

LA PLACE

DE L'ÉLECTRICITÉ DANS LA LUTTE CONTRE LE CHANGEMENT CLIMATIQUE

Alain Grandjean
Stéphane Amant - stephane.amant@carbone4.com

Quelle sera la place de l'électricité dans le mix énergétique de 2040, dans un scénario 2°C aligné avec l'Accord de Paris ?

Une action globale ambitieuse sur les émissions de la production électrique suffira-t-elle pour atteindre l'objectif des 2°C ?

Comment notre consommation d'énergie individuelle va-t-elle devoir évoluer dans un scénario 2°C ?

L'ambitieux projet de décarboner l'économie mondiale pour s'inscrire sur une trajectoire « 2°C » se limite souvent à la question de l'électricité, que ce soit en France ou ailleurs. Faire plus d'électricité, avec plus de moyens décarbonés, pour se substituer aux autres vecteurs énergétiques comme les fossiles: est-ce la question centrale? Cette note fait le point sur ce qu'on peut attendre de l'électricité et des autres formes d'énergie pour rester 2°C compatible.

1

LA PLACE DE L'ÉLECTRICITÉ DANS LE MIX ÉNERGÉTIQUE AUJOURD'HUI

L'ambitieux projet de décarboner l'économie mondiale pour s'inscrire sur une trajectoire « 2°C » se limite souvent dans les discours à la question de l'électricité.

En France par exemple, la controverse nucléaire contre renouvelables ne faiblit pas, occultant trop souvent les autres enjeux. Hors de nos frontières, décarboner l'économie se traduit en général par faire plus d'électricité, avec plus de moyens décarbonés, pour se substituer aux autres vecteurs énergétiques comme les fossiles. Mais est-ce vraiment la question centrale ?

Rappelons que le maintien de la température en-dessous de la barre des 2°C nécessite de diviser par deux les émissions de GES en 2050 par rapport à 1990. Rappelons aussi que la combustion des énergies fossiles compte pour 2/3 du total (cf. figure ci-dessous). En pratique, cela revient à passer de 32 à 11 GtCO₂ environ entre aujourd'hui et 2050, pour les émissions de CO₂ liées à l'usage de l'énergie. Soit de l'ordre de 17 GtCO₂ en 2040.

TOTAL ANNUAL ANTHROPOGENIC GHG EMISSIONS BY GASES 1970-2010

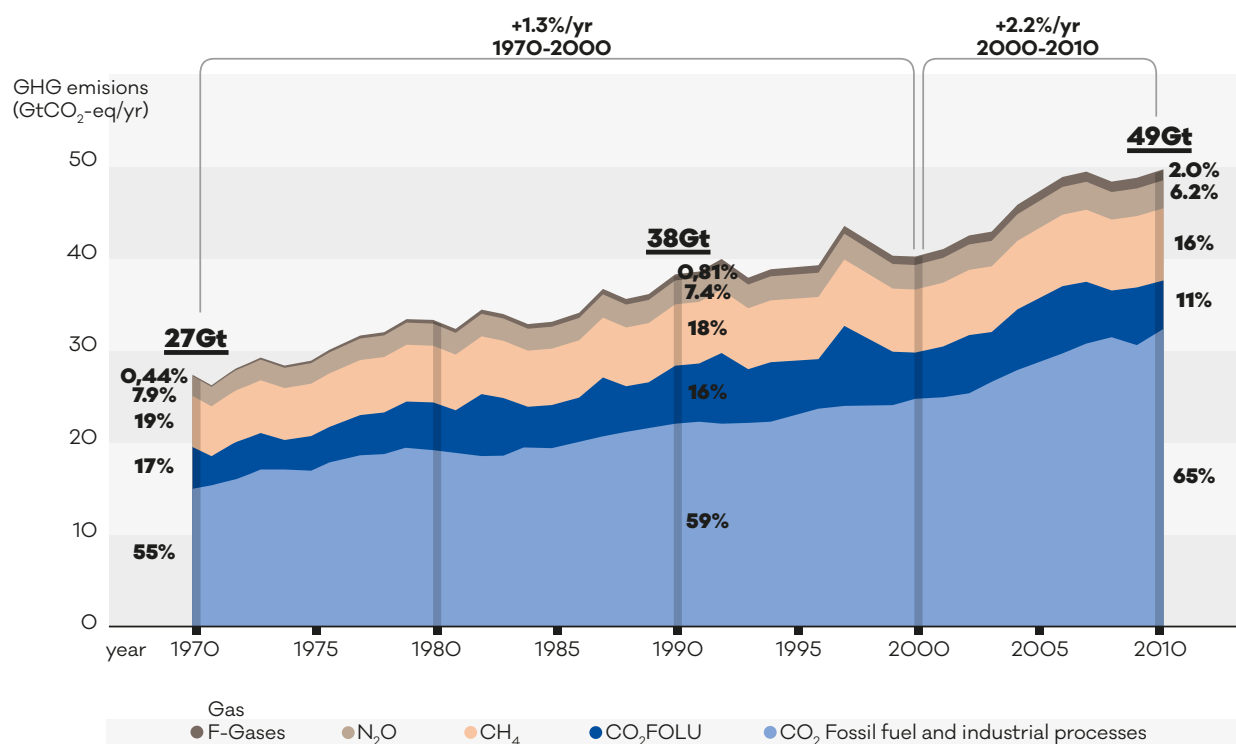


Figure 1 : évolution des émissions de GES d'origine anthropique (d'après GIEC AR5)

REVENONS À L'ÉLECTRICITÉ.

Si l'on observe la situation actuelle, force est de constater que la part de l'électricité dans le mix énergétique final mondial est relativement modeste : 18% en 2013 (source : AIE WEO 2015). Même dans les pays les plus avancés / riches comme le Japon, l'Union Européenne ou les Etats-Unis, ce chiffre peine à atteindre les 25%.

“ Si l'on observe la situation actuelle, force est de constater que la part de l'électricité dans le mix énergétique final mondial est relativement modeste : 18% en 2013 (source : AIE WEO 2015). Même dans les pays les plus avancés / riches comme le Japon, l'Union Européenne ou les Etats-Unis, ce chiffre peine à atteindre les 25%. ”

Ce chiffre tombe à 15% en Inde, et se trouve à des niveaux bien plus faibles dans la majorité des pays d'Afrique...

En ce qui concerne les émissions de CO₂ liées à l'électricité, on observe un grand écart (supérieur à un facteur 10) entre les pays (Norvège vs Chine par exemple), écart qui se réduit à un facteur 2 environ entre les grandes régions du monde (environ 400 gCO₂/kWh en Europe, contre près de 800 gCO₂/kWh en Chine + Inde).

Ces extrêmes naissent de la grande variété existante de moyens de production de l'électricité, avec une panoplie qui va des moyens très peu carbonés comme nucléaire et ENR, jusqu'aux moyens les plus carbonés (charbon et fioul lourd), en passant par des solutions intermédiaires comme le gaz naturel.

Au total, les émissions de CO₂ liées à l'électricité contribuent pour près de 45% aux émissions totales de CO₂ dues à l'énergie, contre 55% pour l'énergie finale « hors électricité ». Pour cette partie-ci de notre consommation, le facteur d'émission varie beaucoup moins entre les pays, car on trouve principalement là le transport (carburants pétroliers¹, les mêmes partout), le chauffage du résidentiel / tertiaire (gaz naturel², fioul¹, biomasse) et l'industrie lourde (surtout charbon³ et gaz naturel², avec peu de variations entre pays).

Le tableau ci-après fournit quelques chiffres à titre d'illustration : la 1^{re} ligne concerne les facteurs d'émissions de l'électricité, la 2^e ligne ceux de l'énergie finale hors électricité⁴ pour 2013.

MONDE	UE	ÉTATS UNIS	CHINE	JAPON	INDE
ÉLECTRICITÉ					
0,576	0,377	0,493	0,784	0,567	0,791
HORS ÉLECTRICITÉ & HORS SECTEUR ÉNERGIE (RAFFINERIES, ETC.)					
0,191	0,184	0,201	0,238	0,225	0,171

en kgCO₂/kWh

Tableau 1 : facteurs d'émissions de l'énergie en 2013 dans le monde et pour certaines régions / pays (d'après AIE WEO 2015, calculs Carbone 4)⁵

“ Au total, les émissions de CO₂ liées à l'électricité contribuent pour près de 45% aux émissions totales de CO₂ dues à l'énergie, contre 55% pour l'énergie finale « hors électricité ”

¹ environ 220 gCO₂/kWh thermique, déduit des données AIE.

² environ 190 gCO₂/kWh thermique, déduit des données AIE.

³ environ 315 gCO₂/kWh thermique, déduit des données AIE. (valeur moyenne Monde, car les chiffres peuvent différer sensiblement selon le type de charbon).

⁴ Ces facteurs d'émissions sont issus des données de l'AIE (WEO 2015 en l'occurrence). Pour l'électricité, il s'agit du rapport entre les émissions « Power generation » et le chiffre de « Total generation ». Pour le « hors électricité », les valeurs sont calculées à partir de l'énergie finale totale de laquelle est déduite la part de l'électricité. En outre, on ne tient pas compte ici des émissions du secteur de la transformation énergétique hors électricité (raffineries, etc.) qui ont un effet du second ordre pour notre analyse.

Enfin, toujours pour l'énergie finale « hors électricité », le passage des tCO₂/tep aux kgCO₂/kWh se fait à l'aide du ratio de 11,63 MWh par tep.

⁵ Les facteurs d'émissions reproduits dans ce tableau s'appuient de manière implicite sur les FE fossiles ci-dessus. En outre, même si cela n'est pas stipulé par l'Agence, il est probable que tous les usages de la biomasse sont comptabilisés avec un FE égal à zéro (pas de CO₂ fossile dans les émissions directes), d'après nos propres calculs de cohérence.

2

UN MIX ÉNERGÉTIQUE PAS FORCÉMENT DOMINÉ PAR L'ÉLECTRICITÉ DANS UN SCÉNARIO 2°C

Mais cela ne dit évidemment rien de ce que l'avenir nous réserve !

Plaçons-nous alors dans le cas de figure a priori le plus favorable, celui où se réalise le scénario 450 de l'AIE (compatible avec une trajectoire 2°C, cf. AIE WEO 2015). La part de l'électricité va-t-elle doubler ? tripler ? quadrupler ? L'Agence envisage dans ce scénario que cette part n'augmenterait que d'un tiers entre aujourd'hui et 2040, passant ainsi de 18 à... 24% ! Soit encore 76% de notre énergie finale reposant sur des fossiles et de la biomasse.

“ La part de l'électricité va-t-elle doubler ? tripler ? quadrupler ? L'Agence envisage dans ce scénario que cette part n'augmenterait que d'un tiers entre aujourd'hui et 2040, passant ainsi de 18 à... 24% ! Soit encore 76% de notre énergie finale reposant sur des fossiles et de la biomasse. ”

Certes, partout l'électrification du système énergétique progresserait grâce à la substitution (dans le chauffage, dans les transports notamment) et la hausse des usages (plus un pays se modernise, plus la part de l'électricité augmente), mais à des niveaux dépassant rarement les 30% (33% au Japon, 31% en Chine, 29% aux USA, 38% dans l'Union Européenne...).

L'AIE ne peut être soupçonnée d'hostilité envers l'électricité. Il se pourrait néanmoins qu'elle soit prudente en termes de transferts d'usages pour une raison assez

légitime. Le conservatisme est de rigueur dans ce domaine et les investissements d'électrification sont lourds. Il se pourrait cependant que des révolutions arrivent plus vite que prévu ; le secteur de l'électro-mobilité semble décoller après des années d'ankylose ; les EnR électriques deviennent compétitives et les progrès technico-économiques du stockage de l'électricité pourraient changer la donne. Enfin, la décarbonation de l'économie dans une trajectoire 2°C, doit se poursuivre après 2040 jusqu'à la neutralité carbone.

Nous reviendrons sur ces questions en conclusion, mais à ce stade nous faisons l'hypothèse que l'AIE ne se trompe pas d'ordre de grandeur sur un horizon de 25 ans.

La figure ci-dessous reprend ces données et les complète par l'évolution parallèle des émissions de CO₂ liées à l'énergie. On vérifie bien que le point de passage en 2040 est à environ 17 GtCO₂ !

ÉVOLUTION DE LA PART DE L'ÉLECTRICITÉ DANS LA DEMANDE D'ÉNERGIE FINALE ET DANS LES ÉMISSIONS DE CO₂ (zone : WORLD)

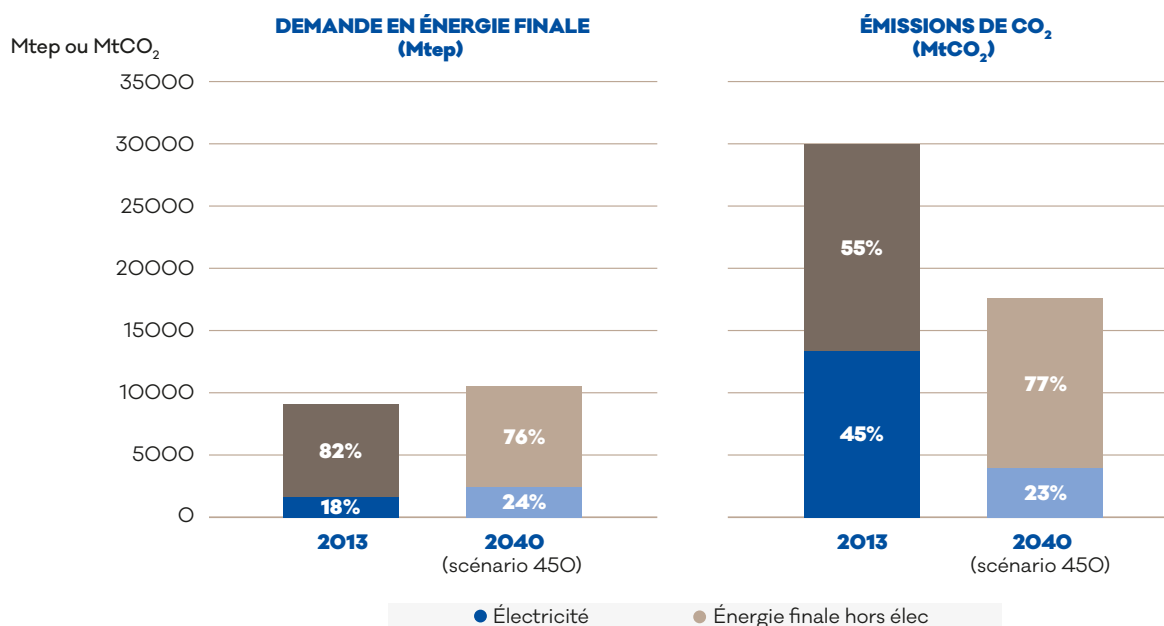


Figure 2 : évolution mondiale de la part de l'électricité dans la demande d'énergie finale et dans les émissions de CO₂ dans le scénario 450 de l'IEA (d'après AIE WEO 2015, calculs Carbone 4)

Ces chiffres nous montrent une chose.

Pour réussir la transformation vers une économie « 2°C compatible », il est imprudent de considérer que la solution passera uniquement par une forte substitution par l'électricité, doublée d'une forte réduction de son contenu en carbone.

Ainsi, l'AIE estime dans son scénario 450 que le facteur d'émissions de l'électricité devrait être réduit de 580 gCO₂/kWh aujourd'hui à environ 120g gCO₂/kWh en 2040...
Soit une baisse vertigineuse d'un facteur 5 !

Mais, compte-tenu de la contrainte associée à la trajectoire 2°C, ce progrès considérable ne suffirait toutefois pas à atteindre l'objectif : il faudrait que le contenu carbone de la partie « hors électricité » de notre énergie finale baisse dans le même temps de 25% environ, passant de 190 à 150 gCO₂/kWh environ (cf. figure ci-dessous).

” Pour réussir la transformation vers une économie « 2°C compatible », il est imprudent de considérer que la solution passera uniquement par une forte substitution par l'électricité, doublée d'une forte réduction de son contenu en carbone. ”

ÉVOLUTION DES FACTEURS D'ÉMISSIONS ENTRE 2013 ET 2040, DANS LE SCÉNARIO 450 DE L'AIE (zone : WORLD)

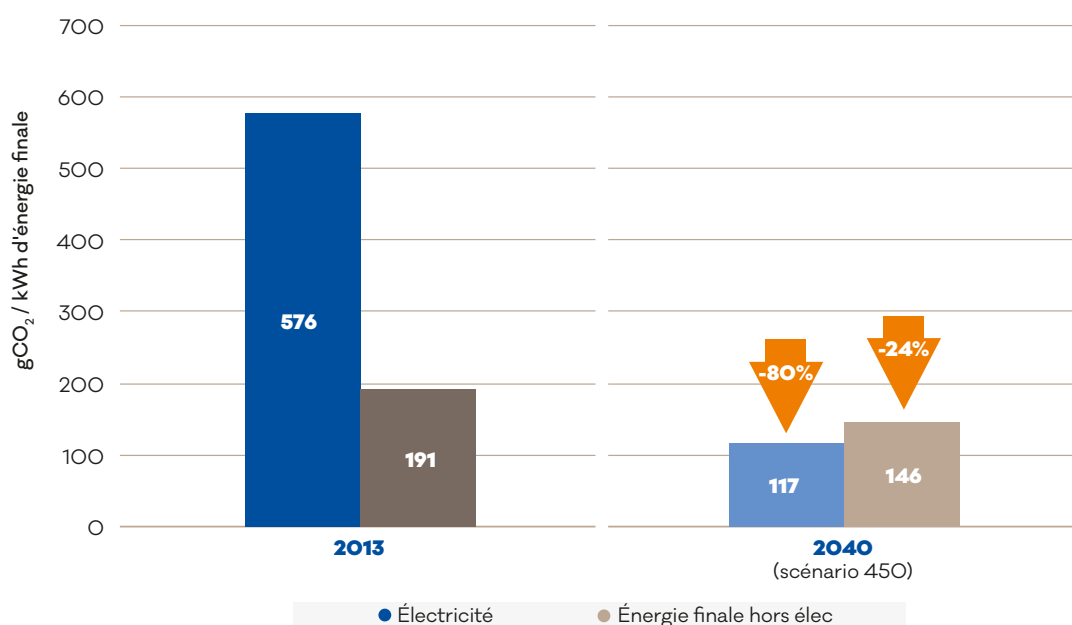


Figure 3 : évolution mondiale des facteur d'émissions de l'énergie, dans le scénario 450 de l'IEA (d'après AIE WEO 2015, calculs Carbone 4)

Car avec encore ¾ de l'énergie finale en 2040, le scénario 450 de l'AIE laisse une place finalement très importante aux vecteurs énergétiques hors électricité : il s'agit de tous les produits à base de fossiles (carburants pétroliers, gaz de réseau / propane, etc.) et les autres renouvelables (biocarburants, biomasse pour chaleur, etc.).

Pour cette partie-là de notre consommation, réduire d'un quart le facteur d'émission moyen est moins trivial que pour l'électricité : substitution des fossiles par les renouvelables (la part de ces derniers dans l'énergie finale passant de 12 à 17%), meilleure performance de l'amont du pétrole et du gaz, mais aussi probablement une part non négligeable de capture et séquestration du CO₂ dans l'industrie lourde (ciment, sidérurgie, etc.)⁶...

On pourrait s'étonner de la faible pénétration des renouvelables dans le hors-électricité. La biomasse parfois imaginée comme la voie royale pour sortir des énergies fossiles devra être utilisée en priorité pour le stockage du carbone, la nourriture et les matériaux (bioindustrie et bois dans la construction). On voit mal comment elle pourrait jouer un rôle massif dans la décarbonation de l'énergie. Quant à la géothermie et au solaire thermique, leur potentiel est clairement limité.

Retenons que cette réduction apparaît indispensable à une trajectoire 2°C, comme le montre la figure ci-dessous (voir le dernier « driver » à droite). Sans ce levier, les émissions de 2040 seraient plus proches de 22 que de 17 GtCO₂ !

⁶ A l'heure actuelle, cela reste encore un pari à la fois technologique et économique très incertain, du fait des problématiques géologiques, d'investissement, de rentabilité, de pénalité énergétique, etc.

FACTEURS D'ÉVOLUTION DES ÉMISSIONS DE CO₂ ENTRE 2013 ET 2040, DANS LE SCÉNARIO 450 DE L'AIE
(zone : WORLD)

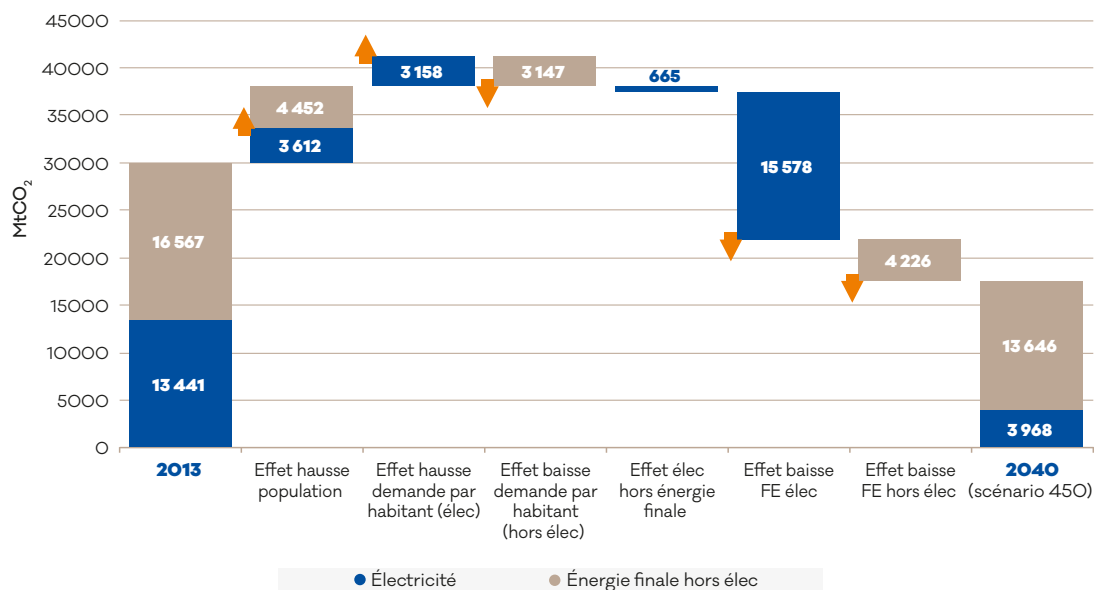


Figure 4 : facteurs d'évolution des émissions de CO₂ dans le scénario 450 de l'IEA, entre 2013 et 2040 (d'après AIE WEO 2015, calculs Carbone 4)

3

QUID DE LA CONSOMMATION D'ÉNERGIE PAR HABITANT ?

La vision macro présentée ici masque cependant d'autres implications qu'il est important de souligner.

Réussir la transition vers une économie « 2°C compatible » nécessite ainsi :

- de réduire la demande d'énergie finale par habitant d'environ 10% (1,17 contre 1,28 tep aujourd'hui)
- en particulier sur le « hors électricité » avec une baisse par habitant de 15% entre aujourd'hui et 2040
- compte-tenu des disparités entre les niveaux de consommation entre les pays, cela sous-entend que les efforts des pays du Nord devront être bien plus importants que cela : la figure ci-dessous l'illustre très bien. Les habitants des pays « riches » comme ceux de l'Union Européenne, des États-Unis ou du Japon devront réduire de plus de 30% leur consommation d'énergie finale « hors électricité », alors qu'un Indien moyen aura lui le droit de l'augmenter de l'ordre de 40%.
- au sein même de nos pays « riches », cet objectif à la baisse nécessitera que les personnes des déciles élevés (CSP+) réduisent encore davantage que cela (de l'ordre de 40 à 50%), pour que celles des déciles les plus bas puissent elles augmenter légèrement leur consommation, signe de meilleures conditions de vie.

“ Les habitants des pays « riches » comme ceux de l'Union Européenne, des États-Unis ou du Japon devront réduire de plus de 30% leur consommation d'énergie finale « hors électricité », alors qu'un Indien moyen aura lui le droit de l'augmenter de l'ordre de 40%. ”

ÉVOLUTION DE LA CONSOMMATION D'ÉNERGIE FINALE HORS ÉLECTRICITÉ PAR HABITANT ENTRE 2013 ET 2040, DANS LE SCÉNARIO 450 DE L'IAE

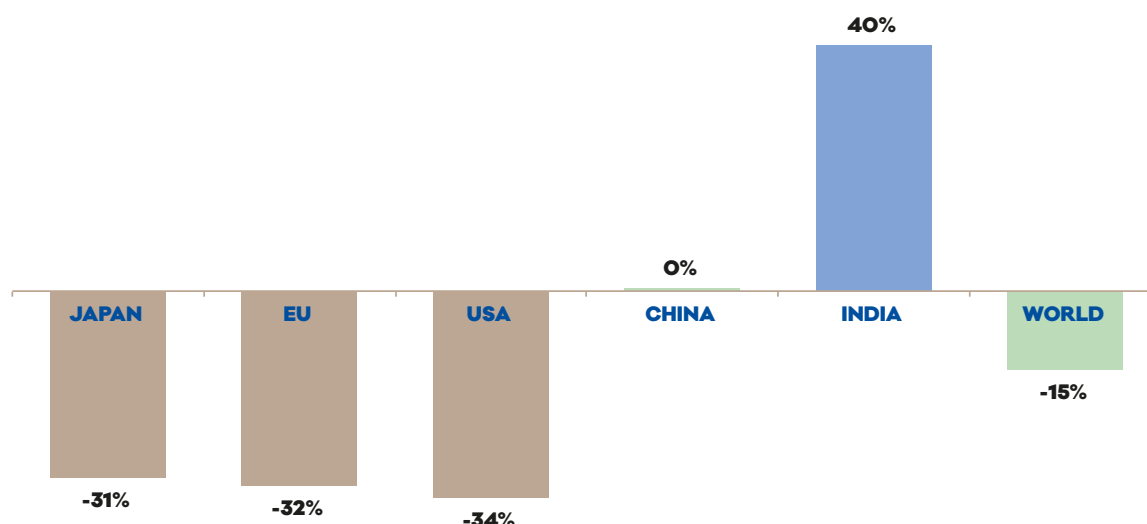


Figure 5 : évolution de la consommation d'énergie finale « hors électricité » par habitant entre 2013 et 2040, dans le scénario 450 de l'IEA, pour le monde et dans certaines régions / pays (d'après IEA WEO 2015, calculs Carbone 4)

EN RÉSUMÉ ...

Le vecteur « électricité » est à l'évidence un levier d'action incontournable pour inscrire le monde sur une trajectoire 2°C. Le potentiel de réduction des émissions au niveau de sa production est en effet considérable au regard des technologies disponibles (variation d'un facteur 10 et plus entre mix au charbon et mix ENR/nucléaire).

Une baisse du contenu en carbone de l'électricité d'un facteur 5 peut être atteinte selon l'AIE à l'horizon 2040.

Même si son facteur d'émission a moins de potentiel de réduction, il est indispensable d'agir sur l'autre levier, celui de l'énergie finale « hors électricité » car celle-ci va continuer de dominer le mix énergétique pendant longtemps.

L'efficacité énergétique devra donc y jouer un rôle encore plus déterminant que pour l'électricité.

Ces objectifs de réduction des facteurs d'émissions ne doivent cependant pas masquer une autre conclusion essentielle : il va falloir réduire notre consommation d'énergie par habitant de manière sensible, notamment dans les pays riches, si l'on veut conserver une chance de rester sous la barre des 2°C...

Enfin, si l'on se projette à plus long terme, un monde neutre carbone sera sans doute un monde où les transferts d'usage vers l'électricité s'accroîtront encore. Dès lors la Recherche et Développement doit toujours être mobilisée dans cette direction : il en faut encore pour remplacer les vecteurs conventionnels (liquide et gaz) par l'électricité dans l'industrie.



Carbone 4 est une société de conseil experte sur le sujet de la comptabilité carbone. Avec plus de 300 Bilans Carbone de grands groupes à son actif, Carbone 4 accompagne des entreprises de tous les secteurs dans le cadre de leur démarche de développement durable. Découvrez l'ensemble de nos services (accompagnement pour le reporting carbone volontaire et réglementaire, mise en place de plans d'actions, formation d'objectifs de réduction des émissions compatibles avec l'initiative SBT...) sur notre site www.carbone4.com.
