

Les énergies renouvelables : quel potentiel d'ici 2025/2030 ?

LE SCENARIO ADEME : est-il crédible?

Jean-Pierre Pervès, Claude Acket, Hubert Flocard, Hervé Nifenecker, Pierre Bacher

De nombreux documents préalables au débat sur la transition énergétique ont été publiés depuis quelques mois. Les divergences manifestes de leurs recommandations ne peuvent que renforcer l'inquiétude de voir s'enliser le débat à venir. Sauf bien sûr à considérer que son issue est déjà largement figée par la contrainte que constitue une promesse électorale (pas plus de 50% d'électricité nucléaire en 2025).

Tous ceux qui connaissent le monde de l'énergie savent que, sauf émergence d'une nouvelle réserve abondante et très bon marché¹, le système énergétique d'un pays ne peut évoluer que très lentement : un scénario présentant une baisse du nucléaire de 78 à 50% dans la production d'électricité en 13 ans n'est donc guère crédible quand on sait qu'il faut une dizaine d'années ou plus pour que tout nouveau projet d'envergure devienne opérationnel (construction d'une ligne haute tension ou d'un cycle combiné gaz en Bretagne).

Il est donc important d'analyser la publication par l'ADEME² d'une synthèse de ses scénarios pour 2030 et 2050, car on peut supposer que le point de vue de l'ADEME est proche des positions de la ministre de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie. Ce document apparaissant comme un catalogue des moyens possibles pour assurer la transition énergétique visée, sans contenir d'analyse technico-économique, il est aussi souhaitable de l'accompagner des conclusions de rapports plus étayés comme ceux de l'UFE et de la commission « Energie 2050 »³, et d'apporter quelques informations sur les conséquences financières du scénario ADEME. On peut également recommander une très intéressante analyse de la politique allemande (politique souvent présentée comme modèle à suivre)⁴ par le Centre d'analyse stratégique

Quelques éléments forts ressortent de l'analyse de ces documents :

- Le monde de l'énergie répond à des cinétiques d'évolution lentes, en particulier quand on fait appel à des énergies nouvelles et peu compétitives, et qu'on souffre de contraintes administratives fortes. Toute vision à moyen terme (2025) devrait donc être très prudente et rejeter des hypothèses « révolutionnaires ».

¹ - par exemple le développement très rapide de l'exploitation des gaz de schistes aux USA

² - ADEME : Contribution de l'ADEME à l'élaboration de visions énergétiques 2030/2050

³ - UFE : « Ordre de priorité des actions d'efficacité énergétique »
- Rapport « Energie 2050 »

⁴ Centre d'analyse stratégique : « La transition énergétique allemande est-elle soutenable ? » (Le Centre d'analyse stratégique est une institution d'expertise et d'aide à la décision placée auprès du Premier ministre. Il a pour mission d'éclairer le Gouvernement dans la définition et la mise en œuvre de ses orientations stratégiques en matière économique, sociale, environnementale ou technologique)

- Dans une période de crise, un état déjà lourdement endetté disposera de peu de leviers autres que réglementaires pour agir, et devra en outre tenir compte du poids social et économiques de ses décisions.
- Il sera également difficile d'imposer aux producteurs d'énergie des mécanismes réglementaires trop lourds en conséquences financières, tout en bridant leurs prix de vente aux consommateurs (individuel, tertiaire et industriel), au risque de voir ces producteurs se désengager de notre pays et s'ils ne le peuvent pas – entreprises sous fort contrôle étatique – de voir leur santé économique mise en danger.

Il faut donc observer les possibles et les classer selon des critères clairs : compétitivité, impact environnemental et climatique, bénéfique pour la nation (emplois et indépendance énergétique). Or la lecture du document ADEME semble montrer que cela n'a pas été la ligne directrice de l'Agence (il faut noter que le rapport dont est tirée la synthèse n'a pas été rendu public).

Constat préalable

En France, la consommation de combustibles fossiles (fig. 1), bien que relativement moindre que dans les autres pays développés, du fait du nucléaire, est un réel handicap, qu'il s'agisse de son impact sur sa balance commerciale (61 G€ en 2011 soit 920 € par français), de la pollution atmosphérique induite⁵ et du potentiel impact climatique (5,3 tonnes de CO₂ émises par français et par an). Les principaux secteurs concernés sont le transport et le chauffage (voir fig2). Sur cette figure, on constate aussi le faible impact CO₂ de la production d'électricité (7,7% seulement des émissions dus aux combustibles fossiles encore brûlés dans les centrales thermiques pour environ 8 Mtep).

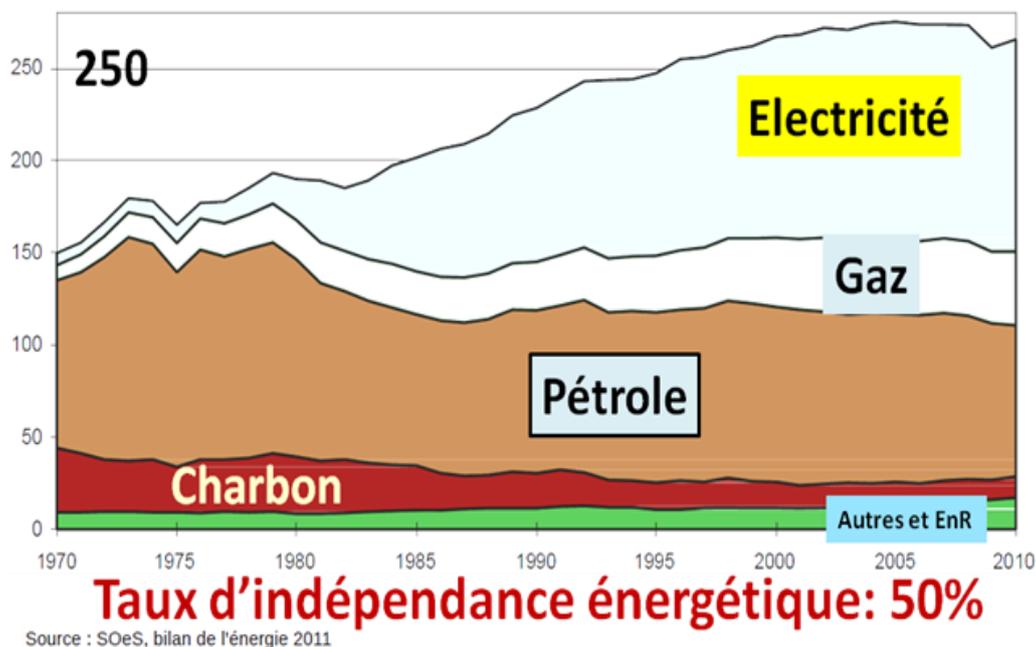


Fig. 1 : Historique de la consommation d'énergie primaire (257 Mtep en 2011 soit 4 t / français)⁶

⁵ - Rapport : *Bull Acad. Nat Med.* 2009; 193 (6): 1387-1416

- Rapport Agence internationale de l'énergie: 130 milliards € par an de détriment apporté par les combustibles fossiles en Europe, l'Allemagne étant le principal pollueur.

⁶ Traditionnellement, l'importation d'uranium pour les centrales nucléaires du pays n'est pas comptabilisée dans le taux d'indépendance énergétique. Cela tient à plusieurs faits. Tout d'abord la facture de ces importations est de l'ordre de mille fois inférieure à la facture en combustibles fossiles. Ensuite, compte tenu

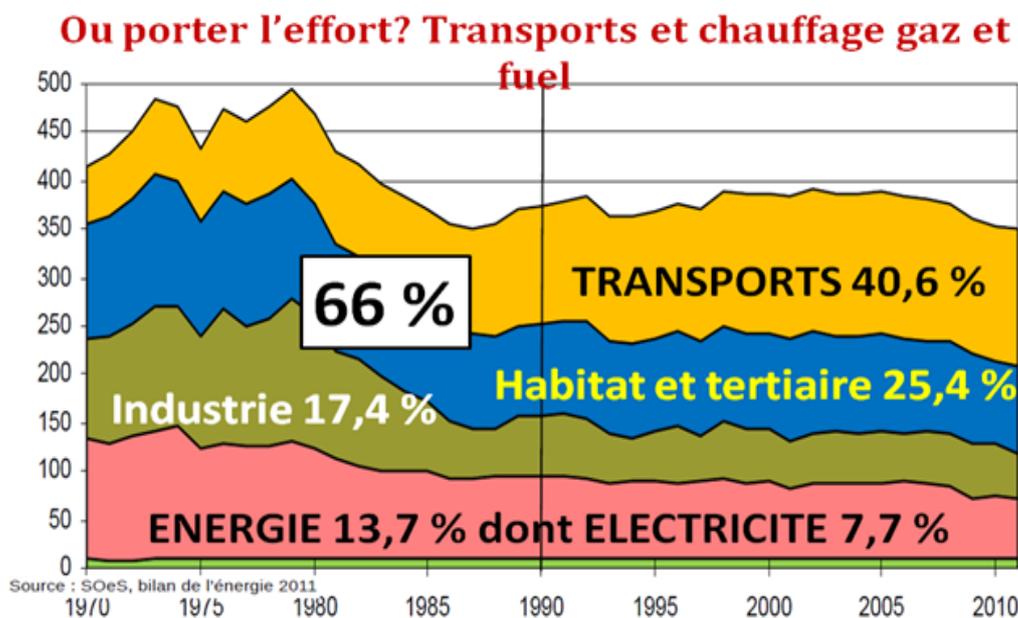


Fig. 2 : Historique des émissions de CO2 par secteur. Les pourcentages indiqués sur la figure correspondent à l'année 2011 (350 Mt soit 5,3 tonnes par français)

L'efficacité énergétique est souvent citée comme la solution d'évidence pour la réussite d'un développement durable. Pour ce qui concerne l'habitat, par exemple, cette option ne peut être cependant que de très long terme puisqu'elle implique une profonde transformation de notre mode de vie :

- l'habitat est, pour partie, dispersé et le développement des transports en commun, très consommateur de capital, ne peut se planifier que sur le très long terme : les nouveaux transports en commun de masse opérationnels en 2025 seront essentiellement les projets déjà programmés qui, on le sait, sont, peu nombreux. Seules les fréquences de desserte de liaisons existantes peuvent être assez facilement augmentées.
- La rénovation du bâti (durée de vie 100 ans en moyenne) sera lente car coûteuse : on peut estimer qu'il faut engager des centaines de milliards € pour réduire de moitié les consommations actuelles⁷;
- L'impact de la construction d'un bâti neuf à basse consommation sera lent car limité à moins de 1% par an du bâti actuel. De plus, la nouvelle règle de construction, la RT 2012, favorise le gaz aux dépens d'une électricité décarbonée. Elle aura donc plutôt pour effet un déficit accru de la balance commerciale et de plus grandes émissions de CO2.

de la forte concentration énergétique de l'oxyde d'uranium, la constitution de réserves stratégiques pluriannuelles est facilitée (une année de combustible nucléaire de la France tiendrait dans un cube de 10 m de coté). Finalement la France maîtrise toutes les étapes industrielles à forte valeur ajoutée qui vont de la mine au combustible et à son retraitement.

⁷ Le coût de rénovation thermique d'un logement peut varier de 10.000 à 60.000 € par logement suivant le type d'habitat et les performances visées. Un chiffre moyen de 30.000 à 40.000 € semble raisonnable pour réduire la consommation à 80 kWh/m² x an. Ainsi la rénovation annuelle de 500000 logements par an devrait coûter environ 20 milliards d'euros, pour un gain annuel total de l'ordre de 5 TWh.

- Une révolution dans le domaine des transports routiers, très émetteurs de CO₂, par électrification et substitution du pétrole par des biocarburants, demandera aussi une modification profonde du secteur qui prendra du temps
- De ce fait, il nous a semblé important d'analyser les propositions de l'ADEME selon deux angles : par secteur d'activité et par énergie renouvelable.

1. EXAMEN PAR SECTEURS D'ACTIVITE

Transports

La consommation totale de ce secteur est de 50 Mtep en 2011⁹) selon le Commissariat général au développement durable, dont 47 Mtep de combustibles fossiles (Notons que l'ADEME n'indique que 43 Mtep pour ce secteur en 2010). La seule alternative à l'utilisation des combustibles fossiles est le recours aux biocarburants et à une électricité décarbonée.

- Le développement des biocarburants de première génération vient d'être bloqué car consommateur de terres agricoles et médiocrement efficace. De plus ses bénéfices en termes d'émissions de gaz à effet de serre sont maintenant très contestés. D'ici 2025, d'après l'ADEME, leur production sera stable (3 Mtep par an sur 10/12% des terres arables avec une efficacité CO₂ comprise entre 40 et 70% selon les cultures). La percée des carburants de seconde génération, en cours de développement, sera encore imperceptible (1/10^{ème} au mieux) en 2030.
- Les véhicules thermiques seront encore très majoritaires (95 % en 2025) avec un développement très progressif de véhicules électriques et hybrides, encore coûteux (de l'ordre de + 20/30%). Malgré les progrès ambitieux espérés des véhicules thermiques¹⁰ et l'hypothèse de développements significatifs du covoiturage et de l'auto-partage (10% selon l'ADEME), la baisse de consommation en 2030 sera limitée, soit environ 8 Mtep sur 50 aujourd'hui (soit une consommation de 42 Mtep et non 35 comme l'ADEME l'annonce), avec un apport total des renouvelables limité à 3,5 Mtep. L'apport supplémentaire des énergies renouvelables sera lui-même très limité, d'environ 1 Mtep (biocarburant et électricité non carbonée)..

On peut s'interroger sur la cohérence de l'ADEME de ne réduire pour 2030 que de 8 Mtep (20 %) l'appel à l'essence et au gazole en n'augmentant que de 0.6 Mtep la part d'électricité. Hors l'ADEME, insiste sur le développement des transports en commun, sur celui des véhicules électriques et hybrides (dont en partie rechargeables) domaines dans lesquels l'apport de l'électricité pourrait être très positif.

Habitat et tertiaire

⁹ Commissariat général au développement durable : bilan énergétique pour la France en 2011, juillet 2012.

¹⁰ Si les émissions moyennes des voitures du parc passent de 130 à 100 g CO₂/km, ce qui nécessite que les voitures neuves n'émettent, en moyenne, que 50 g/km soit bien moins que tous les modèles du marché à l'exception de ceux entièrement électriques. Or, la crise économique ralentit le renouvellement du parc automobile (-14 % de ventes de voitures neuves en 2012). De plus, l'endettement actuel de l'état n'incite guère à des initiatives publiques de relance aussi onéreuses pour le budget que la dernière opération « bonus-malus ».

La consommation totale de l'ensemble habitat résidentiel et tertiaire) est de 69 Mtep en 2011. Les prévisions de l'ADEME tablent sur une consommation totale de 40 Mtep en 2030. Pour le seul résidentiel la baisse est de 30 %, alors que la population augmente de 9 %, soit une baisse de 47 % par habitant (pratiquement la division par 2). Ceci repose sur une rénovation totale du parc social et de 70% des maisons individuelles. Or l'étude de l'UFE (réf. 1) conclut clairement à une rentabilité faible (gain énergétique par rapport au montant investi) de la plupart des améliorations possibles. L'ADEME les a cependant prises en compte dans son rapport sans se soucier des contraintes économiques. Les seules rénovations rentables selon l'UFE sont¹¹ (voir fig. 3) :

Six opérations rentables ont été identifiées en Résidentiel :

- Isolation des combles dans les logements collectifs chauffés à l'électricité, au gaz ou au fioul
 - Isolation des parois par l'extérieur dans les logements collectifs chauffés au fioul
 - Isolation des combles perdus dans les maisons individuelles au fioul
- Installation de chaudières collectives gaz à condensation dans les logements chauffés au fioul et situés dans une zone desservie en gaz
 - Installation de chaudières gaz à condensation dans les maisons individuelles chauffées au fioul et situées dans une zone desservie en gaz
- Installation de pompes à chaleur air/air dans les logements collectifs chauffés au fioul en zone non desservie en gaz

Trois opérations rentables ont été identifiées en Tertiaire :

- Mise en place de pompes à chaleur air/air dans le parc équipé de chauffage électrique classique
 - Mise en place de chaudières gaz à condensation dans le parc chauffé au gaz ou au fioul
 - Mise en place de pompes à chaleur air/eau dans le parc chauffé au fioul

Fig. : 3 Opérations rentables d'efficacité énergétique à favoriser en priorité (source UFE¹²)

Elles permettraient d'économiser, après analyse des coûts unitaires des rénovations (fig. 4), et en fonction du taux d'actualisation (8% ou 4%) :

- de 3,5 à 4,7 Mtep dans l'habitat
- de 1,2 à 2,2 Mtep dans le tertiaire

Le scénario ADEME ne pourrait que partiellement trouver une justification, à la seule condition de prendre en compte une augmentation très forte du coût de l'énergie, qui rendrait rentables certaines des solutions techniques envisageables, très coûteuses. Bien que difficilement supportable par les familles et les entreprises (+72% pour le gaz et le pétrole¹³) cette augmentation est effectivement envisagée par l'ADEME qui se refuse par ailleurs à soutenir le chauffage électrique. Il faut noter toutefois que désormais l'ADEME met en avant les pompes à chaleur, alors qu'il y a encore quelques

¹¹ Les prix de l'énergie pris en compte par l'UFE sont (ttc pour les particuliers et HT pour le tertiaire):

- particuliers : électricité : 116.62 €/MWh gaz : 60.86 €/MWh PCI, fioul : 97.90 €/MWh PCI, bois : 35.00 € / MWh
- tertiaire: électricité : 67.85 €, Gaz : 58.40 € PCI, fioul : 83.80 € PCI

¹² - La rénovation de 500.000 logements par an représenterait un investissement annuel pouvant atteindre 20 milliards

- Le remplacement du chauffage électrique de 7 millions de logements par des pompes à chaleur (10000 € par logement soit 70 milliards €.), diviserait par 3 la consommation d'électricité mais le gain en émission de CO2 serait pratiquement nul.

- la RT 2012 conduit à un surcoût de l'habitat neuf évalué entre 15 et 20 % (25 à 33000 €) soit 15 milliards par an pour 500.000 logements. De plus la RT2012 pousse à l'utilisation du gaz naturel en lieu et place de l'électricité, ce qui se traduirait par un accroissement annuel des rejets de gaz carbonique d'environ 600 kg par logement, soit pour 7,5 millions de logements concernés 4,5 millions de tonnes rejetées. de plus par an

¹³ L'ADEME prend en compte un pétrole passant de 78,1 à 134,5 \$/b de 2010 à 2030 et un gaz de 7,5 à 13 \$/Mtu)

années elle y était totalement opposée, comme à tout ce qui faisait appel à l'électricité (trop marquée nucléaire).

Le Tableau 1 compare les prix du gaz et de l'électricité pour les particuliers retenus d'une part par l'UFE dans son étude de la rentabilité des différentes techniques d'amélioration de l'efficacité énergétique, et par l'ADEME, d'autre part, dans ses prévisions pour 2030

	UFE €/MWh	ADEME €/MWh
Electricité	117	199
Gaz	61	119

Tableau 1 : Prix de l'électricité et du gaz retenus par l'UFE en 2010 et par l'ADEME en 2030

Pour l'UFE, sont considérées rentables les opérations telles que leur coût du MWh évité est inférieur au prix du MWh consommé. Les opérations rentables constituent un gisement d'économies.

Nous avons utilisé les études de l'UFE en augmentant les prix de l'énergie pour les amener au niveau de ceux prévus par l'ADEME. Les résultats de ce calcul comparés aux originaux de l'UFE sont présentés sur le Tableau 2. Les calculs concernent essentiellement le secteur résidentiel, et plus modestement, le secteur tertiaire. On constate, comme on pouvait s'y attendre, une augmentation significative du gisement d'économies d'énergies par suite de l'augmentation du prix de l'énergie puisqu'il passe de 1,18 à 5,76 Mtep. Toutefois, le gisement d'économies est encore trois fois inférieur à celui envisagé par l'ADEME, présenté en dernière colonne du Tableau.

(1)	(2) Gisements Mtep UFE avec prix UFE	(3) Gisements Mtep UFE avec prix ADEME	(4) Mtep Gisements Prévisions ADEME
Electricité résidentiel	0,08	1,08	3,36
Gaz résidentiel	0,34	2,79	5,6
Fioul résidentiel	0,06	0,51	6,0
Total	0,49	4,39	14,9

Tableau 2 Gisements d'économies d'énergies tels que nous les avons calculés avec les éléments techniques de l'UFE. Pour la colonne (3) nous avons utilisé les prix de l'énergie prévus pour 2030 par l'ADEME (colonne 2 du tableau 1). Enfin nous indiquons en colonne 4 les valeurs d'économies d'énergie annoncées dans le scénario de l'ADEME pour 2030

Les coûts de rénovations prises en compte dans l'étude de l'UFE figurent au tableau ci-dessous, figure 4.

Coûts unitaires des principales opérations dans les logements chauffés à l'électricité⁽²⁸⁾ (source EdF-GdF Suez).

Opérations	MAISONS INDIVIDUELLES [€TTC/LGT]	LOGEMENTS COLLECTIFS [€TTC/LGT]
Isolation thermique intérieure (ITI)	8 100	4 560
Isolation thermique extérieure (ITE)	13 930	5 760
Isolation combles habitables	5 960	430
Isolation combles non habitables	3 825	275
Isolation du plancher (par le sous-sol)	3 935	275
Doubles vitrages	9 000	4 500
Pompe à chaleur air/air (PAC A/A)	8 400	5 000
Eau chaude sanitaire solaire	7 000	
Eau chaude sanitaire thermodynamique		3 000

Coûts unitaires des principales opérations dans les logements chauffés au gaz⁽²⁹⁾ (source EdF-GdF Suez).

Opérations	MAISONS INDIVIDUELLES [€TTC/LGT]	LOGEMENTS COLLECTIFS [€TTC/LGT]
Isolation thermique intérieure (ITI)	8 400	5 750
Isolation thermique extérieure (ITE)	14 450	7 260
Isolation combles habitables	6 230	540
Isolation combles non habitables	4 005	347
Isolation du plancher (par le sous-sol)	4 080	345
Doubles vitrages	9 000	5 400
Chaudière condensation individuelle		4 300
Chaudière condensation collective		2 000
PAC air/eau	13 500	
Eau chaude sanitaire solaire	7 000	

Fig. 4 : Coûts unitaires des rénovations thermiques (Union Française de l'Electricité)

Les calculs de l'UFE supposent un taux de rentabilité des opérations de 10% (autrement dit les investissements sont rentabilisés au bout d'environ 10 ans). Comme on peut le voir sur le Tableau 3, en acceptant un taux de rentabilité de 5% le gisement calculé par l'UFE atteint 3,9 Mtep et, en utilisant les prix de l'énergie prévus par l'ADEME, on pourrait atteindre un gisement de l'ordre de 9 Mtep.

rentabilité	10%	5%	10%	5%
prix	UFE	UFE	ADEME	ADEME
Electricité (Mtep)	0	0,43	0,86	2,58
gaz(Mtep)	0,43	1,29	3,35	3,95
fioul (Mtep)	0,77	1,55	1,98	2,41
total(Mtep)	1,20	3,27	6,19	8,9

Tableau 3 : Gisements d'économies estimées pour le secteur résidentiel en utilisant le formalisme de l'UFE avec diverses combinaisons de taux de rentabilité des investissements et des prix de l'énergie à la consommation

L'UFE estime par ailleurs que le gisement techniquement accessible, sans contraintes de rentabilité, est d'environ 11 Mtep, toujours notablement inférieur à l'objectif 2030 de l'ADEME, soit 14,5 Mtep.

En ce qui concerne les énergies renouvelables leur contribution supplémentaire, par rapport à 2011, devrait être au mieux en 2030, d'après l'ADEME, de 1 Mtep pour le bois, 1 Mtep pour la géothermie, 3 Mtep pour les réseaux de chaleur : soit un total de 5 Mtep ou seulement 10% de la consommation actuelle du secteur.

Industrie

La désindustrialisation et des efforts importants d'efficacité énergétique déjà réalisés font qu'aujourd'hui l'industrie pèse peu dans le bilan : environ 37 Mtep en énergie primaire sur un total national de 260. L'ADEME estime à 3 Mtep les gains possibles sur les procédés. Ceci est une estimation ambitieuse dont il serait souhaitable qu'elle soit confortée par les acteurs. Les gains résulteront d'ailleurs plus d'une optimisation des procédés avec peu de recours direct aux ENR. On peut retenir 0,5 Mtep au mieux d'ENR en supposant un usage plus important de l'électricité (contradictoire avec l'objectif de réduction de la consommation électrique de l'ADEME), si tant est que les ENR puissent la produire en accord avec la temporalité des besoins de l'industrie.

Electricité (tous secteurs)

Une étude détaillée du scénario de l'ADEME concernant la production d'électricité peut être consultée sur le même site de Sauvons le Climat¹⁴.

Cette étude, dont seules les conclusions sont résumées ci-dessous, prend en compte l'hypothèse ADEME d'une diminution de la part du nucléaire de 78 à 47% en 2030¹⁵, ainsi qu'une suppression complète de la contribution du charbon. La consommation d'électricité diminue de 48 à 38,2 Mtep (soit de 560 à 443 TWh), alors qu'une telle réduction, de 21%, n'est considérée comme réaliste par aucun des autres scénarios cités (hors le scénario « frère antinucléaire » Negawatt). L'ADEME compense les baisses imposées du nucléaire et du charbon par un développement important des énergies renouvelables avec en particulier 46 GW d'éolien et 33 GW de solaire. Le total de 79 GW représenterait 67 % de la puissance centralisée actuelle qui est de 118 GW. Mais de nombreux points ne semblent pas avoir été pleinement pris en compte par l'ADEME :

- L'intermittence des énergies renouvelables proposées est telle que le réseau aura à gérer des pénuries, en particulier lors des maximums de consommation hivernaux, mais aussi à d'autres moments des surproductions comme déjà constaté en Allemagne ou le prix de rachat de l'électricité en période de forte production intermittente peut devenir négatif¹⁶.

¹⁴ <http://www.sauvonsleclimat.org/etudeshtml/le-scenari-ademe/35-fparticles/1305-le-scenario-ademe.html>

¹⁵ Le document SLC explique pourquoi il a été nécessaire d'adopter cette valeur plutôt que les 49% imprimés dans la synthèse ADEME.

¹⁶ Bien sûr cela ne bénéficie pas aux consommateurs allemands – et bientôt français – puisque les réseaux (en France EDF) doivent continuer à acheter l'électricité intermittente au prix fort fixés par les décrets. La chute des prix sur le marché renchérit donc la facture des consommateurs locaux (et en France les frais de EDF).

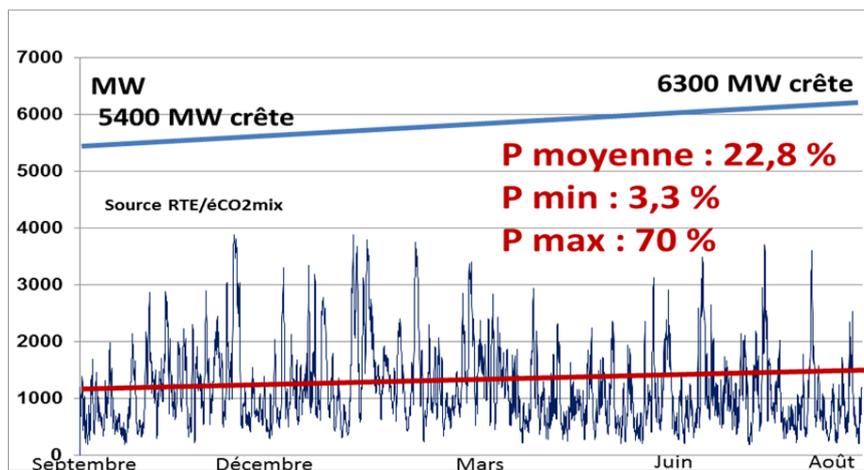


Figure 5 : Production du parc éolien français sur une année (source RTE 2010/2011)

- Rappelons que la puissance éolienne évolue de 3%¹⁷ à 70 % de la puissance totale avec une dynamique très rapide : figure 5.
- Et que le solaire est absent lors de la pointe de consommation du soir et inefficace en hiver (production 25% de celle de l'été) : figure 6

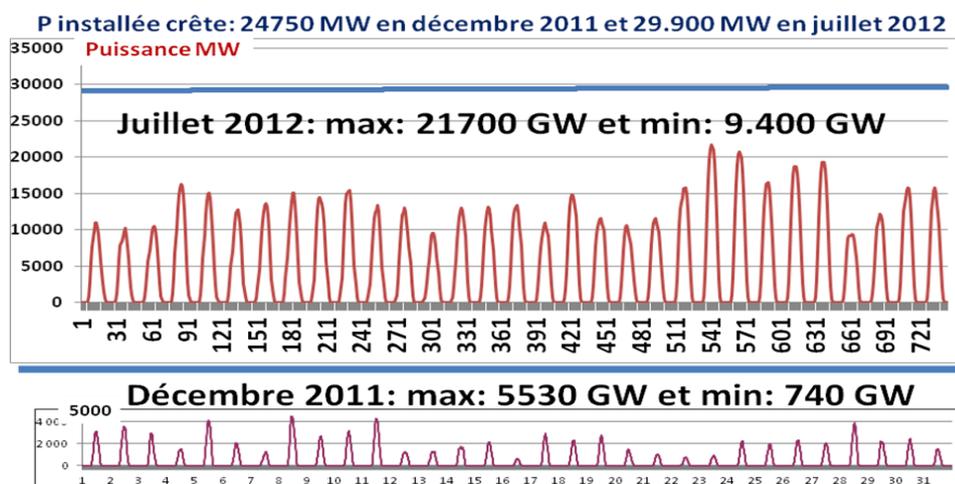


Figure 6 : Evolution de la puissance photovoltaïque horaire en Allemagne – Comparaison été hiver (échelle comparable pour les deux mois) – On constate un écart d'un facteur 4 environ entre juillet et décembre et une puissance qui certains jours ne dépasse pas 3% de la puissance installée (Ces données ne sont pas disponibles en France)

- Il en résultera la nécessité d'importations et exportations massives d'électricité, à prix très élevés dans le premier cas et à bas prix dans le second¹⁸, et une obligation de moduler la puissance des centrales nucléaires, sans bénéfices financiers autres que marginaux : figure 7

¹⁷ le record d'inefficacité a été le 15 novembre de seulement de **56MW sur 7000 MW installés**

¹⁸ En Allemagne de janvier à fin septembre 2012, 15,8 milliards d'euros ont été versés aux producteurs de courant vert alors que les gestionnaires de réseau n'ont recueilli pour ce courant que 2,6 milliards d'euros (source : Der Spiegel septembre 2012). Le 25 décembre 2012 les prix d'achat de l'électricité sur le marché spot ont varié de 10 à 13 €/MWh avec au minimum un prix négatif de 50 €/MWh à 8h.

Scénario ADEME: empilement des moyens de production Sans limitation de juillet à juin 2030 (profil 2012)

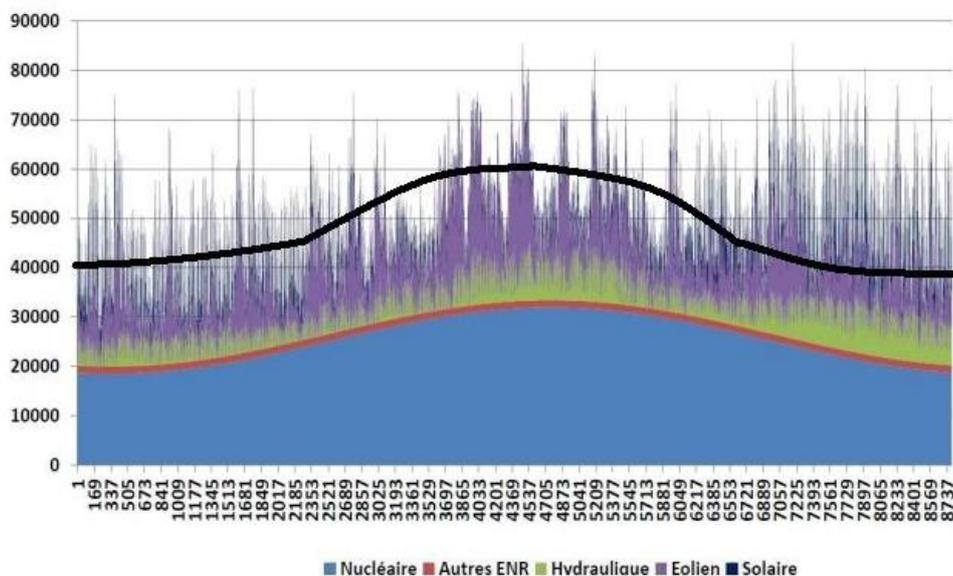


Figure 7 : Empilement des productions d'électricité sur un an en utilisant les structures observées en 2010 normalisées par les productions prévues par l'ADEME pour 2030 (éolien 46 GW et solaire 33 GW). La ligne noire correspond approximativement à la puissance appelée (MW en ordonnée et heures en abscisse).

- Par exemple le week-end du 19 juin 2011, en raison d'un épisode venteux simultané en France et en Allemagne EDF a été conduit à arrêter successivement les centrales nucléaires de Civaux2, Nogent1, Bugey3, Paluel1, soit 5000 MW, alors que la puissance éolienne n'est que de 5600 MW.
- Le rôle principal des énergies pilotables de base (nucléaire et éventuellement cycles combinés à gaz et de pointe (gaz, hydraulique de lacs et d'éclusées – dont les STEP) ne sera plus d'ajuster production et consommation, mais de gérer l'intermittence de l'éolien et du solaire qui va générer des fluctuations de puissance quotidiennes très supérieures à celles résultant des variations de consommation.

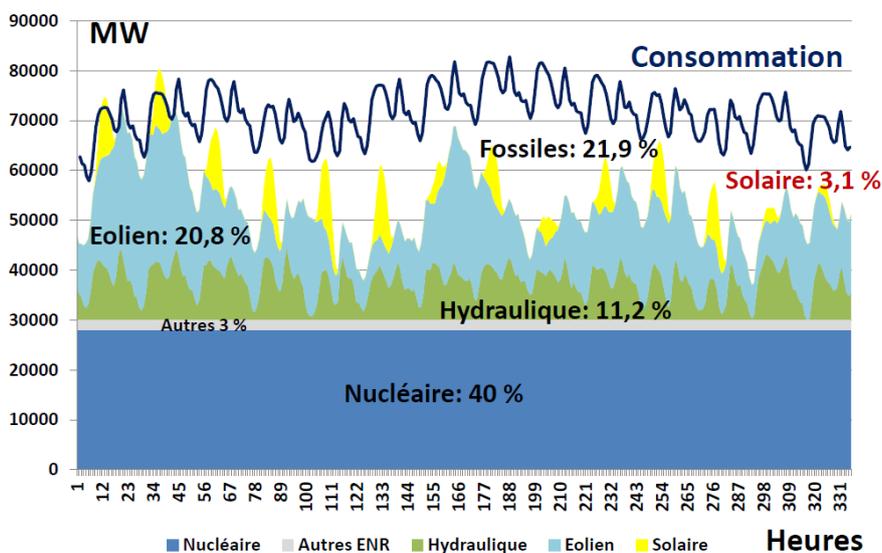


Figure 8 : Comparaison en 2030 selon le scénario ADEME des fluctuations quotidiennes de la consommation (compensées essentiellement par la production hydraulique) et des variations des productions éolienne et solaire dans des conditions climatiques identiques à celle de début février 2012 (période froide)

- Nous constatons qu'il n'y a pas de chiffrage du coût de ce scénario qui divise pratiquement par 2 la production nucléaire et prévoit une puissance installée (ou de crête) d'électricité renouvelable intermittente de 80 GW¹⁹, soit autant que la puissance maximale appelée en hiver dans le scénario ADEME, sans garantie de fourniture. Globalement, pour une puissance appelée maximale de 80 GW, la France devrait surinvestir massivement pour compléter les 33 GW restant du nucléaire²⁰: 80 GW renouvelables et environ 60 GW gaz²¹ (40 GW en production et 20 de réserve pour maintenance du parc et imprévus), soit un total de 173 GW. A titre de comparaison, en 2012 le mix français ne représente que 118 GW pour une puissance appelée maximale de 100 GW. Curieusement l'ADEME limite à 14 GW la puissance gaz (dont 7 GW de turbines, ce qui est notoirement insuffisant)
- Les investissements en éoliennes et centrales photovoltaïques attendraient 190 G€ et le coût annuel supplémentaire atteindrait 28 G€/an (voir Ref. 14) avec un surcoût du MWh proche de 70 €, soit presque une augmentation de 70% du prix actuel à la consommation.
- Curieusement, l'étude de l'ADEME se limite à une comparaison avec les émissions de CO₂ de 1990 qui étaient de 563 Mt. Selon le scénario ADEME elles auraient chuté à 373Mt en 2030 ; une baisse remarquable bien sûr. Toutefois, les émissions CO₂ de la France en 2011 n'ont été que de 350 Mt (grâce essentiellement à la montée du nucléaire sur la dernière décennie du siècle dernier). Preuve s'il fallait en ajouter du parti pris idéologique anti nucléaire de l'ADEME. Aujourd'hui elles sont donc déjà de 23 Mt inférieures à celles que projette l'ADEME pour 2030. Cela revient à avouer que le résultat de la transition énergétique visée, avec un coût qui se chiffrera en centaines de milliards d'euros, sera une augmentation des rejets de gaz à effet de serre, augmentation de plus sous-estimée si on considère que l'intermittence et les besoins de compensation par une production électrique basée sur des centrales à gaz a été largement négligée.

Vision 2050

Bilan global Energie finale

La consommation finale en 2050 est ramenée à 79.8 Mtep, soit quasiment la division par 2 (- 47 %) par rapport à 2010. Le tableau ci-dessous rassemble les variations de l'énergie finale absolues (en Mtep) et relatives, affectées aux différents postes de consommation, pour les périodes 2010 à 2030, 2030 à 2050 et le récapitulatif 2010 à 2050

	2010 -2030	2030-2050	2010-2050
--	------------	-----------	-----------

¹⁹ Comprenant en 2030 : éolien 46 GW, solaire 33 GW et 1 GW pour le reste (géothermie, énergies marines,...)

²⁰ Celles déjà en service en 2012, dont la durée de vie autorisée par l'ASN aura dépassée les 40 ans, sans investissements significatifs, plus Flamanville 3

²¹ L'ADEME ne propose que 14 GW de puissance gaz, ce qui montre son ignorance totale de la réalité du traitement de l'intermittence de l'éolien et du solaire. Seule la construction d'une « petite STEP » de 1500 MW est ainsi retenue par l'ADEME, en notant que la désignation de « petite » représente pratiquement la puissance de la plus grande STEP existante celle de Grand Maison et ses 1800 MW.

Total	30.6 20 %	42.1 34 %	73.7 47 %
Résidentiel et tertiaire	18.8 27 %	15.9 38 %	34.7 50 %
Transports	7.5 17 %	20 56 %	27.5 64 %
Industrie	3.45 9 %	5.5 16 %	8.95 24 %

Si l'évolution est relativement continue pour le résidentiel/tertiaire et pour l'industrie, elle est brusquement plus accentuée pour les transports dans la seconde partie de 2030 à 2050. Mais ceci se caractérise par un changement fondamental au sein de ce dernier poste transports, avec la disparition totale du pétrole et son remplacement par un mix où le gaz (fossile et biomasse) est prédominant. ADEME indique « un parc largement modifié par une indépendance pétrolière ». On peut être surpris que ce passage gaz ne soit pas amorcé dans la première phase pour 2030.

Bilan global principales sources d'énergie

Si l'objectif de caler le scénario avec un retour à 50 % de nucléaire en 2025 est la trame du scénario jusqu'en 2030, aucune indication n'apparaît pour 2050. En fait le scénario ADEME ne serait qu'une avancée masquée du scénario Négawatt, sans se prononcer pourtant comme ce dernier sur la sortie du nucléaire. En 2030, le nucléaire selon l'ADEME représenterait en final 180 TWh (49 % de 31.7 Mtep soit 180 TWh). En passant à 2050, la consommation finale d'électricité n'a pratiquement pas changé (31.7 Mtep en 2030 et 30.7 en 2050) soit une baisse de 11 TWh.

Le scénario ADEME prévoit+ 111 TWh en solaire et éolien entre 2030 et 2050. En se basant sur ces seules données, faute d'informations claires sur les avancées entre 2030 et 2050 sur les autres sources d'électricité, comme plus + de gaz (même issu de la biomasse), plus de géothermie...), nous pourrions en déduire qu'au maximum le nucléaire représenterait 58 TWh, soit 9 fois moins qu'actuellement, c'est-à-dire en fait trop faible pour justifier e maintien d'une filière. En fait sans le dire l'ADEME vise la sortie du nucléaire.

En tout état de cause, la vision 2050 semble peu pertinente car les évolutions prévues pour 2025/2030 sont souvent déjà soit trop prospectives, soit trop résolument optimistes et déconnectées de la réalité économique. De toutes façons, l'extrapolation 2050 de l'ADEME s'appuyant sur son scénario pour 2030 ne peut être qu'encore moins crédible que ce dernier. De nombreuses questions restent en suspens à cet horizon :

- Comment stocker l'électricité ?

La puissance installée d'éolien de 46 GW en 2030, passe à 70 GW en 2050 ; et celle du photovoltaïque de 33 GW en 2030 à 60 GW en 2050. Le total intermittent (ou fluctuant) représente une puissance installée (ou de crête) de 130 GW en 2050, ce qui signifie que la puissance réelle fournie peut varier dans une plage comprise entre 110 GW et 5 GW (le soir en hiver en période anticyclonique). Ceci rappelle étrangement le scénario Négawatt qui arrive à un total installé de 162 GW en 2050.

Il faut noter que l'ADEME prévoit, en complément à la STEP prévue pour 2030, « une STEP marine pour faire face au stockage inter saisonnier ». Difficile de croire qu'au total 2 à 3 GW

de STEP de plus qu'actuellement apporteront une part significative de suivi réseau, face aux variations de 105 GW de puissance des renouvelables éolien et photovoltaïque.

- Quel est l'impact sur le réseau européen d'une surcapacité d'énergies intermittentes, et quels sont les risques associés à des surproductions ou sous-productions massives et apparaissant simultanément dans l'essentiel de l'espace géographique européen ?
- Quelle est l'efficacité énergétique des différents procédés retenus pour produire du méthane (méthanation, synthèse « biomass to gas », production d'hydrogène et synthèse à partir d'hydrogène) et quels sont les coûts d'investissements associés ?
- Quelles sont les limites des usages énergétiques de la biomasse en relation avec les autres usages et la protection de la biodiversité ?
- Quel rôle doit-on attribuer au gaz de schiste ?
- Et si le gaz de schiste est exploité, quand la séquestration du carbone sera-t-elle opérationnelle à un coût acceptable ?

2. EXAMEN PAR ENERGIE RENOUVELABLE

L'analyse des gisements d'énergie renouvelable est également intéressante car elle montre des limites incontournables. Que prévoit l'ADEME ?

BIOMASSE

Globalement l'ADEME considère que pour 2030, il n'y aura pas de changement significatif dans l'utilisation des sols (voir aussi ci-dessous surface biocarburants inchangée)

- La forêt couvre 30% du territoire et fournit aujourd'hui près de 10 Mtep pour une production ultime de 31 Mtep. L'ADEME propose de porter la production à 13 Mtep en 2030 et 18 Mtep en 2050 (ce qui représentera un taux de prélèvement de 75% par rapport au possible).
- 5 Mtep issus de résidus agricoles, agro forestiers et de haies.
- 6 Mtep biomasse consacrées à la méthanisation en 2030 (3,7 pour le réseau gaz, le reste réparti entre l'usage direct et la cogénération) puis 9 en 2050 ce qui représenterait la mise en route de 550 méthaniseurs/an pour la période 2030-2050, après les 600 pour la période 2010-2030

On peut avoir des doutes sur la capacité de production de biomasse à la hauteur des attentes du scénario ADEME.

EOLIEN

- Eolien terrestre de 34 GW (65 TWh, 5,6 Mtep) en 2030, soit environ 13000 éoliennes de 2,5 MW, à 40 GW (89 TWh, 7,7 Mtep) en 2050, soit 16000 éoliennes en 2050.
- Eolien marin de 12 GW (31 TWh, 2,7 Mtep) en 2030, soit environ 2400 éoliennes de 5 MW, à 30 GW (92 TWh, 7,9Mtep) en 2050 soit 6000 éoliennes.

SOLAIRE

- Electrogène : 33 GW (31 TWh, 2,7 Mtep) en 2030, et 60 GW (57 TWh, 4,9 Mtep) en 2050 soit environ 600 millions de m² de panneaux
- Thermique : 1 Mtep en 2030 (Eau chaude sanitaire CESI 10 % du parc de logement) et 1,8 Mtep en 2050

BIOCARBURANTS

La surface des terres dédiées aux biocarburants ne change pas de 2010 à 2030, la 2^e génération étant progressivement introduite

- Première génération : 2,7 Mtep en 2030
- Deuxième génération : 0,3 Mtep en 2030

Un total de 3,5 Mtep est prévu pour en 2050, l'origine n'est pas spécifiée, mais dans la continuité on peut penser tout en 2^e génération, même si la 3^e génération est évoquée comme possible.

GEOTHERMIE

1,4 Mtep en 2030 et 6,8 Mtep en 2050, dont 3,7 Mtep pour la chaleur (aquifères semi profonds?). Rappelons que la géothermie profonde, qui permet la production électrique, requiert la fracturation des roches, tout comme l'exploitation du gaz de schiste. Par déduction, nous obtenons 2,9 Mtep orientées en production électrique, avec compte tenu de rendement de l'ordre de 12 % une production de 3,3 TWh par an, et en conséquence une puissance installée d'environ 400 MWe, en sachant qu'à ce jour l'installation expérimentale de Soultz, prévue pour 6 MWe, produit 1,5 MWe. Même si 2050 est loin, cet exemple met des doutes sur le sérieux de l'approche ADEME.

ENERGIES MARINES

En France seules pratiquement les hydroliennes sont retenues dans le cadre du développement des énergies marines, hors des éoliennes en mer vue ci-dessus.²², l'ADEME leur alloue un potentiel de production non négligeable de 0,3 Mtep soit près de 1% de la production électrique en 2030.

Au total, la limite des énergies renouvelables évaluée par l'ADEME s'établit à 37,7 Mtep en 2030, dont 11 pour le solaire électrogène et l'éolien, et à 61,6 Mtep en 2050, dont 20,5 pour le solaire électrogène et l'éolien. Ces chiffres, qui correspondent pourtant à une vision extrêmement volontariste des développements, peuvent être comparés aux consommations actuelles de 357 Mtep en énergie primaire et 160 Mtep en énergie finale.

L'acceptation au niveau local d'un tel déploiement, massif, de certaines de ces énergies ne sera pas forcément évidente.

L'ADEME fait un bilan global des rejets de gaz à effet de serre et annonce une baisse de 74 %, pour l'ensemble des gaz à effet de serre y compris ceux liés aux activités agricoles hors énergie et situés dans le cadre du facteur 4, avec comme point de départ 1990, celle du protocole de Kyoto. En fait l'ADEME se trompe dans la présentation. L'expression Facteur 4 désigne un [objectif](#) ou engagement [écologique](#) qui consiste à diviser par 4 les émissions de [gaz à effet de serre](#) d'un pays ou d'un continent donné, à l'échelle de temps de 40 ans (de 2010 à 2050). En se limitant au seul aspect énergétique et aux rejets du seul gaz carbonique, le scénario ADEME ramène en 2050, l'apport de charbon à 4,3 Mtep (10 en 2010), ceux du pétrole à 13 Mtep (82 en 2010) et ceux du gaz à 19 Mtep (41 en 2010). La part globale des combustibles fossiles est ainsi divisée par 3,66, mais compte tenu de l'importance relative de chacun celle des rejets de gaz carbonique serait divisée par environ 3,86, soit très proche du facteur 4. Ceci est obtenu sur la base d'investissements considérables (et en sous-estimant les puissances intermittentes nécessaires), et suppose des progrès dans la voie d'une meilleure efficacité énergétique qui semblent difficiles à réaliser. Le choix d'un retrait massif et

²² En 2011 la puissance installée des énergies marines dans le monde n'était que de 500,5 MW dont 495 pour les deux seules installations marémotrices (La Rance 240 MW et Sihwa en Corée 255 MW). Toutes les autres installations, soit 5,5 MW, correspondent à des prototypes très divers.

rapide du nucléaire apparaît comme une erreur de ce point de vue, car imposant des investissements peu efficaces à court et moyens terme (stérilisant ainsi des capacités de financement essentiels pour développer l'économie) et conduisant à une fragilisation de notre système énergétique.

CONCLUSION

Une fois de plus l'ADEME apparaît comme une administration plus soucieuse de promotion des énergies renouvelables, en association avec le syndicat patronal SER, que de lutte contre le changement climatique et de défense de l'économie française. Elle présente son catalogue de possibilités sans souci des contraintes économiques et sociales en respectant, sans esprit critique, la contrainte de 50 % de nucléaire dans la production de l'électricité dès 2025. Le coût de son scénario semble être le cadet des soucis de l'ADEME puisque ni le mot « coût » ni le mot « Euros » ne sont cités dans le document !

Au total, l'apport supplémentaire des énergies renouvelables en 2030, tous secteurs confondus, et, sans contraintes de coût et effort de limitation du prix de l'électricité, pourrait être d'environ 21 Mtep, soit 13% de la consommation actuelle d'énergie finale, alors que la seule production d'électricité nucléaire (non carbonée aura été réduite de 38 à 18 Mtep, soit une baisse de 20 Mtep.

On comprend ainsi pourquoi le scénario ADEME 2030 ne présente aucun bénéfice en termes de lutte contre le changement climatique dans le secteur électrique..

Compte tenu des contraintes réglementaires, de l'acceptabilité incertaine par le public des implantations massives d'éoliennes et de lignes de transport HT, de l'inefficacité du solaire dans notre pays en hiver, de la faible capacité qu'à le pays à mobiliser des investissements considérables, des risques économiques et sociaux qui peuvent résulter d'une augmentation forte des prix de l'électricité, ce scénario, très proche du scénario antinucléaire NEGAWATT (Est-ce une coïncidence ou le signe d'une mise sous influence?), ne peut en aucun cas être considéré comme réaliste.