigoureux). 79 gCO₂/kWh est la valeur retenue dans le cadre de la RE2020¹⁰. En outre, empiriquement, on peut constater que la méthode

¹⁰ Les détails de ce calcul sont explicités dans la note du MTEs : XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX

mensualisée appliquée au chauffage donne des résultats du même ordre de grandeur, à quelques gCO₂/kWh près, que le contenu CO₂ moyen du système électrique français (valeur de 40 à 80 gCO₂/kWh depuis 5 ans) – en tenant compte des émissions directes et indirectes, pertes et imports/exports pris en compte.

Il est pertinent de mettre en perspective ces chiffres avec ceux estimés pour le système électrique de 2035 (selon une projection tendancielle de la PPE): à cet horizon, le système électrique français devrait produire de l'ordre de 600 TWh d'électricité et émettre de l'ordre de 10 MtCO₂ en émissions directes. En tenant compte également des émissions indirectes (calcul « en ACV »), il émettrait 20 MtCO₂. Par conséquent, le contenu moyen serait de l'ordre de 17 gCO₂/kWh en émissions directes et 34 gCO₂/kWh en calcul avec ACV.

Autrement dit, la méthode mensualisée appliquée au système électrique tel que prévu par la PPE devrait aboutir en 2035 à une valeur maximale de l'ordre de 30 à 40 gCO₂/kWh pour l'usage chauffage. La valeur de 79gCO₂/kWh retenue dans le cadre de la RE2020 est donc un majorant selon la méthode mensualisée par usage.

3.2 Résultats de l'étude RTE/ADEME sur le chauffage électrique, à horizon 2035

Un certain nombre de constats et de résultats ont été produits par l'étude susmentionnée, reproduits ici. Cette étude est en cours de finalisation et fera l'objet d'un rapport public, qui sera publié durant d'ici septembre 2020. Elle porte sur l'isolation du bâti, la transformation du mix électrique et l'électrification du chauffage en général (pas uniquement sur les logements neufs).

Il convient de rappeler que le chauffage alimenté au gaz naturel ou fioul émet aujourd'hui jusqu'à 400 g de CO₂ par kWh thermique généré. Eu égard à la part importante de ce chauffage, ses émissions annuelles associées, sur le périmètre du territoire métropolitain, s'élèvent à 80 MtCO₂, dont près de 50 MtCO₂ pour le secteur résidentiel (source CEREN). A titre de comparaison, l'ensemble de la production annuelle d'électricité française émet 20 MtCO₂ pour tous les usages qu'elle alimente. Dans ce contexte, l'objectif de l'étude est d'éclairer les enjeux associés aux choix publics sur l'évolution des solutions de chauffage et de l'isolation des bâtiments, en comparant plusieurs scénarios, en particulier :

- Un scénario «SNBC », basé sur une accélération du développement du chauffage électrique et de l'efficacité énergétique conforme aux orientations de la SNBC ;
- Un scénario tendanciel, correspondant aux trajectoires actuelles en matière d'électrification et d'efficacité énergétique (inférieures aux objectifs publics).

L'étude apporte des résultats selon différentes métriques. Celle qui importe surtout pour la présente note est la quantification du contenu CO₂ du kWh électrique selon la méthode incrémentale. **L'incrément pris en compte dans cette étude correspond à l'électrification de l'équivalent de 3 millions de logements (dans le neuf et l'existant) et représente de l'ordre de 5 TWh (pour une efficacité énergétique conforme à la PPE), soit environ 1 de la consommation d'électricité annuelle française.** En outre, les émissions

indirectes (c'est-à-dire le calcul « ACV incluse ») sont prises en compte, tant pour le système électrique français pour le système européen et les moyens de chauffage.

Littéralement, le résultat s'énonce de la façon suivante: **en rapportant les émissions induites sur le système électrique à l'échelle européenne (0,4 million de tonnes de CO₂ par an) au surcroît de consommation lié à l'électrification du chauffage (5 TWh), l'analyse aboutit à un contenu carbone, au périmètre européen, d'environ 80 gCO₂/kWh pour le scénario SNBC, avec adaptation du parc par de l'éolien.** Ce chiffre augmente dans le cas d'une faible efficacité énergétique (peu d'isolation) et forte électrification.

La part des émissions induites sur le système de production électrique européen est très significative car le système électrique français est très exportateur et peu carboné. Toute augmentation de la demande intérieure d'électricité, comme par exemple un surplus de chauffage électrique, réduit à la baisse les exports français et induit donc une production électrique supplémentaire en Europe, laquelle est plus carbonée, ce qui induit d'importantes émissions « hors France ». Ceci est vrai pour tout type de développement d'une consommation d'électricité bas-carbone, par exemple pour l'hydrogène bas-carbone.

L'étude montre qu'un développement significatif du chauffage électrique comme prévu dans la SNBC à l'horizon 2035 générera, dans le contexte d'un système électrique français ayant évolué conformément à la PPE, des émissions de CO₂ additionnelles au périmètre européen de l'ordre de 80g/kWh.

Ce chiffre est variable selon les scénarios et dépend de nombreux paramètres, dont certains relèvent des décisions prises dans les pays voisins. **Il donne toutefois un éclairage cohérent au chiffre de 79g/kWh retenu par les pouvoirs publics pour la RE2020.**

Pour l'ADEME, cette méthode incrémentale éclairant l'impact d'une politique publique alliant électrification et d'efficacité énergétique à l'horizon 2030, il conviendrait dès lors que le facteur d'émission de 79g retenu par les pouvoirs publics pour le chauffage soit maintenu dans la durée et non pas mis à jour tous les ans.

4. Les limites liées à l'interprétation et l'utilisation des valeurs du contenu CO₂

4.1 Importance du périmètre géographique retenu

Comme évoqué précédemment, les exports français d'électricité contribuent à ce jour à décarboner le système électrique européen « hors France », à raison de plusieurs centaines de ktCO₂ par TWh exporté (en 2018, la France a atteint un solde exportateur de 60 TWh). Toute hausse de la demande intérieure réduisant mécaniquement ces exportations, le bilan CO₂ sur le périmètre européen « hors France » est pénalisé par une augmentation du chauffage électrique en France. Cette dimension méthodologique de la méthode incrémentale, introduite dans l'étude RTE/ADEME sur le chauffage électrique, n'apparaît pas dans les méthodes liées à la Base Carbone® (on ne comptabilise pas le « bénéfice » environnemental des exports français sur le système européen). Ceci constitue donc une première limite à toute comparaison entre la méthode incrémentale appliquée au

périmètre européen et une méthode comme la méthode mensualisée « projetée » en 2035.

4.2 Les phénomènes de « variabilité » propres à la méthode incrémentale

La méthode incrémentale est par nature très dépendante des hypothèses retenues. Par exemple, la méthode incrémentale à parc figé donne un résultat très largement supérieur (contenu supérieur à 300 gCO₂/kWh) à ce que donnerait a posteriori, dans 10 ans, la méthode mensualisée comme la saisonnée (40 à 80 gCO₂/kWh).

La méthode incrémentale à parc adapté, quant à elle, présente beaucoup de « volatilité » en fonction des technologies qui sont introduites pour produire l'électricité nécessaire à l'incrément de consommation. Par exemple, si l'adaptation du parc destiné à produire les 5 TWh d'électricité supplémentaire (l'incrément utilisé dans l'étude RTE/ADEME sur le chauffage électrique) aboutit à une valeur de 80 gCO₂/kWh sur le périmètre européen avec de l'éolien, la même adaptation avec du nucléaire aboutit à une valeur de 15 gCO₂/kWh. Ceci constitue donc une deuxième limite à toute comparaison entre la méthode incrémentale appliquée au périmètre européen et une méthode comme la méthode mensualisée « projetée » en 2035.

Plus généralement, la valeur estimée dans l'étude RTE-ADEME présuppose donc que les objectifs d'évolution et de décarbonation du mix électrique français prévus dans la PPE seront bien atteints.

Par conséquent, au regard des § 4.1 et 4.2, la comparaison d'un résultat lié à la méthode incrémentale avec un exercice de projection fictive de la méthode de calcul actuelle de la Base Carbone® en 2035 (sur la base d'un scénario PPE, par exemple) nécessite beaucoup de prudence et d'explications méthodologiques, car les périmètres et les hypothèses de calcul sont bien différents.

4.3 Cas du chauffage : robustesse des valeurs à l'isolation effective des bâtiments

Le changement de méthode introduit dans le cadre de la RE2020 aboutit à un indicateur de 79 gCO₂/kWh susceptible de conduire à un développement plus rapide du chauffage électrique par rapport au chauffage combustible utilisant des énergies fossiles.

Il existe donc un risque que le développement des usages de l'électricité se fasse beaucoup plus vite que les autres leviers nécessaires aux conditions de réalisation de la transition énergétique : l'isolation et le développement des EnR. Etant donné le rythme actuel de rénovation, cette crainte est justifiée. A cet effet, l'étude RTE-ADEME comprendra des scénarios de développement du chauffage électrique dans un contexte dégradé sur la rénovation des logements, afin d'en préciser les conséquences.

Si les enjeux sur le neuf sont faibles en matière d'énergie, puissance et CO₂, ils sont plus importants pour l'existant. La transposition de la dynamique d'électrification dans l'existant doit donc (1) viser prioritairement les solutions de chauffage les plus émettrices, en particulier la substitution au fioul et (2) s'orienter davantage vers les pompes à chaleur sachant que l'amélioration de la performance énergétique du bâti est plus difficile à mettre en œuvre dans un contexte de rénovation.

4.4 Cas des autres usages

Si la méthode mensualisée par usage devait être généralisée dans la base carbone, on peut noter qu'elle aura tendance à niveler les contenus CO₂ des usages. En particulier, les contenus CO₂ des usages peu saisonnalisés vont mathématiquement se rapprocher du contenu CO₂ annuel moyen puisque les contenus mensuels seront uniformément pris en compte, sans pondération. Les usages saisonnalisés s'écarteront quant à eux un peu de ce contenu moyen. Le cas le plus extrême est le cas du chauffage, déjà analysé ci-avant, et hormis cet usage, seul l'éclairage présente un taux de saisonnalité significativement élevé (de l'ordre de 30 à 50%).

ANNEXES

1. Rappel : conclusion des échanges du GT « Electricité » de la Base Carbone du 28/09/18

Présents :

ADEME (Fanny FLEURIOT, David MARCHAL, Arnaud MAINSANT)

CGDD (Jean-Marc MOULINIER)

DGEC (Quentin DESLOT)

EDF (Thibaut BRAC DE LA PERRIERE, Raphaël PARENT)

ENEDIS (Bertrand JARRY)

ENGIE (Florence KHAYAT, Patrice HENNIG)

GRDF (Frédéric AGUILE)

RTE (Bianka SHOAI-TEHRANI, Christallan BRIEND, Cédric LEONARD, Maxime CHAILLET)

UFE (Damien SIESS)

Page 5 :

(...) Les membres du GT s'accordent également pour conclure sur le fait que la méthode proposée [une correction de différents paramètres de la méthode mensualisée par usage] par l'ADEME soit retenue, dans un premier temps, pour réaliser cette actualisation. Dans un second temps et toujours selon un consensus général du GT, une réflexion devrait être engagée pour envisager une modification de la méthode globale dite « saisonnalisée par usage ».

2. Données de contenu CO₂ (source : ADEME et RTE)

	Quantité de CO ₂ émis par le système électrique français, imports inclus (en MtCO ₂)	Contenu CO ₂ moyen du kWh produit en France (en gCO ₂ /kWh)	Contenu CO ₂ du chauffage, hors pertes réseaux, méthode saisonnalisée (en gCO ₂ /kWh)	Contenu CO ₂ du chauffage, hors pertes réseaux, méthode saisonnalisée , en moyenne sur les 4 dernières années pondérées par les quantités annuelles de chauffage (valeur Base Carbone année N+1) (en gCO ₂ /kWh)
2011	30	56	204	
2012	32	59	136	

2013	32	58	186	
2014	17	32	117	188
2015	24	44	149	162
2016	29	53	133	150
2017	35	63	166	150

3. Contenu de l'annexe 3 du référentiel E+C- de 2016

L'annexe 3 de ce référentiel détaille les données environnementales relatives aux énergies. Les valeurs retenues pour les « impacts de l'électricité sur le cycle de vie selon les usages » y étaient les suivantes (Indicateur de réchauffement climatique en g CO₂ eq/kWh) :

Résidentiel					Tertiaire				
Chauffage	Climatisation	ECS	Eclairage	Autres	Chauffage	Climatisation	ECS	Eclairage	Autres
210	65	83	121	65	210	66	66	66	66