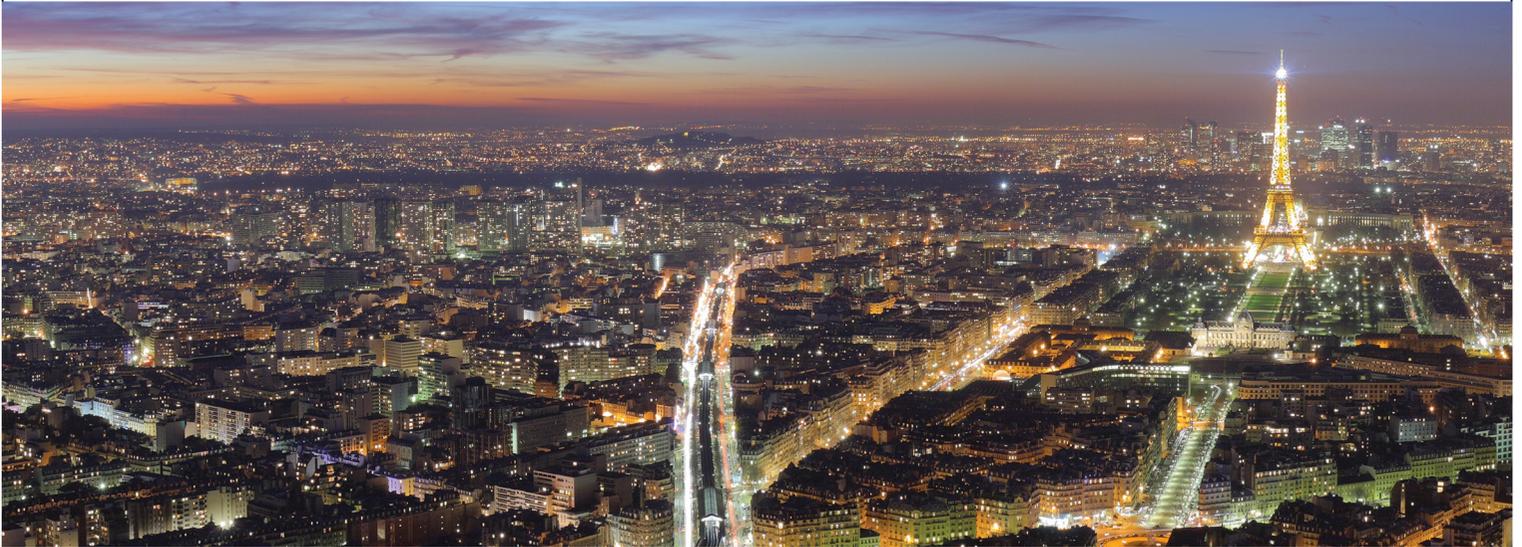




Comment (vraiment) réduire les émissions de gaz à effet de serre

SLC – Sauvons Le Climat – <http://www.sauvonsleclimat.org> – 5 €





Sommaire

Lutter contre le réchauffement climatique	5
Le scénario Négatep : une voie vers le facteur 4	7
Améliorer l'efficacité économique des actions de réduction des émissions de CO₂.	9
Propositions pour améliorer la production d'énergie	10
Secteur électrique « classique »	10
Éolien et photovoltaïque	10
Biomasse	11
Propositions pour améliorer l'efficacité énergétique	12
Résidentiel et tertiaire	12
Secteur des transports	12
Agriculture	13
Industrie et quotas d'émissions	13
Recherche, développement et innovation	14
Prospective et éthique sociale	14
Politique européenne et position de la France	15
Annexe 1.1 Compléments sur le scénario Négatep	18
Annexe 1.2 Actions rentables pour un prix du pétrole donné	22
Annexe 2 Ne nous trompons pas d'objectif : priorité au climat, donc à la chasse au carbone fossile	24
Annexe 3 Énergie nucléaire : quel avenir ?	25
Annexe 4 Stockage de l'électricité et hydraulique	27
Annexe 5 Captage et stockage du CO₂ : difficile mais nécessaire	29
Annexe 6 Les énergies renouvelables électriques	31
6-1 Les éoliennes : un rendement moyen faible et une dynamique de production difficile à gérer	31
6-2 Le solaire photovoltaïque : une technique coûteuse et peu efficace en France	33
Annexe 7 Les renouvelables thermiques	36
7-1 L'énergie solaire thermique	36
7-2 La biomasse-énergie, source de chaleur	37
Annexe 8 La biomasse-énergie, source de carburants	39
Annexe 9 Fort potentiel de réduction dans le résidentiel	41
9-1 Soutenir l'efficacité carbone plutôt que l'efficacité énergétique	41
9-2 Chauffage central résidentiel : vers un chauffage hybride	43
9-3 Respectons la loi en chauffant moins	44
Annexe 10 Les transports, un enjeu important pour la transition énergétique	45
Annexe 11 Dans les transports terrestres, donner la priorité aux solutions électriques	46
Annexe 12 Agriculture : manger moins de viande ?	49
Annexe 13 Taxe carbone : lier réduction des émissions de CO₂ et justice sociale.	51
Annexe 14 L'Europe, la France et le réchauffement climatique	53



Lutter contre le réchauffement climatique

Comme l'immense majorité des scientifiques et conformément aux rapports du GIEC, « Sauvons Le Climat » part du constat que le réchauffement climatique est en marche et que son origine est très vraisemblablement liée à l'augmentation anthropique de la concentration en gaz à effet de serre dans l'atmosphère. Ce changement du climat menace l'équilibre mondial en mettant en question à terme l'habitat de certaines zones de la planète.

Pour limiter à des valeurs raisonnables l'ampleur de ce changement, « Sauvons Le Climat » adhère à la proposition de diviser par quatre, d'ici à 2050, les rejets de gaz à effet de serre des pays de l'OCDE¹.

Une telle limitation des rejets de gaz à effet de serre implique d'éviter de confondre économies d'énergie et baisse des émissions de CO₂. Il n'y a en effet corrélation entre ces deux actions que si les économies d'énergie réalisées provoquent des **économies de combustibles fossiles**².

En fait, si l'obligation de réduire drastiquement les émissions de gaz à effet de serre ne s'imposait pas, il serait moins urgent de reconverter nos modes de production et d'utilisation de l'énergie, les ressources disponibles en carburants fossiles permettant à l'humanité de se fournir pour au moins un siècle et demi³.

Fort de ces considérations, « Sauvons Le Climat », sous le contrôle de son **Conseil Scientifique** et avec l'aide d'associations partenaires, a formulé une série de propositions permettant de « décarboner » l'activité économique sans remettre fondamentalement en question les modes de vie des populations et tout en assurant la croissance des plus démunies. « Sauvons Le Climat » a regroupé et quantifié ces propositions pour en démontrer l'efficacité et la cohérence globales. En ce sens le scénario « Négatep » proposé par « Sauvons Le Climat » diffère fondamentalement des scénarios de type « Négawatt »⁴ qui prônent notamment des réductions de consommations énergétiques qui paraissent irréalistes.

Les différentes options proposées ont été sélectionnées selon des critères d'efficacité économique. L'indicateur habituellement utilisé pour comparer les diverses solutions possibles est connu sous le nom de « coût du carbone évité » par une action donnée. Il s'agit de l'estimation du surcoût qu'occasionne cette action, surcoût ramené à la tonne de carbone que l'on aura évité de rejeter dans l'atmosphère⁵.

¹ Voir sur le site de « Sauvons Le Climat » « Effet de Serre et Climat » <http://www.sauvonsleclimat.org/documents-pdf/Poitou-climat2.pdf>

² Il arrive, en effet, que, pour émettre moins de gaz à effet de serre, il soit nécessaire de consommer davantage d'énergie primaire (par exemple, un chauffage électrique alimenté par des sources d'électricité ne produisant pas de CO₂, ou un réseau de chaleur alimenté par de la biomasse comparé à un chauffage individuel au gaz). On suppose ici que le stockage du CO₂ restera une technique utilisée marginalement et en tout état de cause dans les grosses installations industrielles et centrales électriques.

³ Les réserves prouvées de pétrole, gaz et charbon sont estimées respectivement à 50, 70 et 180 ans et l'on sait que, pour un coût inférieur à 100 \$ le baril, il est économiquement possible de produire à partir du charbon des carburants liquides ou gazeux.

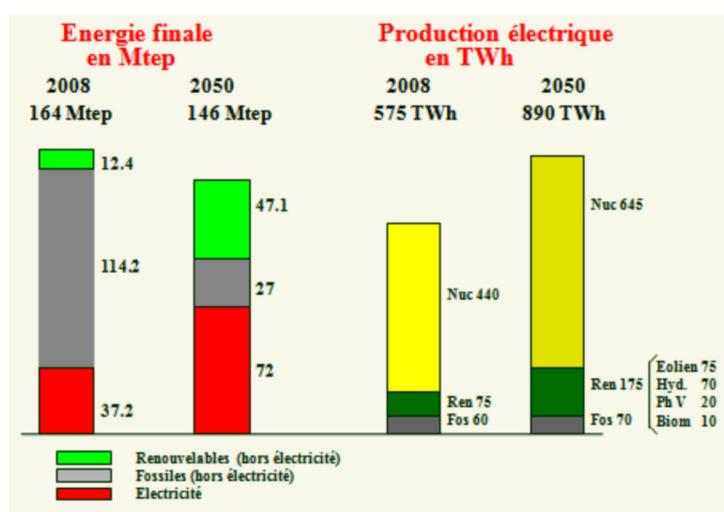
⁴ Voir sur le site www.sauvonsleclimat.org le communiqué « Diviser par 4 nos rejets : le scénario Négatep » <http://www.sauvonsleclimat.org/documents-pdf/Negatep.pdf>

⁵ Comme ce surcoût dépend du prix de l'énergie fossile, qui est imprévisible, il peut être remplacé par le « prix de l'énergie fossile équivalent » c'est-à-dire le niveau de prix de l'énergie fossile au-dessus duquel cette action sera moins coûteuse que l'utilisation d'énergie fossile. Voir annexe 1-2



Le scénario Négatep : une voie vers le facteur 4

Le scénario Négatep est une illustration de la stratégie énergétique avancée par « Sauvons Le Climat ». Il propose à l'horizon 2050 une évolution de la consommation d'énergie associée à une répartition entre les différentes sources disponibles. Dans son principe, le scénario Négatep vise, à l'échelle de la France et conformément aux objectifs de la loi d'orientation sur l'énergie de 2005, **la division par 4, en 2050, des rejets de gaz carbonique, conduisant à peu de chose près à diviser par 4 la consommation de combustibles fossiles.**



Outre les économies d'énergie, sans lesquelles le « facteur 4 » serait inaccessible, il faut remplacer le plus possible les combustibles fossiles par des sources d'énergie non émettrices de gaz carbonique et, pour cela :

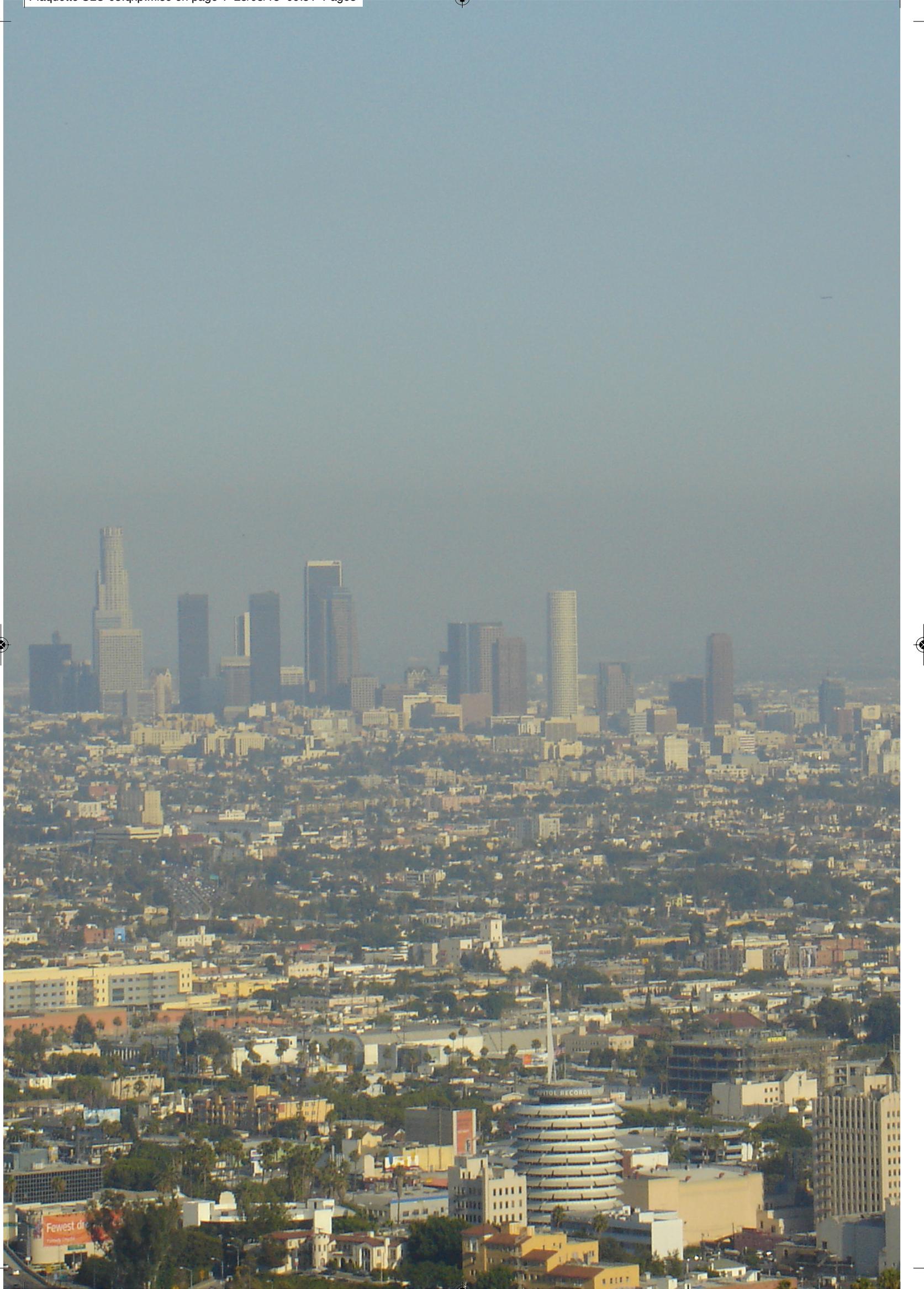
- **Réduire très fortement l'utilisation du gaz et pratiquement supprimer le fioul dans le résidentiel et le tertiaire.** Les moyens existent, en combinant une meilleure isolation, les énergies renouvelables chaleur associées ou non à des pompes à chaleur et l'électricité directe exploitée intelligemment.

- **Réduire très fortement le pétrole pour les transports.** Il s'agit là d'une double révolution : repenser la mobilité (transports en commun, fret) et remplacer le pétrole par l'électricité la moins « carbonée » possible, soit directement dans des véhicules hybrides rechargeables ou électriques, soit en apportant au moins en partie l'énergie nécessaire à la synthèse des biocarburants.
- **Limitier sérieusement les combustibles fossiles dans l'industrie.** Ceci implique notamment des modifications de procédés et donc des investissements lourds.
- **Augmenter fortement la part de l'électricité dans le mix énergétique,** maintenir la proportion de **l'énergie nucléaire** dans la production d'électricité et, tant que des moyens économiques de **stockage** n'auront pas été développés, limiter la part des électricités intermittentes au niveau que le réseau électrique peut supporter sans augmenter les capacités des centrales à gaz.
- **Toutes ces opérations, qui contribueront ipso facto à renforcer la sécurité d'approvisionnement tant au plan des ressources qu'au plan géopolitique, sont à effectuer avec la volonté de maîtriser les coûts.**

Le résultat de l'ensemble de ces actions est résumé ci-dessus, d'une part sous la forme d'énergie finale en Mtep et d'autre part de la seule production électrique en TWh⁶.

La mise en œuvre d'économies d'énergies (baisse de consommation de 23 % par habitant par rapport à ce jour), le développement des renouvelables chaleur (+ 280 %), ainsi que le remplacement d'une grande part d'énergies fossiles par de l'électricité décarbonée (+ 60 %), **permettent de réduire, d'un facteur proche de 4, l'appel aux énergies fossiles** voir le détail des hypothèses en annexe 1-1.

⁶ Si de 2008 à 2050 la consommation électrique est multipliée par 1.93, la production ne le serait que de 1.55, Paradoxe ? Aux écarts courants entre les évolutions relatives des énergies primaire (à la production) et finale (à la consommation), s'ajoutent les spécificités du bilan électrique, avec les écarts sur le bilan export – import (important en 2008 et considéré équilibré en 2050), l'auto consommation du secteur électrique réduite du fait du changement de mode d'enrichissement de l'uranium.



Propositions pour réduire les émissions de CO₂ au meilleur coût

Résumé des recommandations de « Sauvons le climat », au plan de la production d'énergie et de l'efficacité énergétique.
Le lecteur trouvera en annexes des fiches justifiant et explicitant ces recommandations générales.

Production d'énergie



Secteur électrique « classique »

Contribuant à hauteur de 40 % aux rejets de CO₂, la production d'électricité est la première source de rejet de gaz à effet de serre de la planète. La France est un des pays où la proportion de combustibles fossiles dans la production d'électricité est la plus faible ce qui la place parmi les pays les plus vertueux en matière de rejets globaux de CO₂ par habitant (en 2010 5,52 t contre 9,32 pour les Allemands : source AIE Key World Energy Statistics édition 2012). Cette disponibilité d'une électricité « dé-carbonée » offre d'importantes possibilités de substitution aux combustibles fossiles : chauffage électrique avec ou sans pompe à chaleur, chaleur industrielle, transports électriques collectifs et individuels.

Il est donc capital de veiller à ce que la proportion de la production électrique assurée par des centrales rejetant du CO₂ demeure à son très faible niveau actuel (5 à 10%).

Sauvons le climat propose :

- En période de pointe de demande électrique, développer la réduction des besoins d'électricité par des politiques tarifaires appropriées encourageant « l'effacement » d'installations électriques (rôle essentiel des compteurs intelligents). Cet effacement est notamment possible pour les logements bien isolés chauffés à l'électricité.
- Chaque fois que possible, substituer l'électricité aux combustibles fossiles carbonés.
- Poursuivre l'exploitation en toute sûreté du parc nucléaire et prendre en compte la part d'électricité qui sera dévolue au remplacement de combustibles fossiles dans de nombreux usages ([Annexe 3](#)).
- Développer le stockage de l'électricité notamment par les Stations de Transfert d'Énergie par Pompage ou STEP ([Annexe 4](#)).
- Exiger que toute nouvelle centrale à charbon (ou au gaz, ou au fioul) soit dotée d'un dispositif de captage/stockage du CO₂ avant d'être autorisée à vendre du courant ([Annexe 5](#)).



Éolien et photovoltaïque

Notre pays ne recourt que fort peu aux combustibles fossiles pour produire son électricité. La contribution, en France continentale, des éoliennes et des panneaux photovoltaïques à la diminution des rejets de CO₂ restera donc limitée. Elle peut même devenir négative, s'il faut faire appel à des centrales au gaz pour faire face à l'intermittence des productions nouvelles de ces deux sources renouvelables. Nous pensons donc que les investissements dans ces domaines ne devraient pas être prioritaires et, donc, ne pas être subventionnés directement ou indirectement à un niveau important.

Sauvons le climat propose :

- Supprimer, pour les nouvelles implantations, la procédure d'obligation d'achat du courant éolien ou photovoltaïque ([Annexes 6-1 et 6-2](#)).
- Remplacer la contribution qu'elle implique pour les consommateurs d'électricité (la CSPE) par une taxe parafiscale destinée à financer, d'une part, des investissements réduisant clairement les émissions de gaz à effet de serre (notamment par chauffage solaire direct, [voir annexe 7-1](#)), d'autre part, la recherche-développement. Cette taxe devrait être prélevée sur les combustibles fossiles ([voir annexe 13](#)).



Biomasse

L'utilisation de la biomasse à des fins thermiques est parfaitement justifiée et doit être fortement développée sur la base de ressources non importées. L'usage de la biomasse dans le domaine du chauffage (chaudières individuelles, réseau de chaleur) permettrait d'économiser efficacement des quantités considérables de carburants fossiles. La seule exploitation rationnelle de nos forêts permettrait de produire quelque 6 Mtep/an de plus (16 au lieu de 10 actuellement), soit 4 % de notre consommation carbonée nationale. Et il serait possible d'aller bien au-delà, avec notamment un meilleur choix des essences ([Annexe 7-2](#)).

En revanche il nous apparaît illusoire, au nom de l'effet de serre, de vouloir poursuivre l'utilisation de la biomasse pour produire des biocarburants (éthanol ou diester) dans la lignée actuelle de la première génération ([Annexe 8](#)). Cette transformation de la biomasse coûte en effet beaucoup d'énergie (perte de plus de la moitié de l'énergie potentiellement recueillie pour l'éthanol), de surface agricole, d'eau et surtout d'engrais, ces derniers étant source importante d'émissions de gaz à effet de serre.

L'accent doit être mis sur la seconde génération de biocarburants qui vise à utiliser toute la matière organique des plantes. Elle pourrait provenir de cultures dédiées à forte productivité, des herbes pérennes comme le miscanthus, des cultures annuelles comme le sorgho, ou du bois de taillis à courte rotation, ainsi que les rémanents d'exploitation du bois. Elle pourrait provenir aussi de la culture d'algues.

Sauvons le climat propose :

- D'intensifier, sans pour autant pénaliser les surfaces dédiées aux cultures alimentaires, la production de biomasse à destination thermique et de suspendre le soutien aux biocarburants dits de 1^{ère} génération ([Annexes 7-2 et 8](#)).
- De développer les cultures à forte productivité énergétique ([Annexe 8](#)).
- De développer la Recherche et Développement et les démonstrateurs sur les biocarburants de 2^{ème} génération exploitant les parties ligneuses et cellulosiques des plantes.
- D'intensifier la Recherche et Développement et les démonstrateurs pour la production de carburants issus de la culture d'algues.

Efficacité énergétique



Résidentiel et tertiaire

Ce secteur représente en France 18 % des rejets de gaz à effets de serre, tous gaz confondus⁷.

C'est le secteur dans lequel les actions sont les plus payantes et, donc, les plus urgentes : isolation ([Annexes 9](#)) mais aussi remplacement des systèmes de chauffage émetteurs de CO₂.

Sauvons le climat propose :

- Décourager l'usage du chauffage au gaz, au fioul et au charbon et interdire pratiquement les deux derniers dans les constructions neuves ou les rénovations lourdes ; dans ce but il faudrait modifier les règles de construction (RT 2012) en substituant aux limites de consommation surfacique en énergie primaire des limites en émission de gaz à effet de serre comme le demandait l'OPECST⁸ ([Annexe 9-1](#)).
- Encourager les installations de solaire thermique (notamment pour la production d'eau chaude sanitaire) et les pompes à chaleur.
- Encourager le chauffage électrique « heures creuses » ([Annexe 9-2](#)).
- Développer l'usage du bois de chauffage dans des conditions n'induisant pas de pollution atmosphérique (poussières, oxydes d'azote, dioxines etc..).
- Encourager l'installation de puits canadiens dans les régions où il y a un double besoin de chauffage modéré l'hiver et de rafraîchissement l'été.



Secteur des transports

Ce secteur représente 25 % des rejets de gaz à effet de serre de la France, tous gaz confondus⁹.

Les transports routiers représentent l'essentiel de ce poste. Dans la limite de l'efficacité économique, l'électrification des transports doit être maximisée partout dans le monde et plus encore dans les pays dont l'électricité est produite avec de faibles rejets de gaz à effet de serre, ce qui est le cas de la France.

Sauvons le climat propose :

- Encourager le développement des transports publics et du fret ferroviaire dès lors que les investissements à réaliser par tonne de carbone évitée (tous frais confondus) par km.voyageur ou tonne.km se justifient face à d'autres opportunités d'investissements publics permettant de réduire les émissions de CO₂ ([Annexes 10 et 11](#)).
- Favoriser le développement des voitures électriques (en zones urbaines) ou hybrides rechargeables, notamment en imposant aux administrations et aux utilitaires urbains de recourir à de tels véhicules ([Annexe 11](#)).

⁷ Source CDC Climat 2012.

⁸ L'Office Parlementaire d'Evaluation des Choix Scientifiques et Technologiques proposait d'ajouter le critère CO₂, ce qui avait quasiment le même effet.

⁹ Source CDC Climat 2012.



Agriculture

Ce secteur représente directement 18 % des rejets de gaz à effet de serre de la France, hors puits de carbone, tous gaz confondus¹⁰ et près du tiers si l'on inclut les postes annexes comptabilisés dans d'autres secteurs¹¹.

L'agriculture est en effet responsable de l'essentiel des émissions de méthane et protoxyde d'azote calculées en équivalent carbone. Ces dernières positionnent l'agriculture à la première place dans les émissions nationales. Il faut toutefois rappeler que l'agriculture et la sylviculture sont aussi à l'origine du principal puits de carbone du fait de la croissance des végétaux. Le puits compense presque les émissions du secteur.

Sauvons le climat propose :

- Que l'Europe rende obligatoire l'étiquetage du poids « équivalent carbone » des aliments et engage des campagnes de sensibilisation correspondantes ([Annexe 12](#)).
- De favoriser toutes les méthodes de culture qui pourraient contribuer significativement à réduire les besoins en engrais et en pesticide.

¹⁰ Source CDC Climat 2012.

¹¹ Notamment la fabrication d'engrais et de pesticides comptabilisés dans le secteur industrie.

¹² Source CDC Climat 2012



Industrie et quotas d'émissions

Ce secteur représente 20% des rejets de gaz à effet de serre de la France, tous gaz confondus¹².

L'efficacité énergétique du secteur s'est fortement améliorée. En termes de rejets de gaz à effet de serre, l'industrie est le poste qui augmente le moins vite (0.8 % / an). 80 % de la consommation énergétique industrielle porte sur l'obtention des matériaux de base et produits intermédiaires, les activités manufacturières ne portant que sur 20 %.

La nécessaire réindustrialisation de la France aura comme effet d'augmenter la consommation d'énergie de l'industrie mais des réductions d'émissions sont encore possibles. Le mécanisme européen de droits d'émissions pourrait, surtout en matière de production d'énergie, y contribuer. Mais son architecture actuelle nécessite une révision importante pour éviter les fraudes et protéger l'industrie européenne de la concurrence d'entreprises qui ne sont pas soumises aux mêmes contraintes. Et le volume des quotas devra être déterminé de façon compatible avec l'objectif général de division par quatre des émissions de CO₂, conduisant de facto à un prix du carbone qui incite plus les industriels à la réduction effective de leurs émissions.

Sauvons le climat propose :

- L'extension du système de droits d'émission à certains secteurs ne relevant pas de l'industrie, notamment celui des combustibles fossiles utilisés par les particuliers ([Annexe 13](#)).
- L'instauration d'un mécanisme de taxation carbone aux frontières de l'Union.
- La mise en place d'un cadre prévisible sur une longue période et d'une bonne police.



Recherche, développement et innovation

Ce qui précède fait appel à des formules que l'on pourrait qualifier d'éprouvées. Du fond des laboratoires, ainsi qu'au cœur de start-up innovantes, un autre monde se façonne.

« Sauvons Le Climat » est convaincu qu'une nouvelle révolution industrielle se met en place et que la diffusion des innovations sera souvent plus efficace que la réglementation pour lutter contre les rejets de gaz à effet de serre.

Il convient donc de soutenir la recherche de façon ciblée et de faciliter l'introduction commerciale des innovations faute de quoi l'on prendrait le risque de ne pas pouvoir assurer la diffusion des recherches. Des partenariats public-privé originaux seront notamment à imaginer.

Sauvons le climat propose :

- Accélérer les efforts de Recherche et Développement dans le cadre du programme international de recherche sur l'énergie nucléaire du futur « GIF Forum international de 4ème génération ».
- Favoriser les recherches permettant le stockage de l'énergie électrique, pour répondre à la fois aux besoins du réseau (gestion des productions intermittentes) et aux besoins des consommateurs (batteries embarquées par exemple).
- Privilégier les recherches portant sur la deuxième génération de biocarburants d'origine agricole ou marine.
- Créer un observatoire européen¹³, chargé d'évaluer le rapport coût/efficacité (**en termes de quantité de gaz à effet de serre évitée**) des actions ou des projets faisant ou devant faire l'objet de subventions directes ou indirectes (surcoût imposé au consommateur). Cet organisme technique hiérarchiserait périodiquement l'efficacité des actions en cours et émettrait un avis sur la cohérence des projets. Il serait habilité à labelliser des projets.

¹³ En quelque sorte un intermédiaire fonctionnant comme une agence de notation.



Prospective et éthique sociale

Les actions conduisant tant à l'efficacité énergétique qu'à la production d'énergies non carbonées peuvent avoir de lourdes répercussions sociales et ont en général un coût élevé qui se répercute en particulier sur les prix des énergies, sans que la raison des hausses apparaisse toujours clairement. De même ces actions ont des effets sur la compétitivité industrielle de la France et sur l'emploi qui peuvent être très sensibles, dans un sens ou dans l'autre. Elles ne pourront efficacement s'imposer que si elles obtiennent l'assentiment de la Société Civile.

Cet assentiment ne pourra être acquis que si une information objective et lisible est mise à la disposition du public.

Sauvons le climat propose :

- Que les citoyens soient objectivement tenus informés des travaux de l'observatoire précité, des conséquences économiques et sociales qui pourraient en résulter et des correctifs envisagés pour les plus démunis. A cet effet un budget substantiel de communication devrait, au plan européen comme au plan national, être alloué pour informer et rendre lisibles les mesures préconisées.
- Que, pour éviter les délocalisations industrielles, les produits en provenance de pays ne taxant pas les gaz à effet de serre soient taxés au franchissement des frontières de l'Europe.
- Que les publicités commerciales faisant mention de propriétés « écologiques » soient strictement réglementées¹⁴.

¹⁴ En somme faire la chasse au « greenwashing » à bon compte.



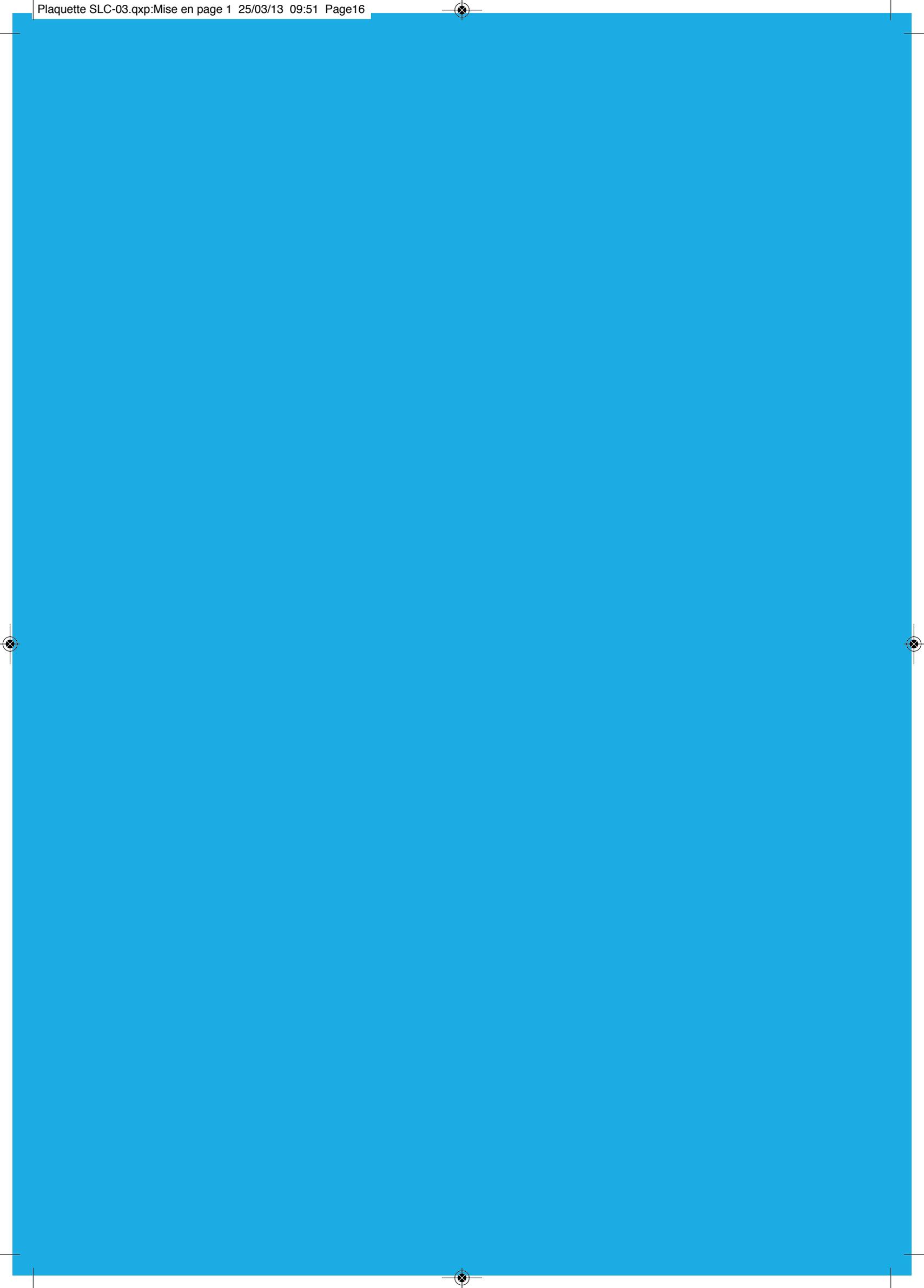
Politique européenne et position de la France

La Commission Européenne, en faisant adopter par le Conseil à la fois des objectifs à atteindre en 2020 (réduire de 20% les émissions de GES) et des moyens à mettre en œuvre (réduire la consommation d'énergie de 20% et viser 20% d'énergies renouvelables), a rendu sa politique énergétique d'autant moins lisible que chaque pays-membre dispose d'atouts fort différents pour répondre aux objectifs fixés.

Les données locales influant sur l'optimum énergétique, il serait logique que chaque pays soit libre de choisir la politique énergétique qui lui semble la plus appropriée pourvu qu'elle le conduise à respecter la limite imposée d'émissions de gaz à effet de serre.

Ainsi la France, si elle n'est pas contrariée par des normes irréalistes, pourrait, forte de son programme électronucléaire, de son hydraulique et de son potentiel de production de biomasse, faire plus que ce que demande l'Europe en termes de rejets de gaz à effet de serre ([Annexe 14](#)).

Réduire les émissions de gaz à effet de serre et, ce faisant, renforcer notre sécurité d'approvisionnement en énergie en prenant les décisions les moins onéreuses possible n'est-ce pas finalement ce qui importe le plus ?



Annexes

ANNEXES

Annexe 1.1

Compléments sur le scénario Négatep

La situation initiale

En 2008 la consommation finale énergétique, de 164 Mtep, se répartissait entre 127 Mtep, sous forme de chaleur, et 432 TWh transitant par le vecteur électricité¹.

La désignation chaleur regroupe à la fois la chaleur directe associée à la combustion des combustibles fossiles pour 67 Mtep (dont 39 Mtep de gaz), la chaleur indirecte pour 47 Mtep utilisée dans les moteurs thermiques des transports (à base quasi exclusive de pétrole) et enfin pour environ 10 Mtep les renouvelables thermiques (en fait essentiellement le bois de chauffe).

La production brute d'électricité de 575 TWh, était assurée par :

Nucléaire	440 TWh
Renouvelables	75 TWh (en majorité hydraulique)
Fossiles	60 TWh

Nota : Le passage de la production brute d'électricité à la production nette consommée en France tient compte de l'autoconsommation de la branche électrique, des pertes en ligne et surtout du bilan positif export – import. Soldes exportateur de 47 TWh en 2008 et pertes système d'environ 33TWh.

Cette consommation se répartit entre les différents secteurs comme suit : en premier le résidentiel/tertiaire (44 %), puis les transports (31 %), l'industrie (23 %) et enfin l'agriculture (2 %). Mais si nous regardons les seuls rejets de gaz carbonique, le classement précédant est modifié et le secteur transports vient en tête avec 42 % des rejets, suivi par le résidentiel/tertiaire pour 33%. Ce changement de classement résulte de l'importance relative du rôle de l'électricité dans chacun des secteurs. Un secteur faisant plus appel à l'électricité gagne en classement puisque celle-ci est peu carbonée en France (place importante de l'hydraulique et du nucléaire).

¹ 1 Mtep = 11,6 TWh.

Le « scénario de référence »

Ce scénario représente ce que serait la situation énergétique de la France, « si aucune politique ou mesure nouvelle, autre que celles déjà en place ou décidées au 1^{er} janvier 2008, n'était prise, en particulier pas de mesures nouvelles qui pourraient ressortir des suites du Grenelle de l'environnement ». Il suppose aussi l'absence de grave crise mondiale dans l'approvisionnement des combustibles fossiles et le maintien des prix de ces combustibles à des valeurs voisines des valeurs actuelles.

Ce scénario de référence fait passer la consommation d'énergie finale de 164 Mtep en 2008 à 226 en 2050, soit + 38 % (environ un peu moins de 1 %/an), à mettre en parallèle avec un accroissement de population de 16 % et de celui du PIB, qui hors crise actuelle devrait dépasser 1.5 %/an. L'effet de gain d'efficacité énergétique est donc déjà présent dans le scénario de référence.

Globalement, le scénario de référence conduit à une augmentation significative des rejets de CO₂, montrant la nécessité de corriger les trajectoires d'évolution des consommations et des productions énergétiques, d'où l'approche du scénario Négatep, comme indiqué sur la figure ci-dessous.

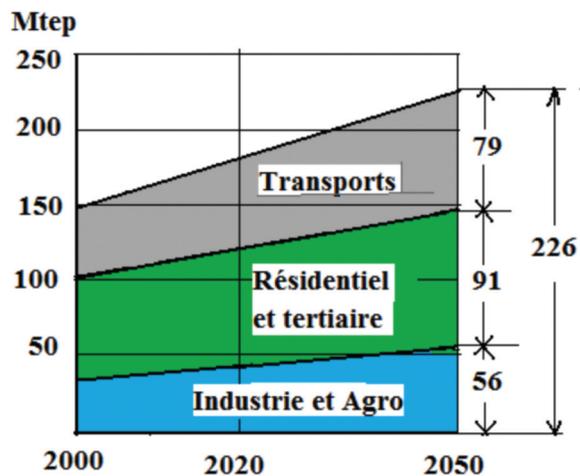


Fig 1 A1.1 : Energies finales en Mtep selon le scénario de référence DGEMP 2008

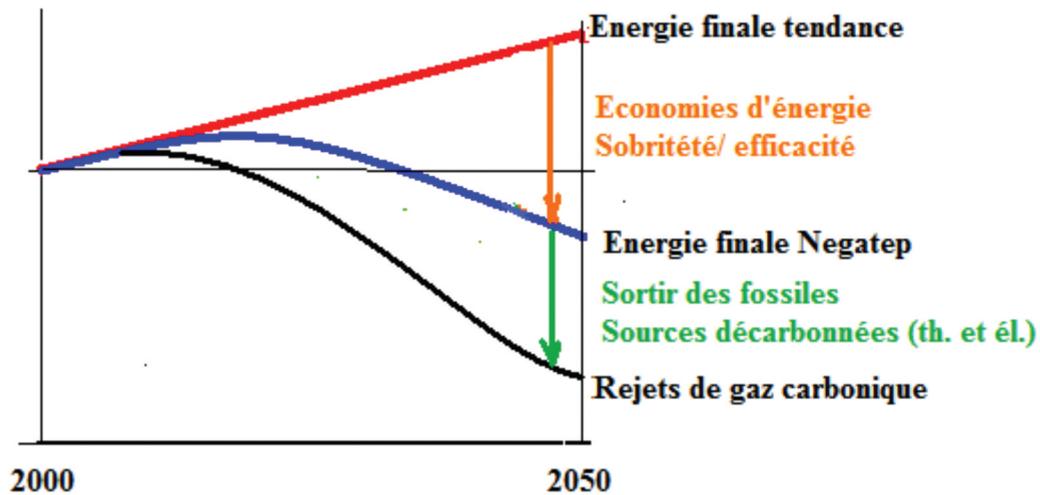


Fig. 2 A.1.1 L'approche globale Négatep

La division par 4 des rejets de gaz carbonique repose sur :

- des économies d'énergie : sobriété/efficacité énergétique.
- un fort accroissement de l'appel à des sources alternatives d'énergie décarbonnée pour remplacer en grande partie les combustibles fossiles, soit :
 - renouvelables chaleur
 - électricité issue des renouvelables et du nucléaire
 - biocarburants

ANNEXES

Bilan global

En 2050 la consommation totale finale Négatep, serait de 146 Mtep répartis entre :

61 Mtep pour le résidentiel/tertiaire, 45 Mtep pour les transports, 40 Mtep pour l'ensemble agriculture et industrie (en affectant les besoins spécifiques biocarburants des transports à ceux-ci et non à l'industrie où ils sont produits). Le total de 146 Mtep peut se décomposer en 74.1 Mtep de chaleur (directe et transports) et 835 TWh par le vecteur électricité.

Par rapport au scénario tendanciel, c'est une baisse de 35 % de la consommation finale, soit un effort de réduction de 44% demandé à chaque habitant. Cette baisse concerne tous les secteurs, mais surtout les transports (- 43 %), un peu moins l'habitat/tertiaire (- 32 %) et encore moins l'industrie (- 28 %). Pour cette dernière on considère qu'une grande part des économies a déjà été faite suite aux crises pétrolières, à l'accroissement des coûts de l'énergie et aux délocalisations des industries lourdes.

Les combustibles fossiles, division par 4

En 2050, ces combustibles (pétrole, gaz, charbon) interviennent pour la production de chaleur directe à raison de 20 Mtep (au lieu de 114 en 2008, soit une division par 5.7), pour les transports à raison de 7 Mtep (au lieu de 47 en 2008, soit une division par 6.7) et enfin à raison de 12 Mtep pour la production d'électricité (70 TWh à partir de gaz) (auxquels s'ajoutent 12 Mt de pétrole pour la chimie). Il faut noter que la part de combustibles fossiles dans la production électrique (déjà très faible à ce jour) n'a pratiquement pas été modifiée. Elle répond aux besoins de stabilité du réseau face à l'intermittence des renouvelables et aussi à quelques jours de pointes en hiver, évitant un suréquipement nucléaire, pour peu de jours utiles.

ANNEXES

	Charbon	Pétrole	Gaz	Total
Energie en Mtep	5	8	24	37
Mt de CO2	22	29	66	117 : 421 en 2008

Tableau 1 A.1.1 : Bilan final énergie combustibles fossiles et rejets de CO₂**Les énergies renouvelables « chaleur » multipliées par 4**

Ces énergies sont pratiquement multipliées par 4 d'ici 2050 en passant d'environ 12 Mtep (prédominance bois) à 45 Mtep, dont environ la moitié à destination des biocarburants (incluant le biométhane).

- Le bois et les divers déchets agricoles et ménagers, 30 à 35 Mtep (10 Mtep en 2008),
- Le solaire thermique : 3 à 5 Mtep (surtout Eau chaude sanitaire et un peu de chauffage)
- Géothermie de surface et aérothermie : 7 Mtep (tirés du sol ou de l'air par pompes à chaleur électriques)
- La géothermie semi profonde ou profonde : (1 Mtep)

La production d'électricité + 54 %

La production de 890 TWh serait assurée par :

Nucléaire : 645 TWh (93 GW installés, soit l'équivalent du renouvellement du parc actuel par des EPR).

Hydraulique : 70 TWh (26 GW installés hors STEP)

Eolien : 75 TWh (31 GW installés)

Photovoltaïque : 20 TWh (18 GWc)

Autres renouvelables : 20 TWh (bois et déchets en cogénération)

Fossiles : 70 TWh (20 GW installés)

Note : Le nucléaire assure 72 % de la production (soit sensiblement le même pourcentage qu'en 2008). La puissance installée nucléaire représente environ 50 % de la puissance totale installée. Les renouvelables intermittents (ou fluctuants) représentent environ 30 % de la puissance totale installée.

Les renouvelables électriques + 133 %

L'hydraulique terrestre (de 60 à 70 TWh/an selon les années), ne peut pas évoluer beaucoup, tous les équipements ayant pratiquement été faits. De même l'apport de l'hydraulique marine, même si quelques espoirs se portent sur les hydroliennes, ne peut être que limité.

Les avancées reposent sur les deux domaines lancés dans la dynamique du Grenelle de l'environnement qui sont l'éolien et le photovoltaïque (19 GW en éolien terrestre et 6 GW en éolien « offshore », plus 5,4 GW de photovoltaïque d'ici 2020, le tout devant produire environ 58 TWh). Ces objectifs Grenelle ambitieux pour 2020, reposant sur des coûts de rachats très élevés de l'électricité, ont toujours été considérés comme injustifiés par SLC. Toute nouvelle filière doit être aidée à son lancement, mais ici le niveau financier dépasse le raisonnable. Néanmoins ces données « Grenelle 2020 », en supposant qu'elles seront à peu près réalisées, (probablement dépassées sur le photovoltaïque) constituent une référence de départ pour le long terme².

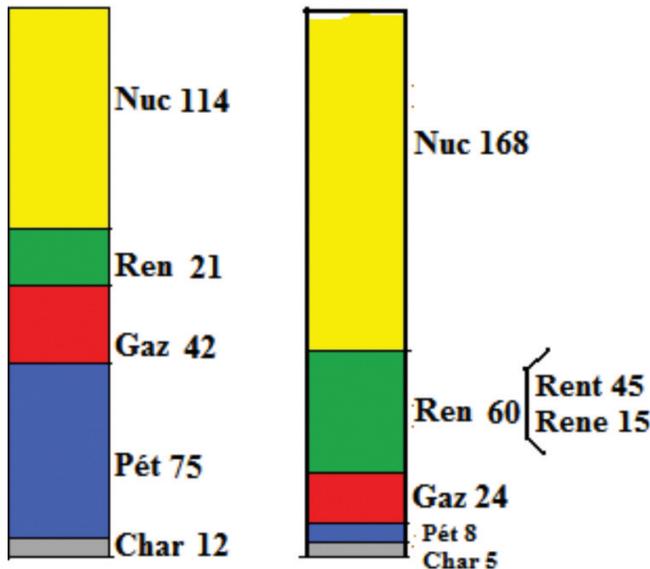
Deux facteurs : le coût et l'impossibilité de contrôler en permanence la puissance vont limiter le développement de l'éolien, pour aller bien au delà. Négatep n'a retenu pour 2050 que 31 GW de puissance installée et une production annuelle de 75 TWh.

L'électricité d'origine solaire photovoltaïque souffre à moindre titre que l'éolienne des variations de puissance, du fait d'une meilleure prévisibilité et surtout de l'amplitude plus faible des variations brutales de puissance fournie, mais en revanche une production moindre en hiver lorsque les be-

² Il serait facile et beaucoup plus économe de limiter la production d'électricité éolienne et photovoltaïque à ce qui est nécessaire pour permettre aux entreprises françaises de démontrer leur savoir faire, c'est-à-dire une douzaine de gigawatts en tout produisant moins de 30 TWh par an. La production nucléaire serait alors supérieure de 60 TWh. Bien qu'elle soit différente des conclusions du Grenelle de l'environnement, une telle décision serait parfaitement conforme à la nouvelle situation créée par la crise économique et la perte de pouvoir d'achat qui s'ensuit.

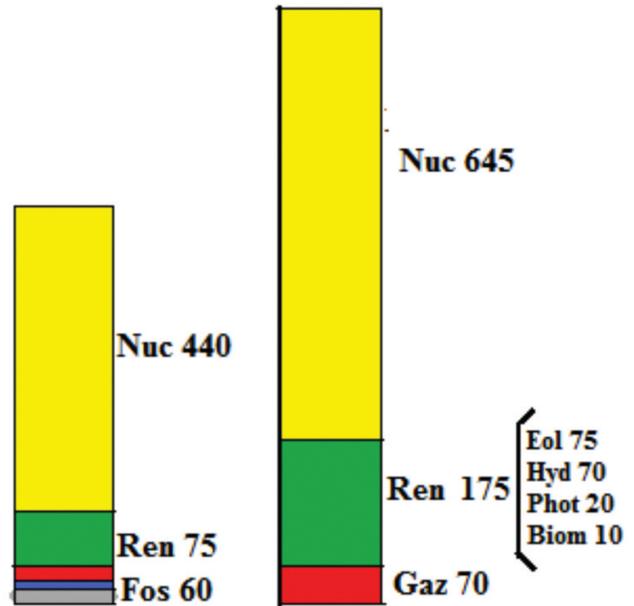
Energies primaire Mtep

2008 **2050**
264 **265**



Electricité TWh

2008 **2050**
575 **890**



Le remontage Négatep 2050 au niveau de l'énergie primaire en Mtep, et au niveau du vecteur électricité en TWh.

soins saisonniers sont au maximum et que la pointe de consommation survient le soir quand le soleil est couché. Mais elle est encore beaucoup trop chère et, en dépit des espoirs de baisse des coûts, Négatep la limite à 18 GW, bien conscient que la facture est encore trop élevée.

Les transports

Le secteur des transports, étant à ce jour la première source de rejets de gaz carbonique, mérite une attention particulière. Plus que les autres secteurs, il voit de profondes transformations avec la fin du quasi monopole du pétrole, pour basculer vers l'électrification et les biocarburants (de 2ème génération). Il ne repose plus que sur 7 Mtep de pétrole (division par 6,7). A ceci s'ajoutent dans la même lignée des moteurs thermiques et filières de distribution 15 Mtep de

biocarburants (en énergie finale), en sachant que ceux-ci sont issus de 22,5 Mtep de biomasse primaire et de l'équivalent de 7,5 Mtep d'électricité (87 TWh). A ceci s'ajoutent 93 TWh d'électricité dans les transports en commun et les véhicules individuels hybrides rechargeables et 100 % électriques.

Voir sur www.sauvonsleclimat.org :

Les incontournables SLC :

« Diviser par quatre les rejets de CO2 dus à l'énergie : le scénario NEGATEP 2012 » du 17-1-2012

ANNEXES

Annexe 1.2

Actions rentables pour un prix du pétrole donné³

Quelques références à connaître

Une hiérarchisation des coûts des actions de réduction des émissions de CO₂ a été proposée par des membres de « Sauvons le Climat »⁴. Ils proposent un indicateur qui permet de classer les actions en fonction du « coût du carbone évité » par chacune d'entre elles, c'est-à-dire du surcoût d'une action donnée par rapport à l'utilisation d'énergie fossile.

Ce « coût du carbone évité » par une décision dépend du prix du carburant, du fioul ou du gaz tel qu'il est payé par celui qui prend la décision. Il ne peut donc servir d'indicateur de coût que si l'on indique en même temps quels sont les prix du carburant, du fioul et du gaz. Or ces prix varient beaucoup et sont imprévisibles. Parler d'un « coût du carbone évité » sans indiquer les prix du carburant, du fioul et du gaz prête donc à de sérieux malentendus. Cet indicateur est donc très malcommode.

Quelle que soit l'action qui permet d'éviter des émissions de CO₂⁵, il existe un prix du carburant, du fioul ou du gaz qui rendrait cette action économiquement intéressante. Appelons ce niveau de prix « prix de l'énergie fossile équivalent » à la décision, PEFE. Ce niveau de prix dépend seulement des dépenses à engager pour éviter de consommer ces produits fossiles, c'est-à-dire par exemple les dépenses d'isolation, l'achat de la chaleur produite par de la biomasse ou de la géothermie et transportée par un réseau urbain, l'installation d'une pompe à chaleur et l'achat d'électricité, les dépenses de production de biocarburant. Tout cela est à peu près indépendant du prix du gaz, du carburant et du fioul. Quelle que soit la décision qui permet de diminuer les émissions de CO₂, le PEFE de cette décision est donc indépendant du prix de ces énergies. Et, quel que soit le prix de ces énergies, le classement des actions selon leur « coût du car-

bone » évité ou selon leur PEFE est le même.

Le PEFE, qui ne dépend pas du prix payé pour le fioul, le gaz ou le carburant, est donc un indicateur de coût fort commode. Il peut s'exprimer en €/MWh, en €/m³ ou en €/litre de carburant. A chaque PEFE (qui est un prix à la consommation finale), on peut faire correspondre un prix d'importation du carburant, du fioul ou du gaz, en tenant compte des taxes intérieures (TIPP, TVA, etc.) et des coûts de distribution, et un prix international du pétrole.

La liste qui suit fournit, à titre indicatif, des ordres de grandeur du PEFE *en supposant une augmentation de la capacité nucléaire et sans compter le surcoût de l'électricité éolienne et solaire*.

Fioul à 1000 €/m³ TTC, gaz à 100 €/MWh TTC (y compris l'abonnement), gazole à 1,3 €/l, correspondant à un pétrole à 100 \$/bl :

- Isolation des combles, pose de vitrages et menuiseries isolantes lorsqu'il faut les remplacer.
- Chauffage au bois individuel.
- Pompes à chaleur en remplacement d'une chaudière au gaz ou au fioul arrivée en fin de vie.
- Chaleur renouvelable (biomasse, incinération déchets, géothermie ...) dans un réseau de chaleur existant.
- Limitation des vitesses moyennes des véhicules routiers.

Fioul à 1500 €/m³, gaz à 150 €/MWh TTC (y compris l'abonnement), gazole à 1,9 €/l, correspondant à un pétrole à 150 \$/bl :

- Chaleur renouvelable (biomasse ou géothermie) dans un réseau de chaleur à créer.

³ prix du gaz, du fioul ou du carburant équivalents.

⁴ Henri Prévot : « Trop de pétrole ! » Le Seuil 2007, « Avec le nucléaire » Le Seuil 2012 et « Moins de CO₂ pour pas trop cher – propositions pour une politique de l'énergie » - L'Harmattan 2013. Pierre Bacher : « Prix du pétrole équivalent et coût du CO₂ évité » - revue Générale de l'Énergie n° 852 (mars - avril 2008)

⁵ Et tant que l'on ne stocke pas le CO₂.

- Cultures de plantes dédiées à la production de biomasse.
- Pompes à chaleur en remplacement d'une chaudière existante.
- Électricité heures creuses et évitable (effaçable) en heure de pointe ([Annexe 11](#)).
- Production conjointe de chaleur et d'électricité à partir de biomasse.
- Véhicules électriques et hybrides rechargeables.
- Agro-carburants de deuxième génération si leur coût de production est de 1100 €/m³.
- Production d'électricité seule à partir de bois en remplacement de l'électricité produite à partir de gaz.
- Chauffe-eau solaire dans des conditions très favorables.
- Remplacement des fenêtres.

Fioul à plus de 1500 €/m³, gaz à plus de 150 €/MWh TTC (y compris l'abonnement), gazole à plus de 1,9 €/l, correspondant à un pétrole à plus de 150 \$/bl

- Diminution de la consommation d'énergie dans les logements existants lorsque l'investissement qui permet d'éviter la consommation de 1MWh ou 0,1m³ de fioul par an coûte plus de 2200 € : isolation par l'extérieur, ventilation double flux.
- Production d'électricité ou éolienne ou solaire en remplacement d'une électricité produite à partir de gaz⁷.

Note : si une partie de l'électricité produite est d'origine non pas nucléaire mais éolienne ou solaire, le coût de production sera supérieur, ce qui se fera sentir sur le coût de production de biocarburant, d'utilisation de véhicules hybrides ou électriques, le coût du chauffage, etc. Il faudrait ajouter au PEFE

indiqué ci-dessus 50 à 100 €/MWh, soit 0,4 à 1 €/litre de carburant.

Voir aussi sur www.sauvonsleclimat.org :

Communiqué :

« Propositions pour un programme énergétique et écologique » du 30/05/07

⁶ Lorsque le remplacement a lieu en fin de vie, il n'y a pas lieu de donner une valeur résiduelle au matériel remplacé.

⁷ Si le gaz à la consommation finale vaut 150 €/MWh TTC abonnement compris, le gaz industriel, HT, vaut environ deux fois moins. Si l'électricité éolienne ou solaire remplace une électricité nucléaire, elle ne diminue pas les émissions de CO₂.

ANNEXES

Annexe 2

Ne nous trompons pas d'objectif : priorité au climat, donc à la chasse au carbone fossile

Le monde est confronté à deux menaces immédiates : d'une part le réchauffement climatique lié aux émissions de gaz à effet de serre (GES) dont le CO₂ représente les 2/3 et d'autre part, un jour ou l'autre, l'épuisement des ressources en pétrole, gaz et charbon. Mais l'humanité sera « morte de chaud » avant de consommer toutes ses ressources en énergie fossile. Elle doit donc apprendre à ne pas consommer rapidement toute l'énergie fossile disponible⁸. Autrement dit elle doit s'affranchir des énergies fossiles carbonées (pétrole, gaz et charbon) qui représentent aujourd'hui 80% des sources énergétiques mondiales.

La production d'électricité est, à elle seule, à l'origine de près de la moitié des rejets de CO₂ de la planète.

Le cas de la France est particulier car son électricité est, largement plus que dans la très grande majorité des autres pays, produite sans rejet de CO₂ grâce au nucléaire et à l'hydraulique. À telle enseigne que chaque Français émet 5,5 tonnes de CO₂/an au lieu de 7,3 t/hab/an dans la moyenne des pays de l'UE ou 9,3 en Allemagne⁹ et qu'une économie d'énergie a, en France, une chance sur deux d'être sans impact sur la protection du climat...

La France ne consommant plus guère de charbon, réduire les rejets de CO₂ revient à réduire les utilisations de pétrole et de gaz et s'opposer à toute action conduisant à « réveiller » l'usage du charbon. Au contraire de ce qui se passe dans la plupart des pays, en France métropolitaine éviter le carbone fossile ne revient pas à réduire la consommation d'électricité, mais au contraire à l'encourager dans des secteurs où elle pourrait se substituer à du gaz ou du pétrole.

Pour éviter la consommation d'énergies fossiles, produits pétroliers, gaz ou charbon, les solutions sont multiples : se

chauffer autrement ([annexes 10-1 et 10-2](#)) ; utiliser beaucoup plus et beaucoup mieux la biomasse ([annexes 7-2 et 8](#)) ; développer le nucléaire ([annexe 3](#)) ; électrifier les transports ([annexes 10 et 11](#)) ; économiser les énergies fossiles là où elles ne sont pas substituables.

Conclusion

« Sauvons Le Climat » propose de :

- Développer des sources d'électricité, disponibles de façon permanente, autres que celles provenant des énergies fossiles.
- Economiser les énergies fossiles quand on ne peut pas s'en passer, en améliorant l'efficacité de leur utilisation.
- Remplacer, là où c'est possible, les énergies fossiles par des énergies qui n'émettent pas de CO₂.

Voir aussi sur www.sauvonsleclimat.org

Communiqués :

« Electricité et Effet de Serre » du 21/08/07

« Ne pas se tromper de méthode » du 07/11/07

« La transition énergétique est à l'ordre du jour » du 6-10-2012

« Contribution au débat sur la transition énergétique » du 14-12-2012

⁸ Ce n'est pas tant la quantité de fossile brûlé qui compte que la vitesse à laquelle il est brûlé. Il ne faudrait pas dépasser la production de plus de 3 GtCequ. par an mais on pourrait les brûler pendant plusieurs centaines d'années.

⁹ Source CDC Climat, chiffres 2010

Annexe 3

Énergie nucléaire : quel avenir ?

La production mondiale d'électricité engendre près de la moitié des rejets de CO₂.

L'énergie nucléaire civile, qui n'émet pratiquement pas de CO₂, produit aujourd'hui plus de 13 % de l'électricité dans le monde, 30 % en Europe et près de 80 % en France. Dans notre pays elle réduit de plus d'un tiers les émissions de CO₂. Après 60 ans de développement, on arrive aujourd'hui à la troisième génération de réacteurs, représentée en France par l'EPR¹⁰.

Pourquoi faut-il maintenir la part actuelle de nucléaire dans notre production d'électricité ?

- Parce que le parc actuel de production d'électricité a montré toute son efficacité pour réduire les émissions de gaz à effet de serre. La France est le deuxième meilleur pays européen après la Suède pour le contenu en CO₂ de son électricité : quatre fois moins que la moyenne européenne, cinq fois moins que l'Allemagne ou le Royaume Uni¹¹;
- Parce que le nucléaire reste le moyen de production de base non émetteur de CO₂, dont la puissance peut suivre les variations de consommation ;
- Parce que la France dispose d'une réglementation et d'une Autorité de sûreté parmi les plus exigeantes au monde ; cette Autorité se prononce régulièrement, et indépendamment du pouvoir politique, sur la sûreté des installations. Elle a notamment, en 2012, autorisé la centrale de Fessenheim à fonctionner dix ans de plus en toute sûreté ;
- Parce que ce parc contribue à la fourniture d'une électricité très compétitive qui profite aux ménages comme aux clients industriels français ; son prix est insensible aux variations importantes de celui des combustibles fossiles ; la quasi-totalité de la valeur ajoutée est produite en France. L'arrêt anticipé de Fessenheim coûterait 1 milliard d'€ par an ; le passage à 50% de nucléaire dilapiderait d'ici 2025 un capital évalué entre 50 et 100 milliards d'€ ;
- Parce que l'industrie nucléaire française est un des secteurs d'excellence de la France ; il est exportateur et fournit plus de 125 000 emplois directs (400 000 avec les emplois indirects et induits¹²) ;
- Parce que le nucléaire apporte chaque année autour de 25 milliards d'€ à la balance commerciale française¹³.

Pourquoi faut-il lancer la construction en série de l'EPR ?

- Pour préparer le remplacement des réacteurs actuels qui arriveront très probablement en fin de vie avant la mise en service des réacteurs de 4^{ème} génération ; et faire face à une augmentation de l'utilisation de l'électricité dans les transports, en particulier pour la route ([Annexes 10 et 11](#)) et dans l'habitat pour y remplacer le pétrole et le gaz ([Annexes 9-1 et 9-2](#)) ;
- Parce que l'EPR, archétype des réacteurs de 3^{ème} génération, a été conçu dès son origine pour répondre au grand enseignement de l'accident de Tchernobyl : un accident majeur est possible, même si sa probabilité est faible, mais il n'est pas tolérable qu'il provoque une contamination radioactive importante en dehors du site. Les premières leçons de l'accident de Fukushima ont validé à cet égard les dispositifs qui renforcent la sûreté de l'EPR et sa résistance aux agressions.
- Parce qu'avant de développer industriellement des réacteurs surgénérateurs de 4^{ème} génération, il faut accumuler suffisamment de plutonium pour fabriquer leur cœur. C'est ainsi qu'il faut 16 ans de fonctionnement d'un réacteur de 2^{ème} et 3^{ème} génération pour fabriquer le plutonium nécessaire à la fabrication du cœur d'un surgénérateur de même puissance.
- Parce que l'EPR est un très bon projet, qui bénéficie du meilleur des expériences allemande et française sur les réacteurs à eau pressurisée exploités de façon exemplaire depuis maintenant plus de 30 ans dans nos deux pays.

¹⁰ European Pressurised Reactor ou Réacteur à Eau Pressurisée

¹¹ Source Agence Internationale de l'Energie, octobre 2011

¹² Source SFEN : <http://www.sfen.org/L-electronucleaire-en-France-125>

¹³ Source SFEN : <http://www.sfen.org/Impact-economique-de-l-industrie>

ANNEXES

Outre son renforcement de la sûreté et de la sécurité, il bénéficie des progrès bâtis sur un acquis considérable dans tous les domaines, en particulier l'ensemble du cycle du combustible y compris les déchets, l'économie de combustible et la protection de l'environnement.

- Dernière raison majeure pour construire l'EPR : l'industrie nucléaire française est l'un des leaders mondiaux d'un secteur appelé à un développement très important. Cette position de la France doit beaucoup au courage politique du passé et aux scientifiques et ingénieurs qui ont su forger les outils de recherche et de production industrielle. Mais si la France ne reste pas à la pointe du progrès sur son propre territoire, son leadership sera vite mis à mal par ses concurrents historiques ou émergents.

Alors, il est vrai que les deux premiers EPR, en construction à Olkiluoto (Finlande) et Flamanville, ont accumulé retards et dépassements de budget. C'est très souvent le lot des prototypes, et pas seulement dans l'industrie nucléaire ! Par exemple, la première tranche de Fessenheim, réacteur de 900 MWe, nettement plus petit que les 1630 MWe d'EPR et copie d'un réacteur américain, a été construite en 7 ans. Mais dans la série qui a suivi, la tranche 4 de Dampierre a été construite en 4 ans seulement. Le retour d'expérience bénéficie déjà clairement aux EPR 3 et 4 en construction à Taishan (Chine). Tout laisse à penser que les EPR bénéficieront de cet effet d'apprentissage et de série... à condition qu'il y ait effectivement une série !

L'avenir plus lointain : les réacteurs de 4^{ème} génération

Les réacteurs dits de 4^{ème} génération ont pour premier objectif l'utilisation effective quasi complète du potentiel énergétique de la ressource naturelle en uranium. Grâce à des cœurs à neutrons rapides l'uranium peut fournir de 50 à 100 fois plus d'énergie que celle qui peut être dégagée dans un réacteur de conception actuelle.

De tels réacteurs ont déjà été construits et exploités à travers le monde. En France, les réacteurs Phénix et Superphénix, basés sur un refroidissement au sodium, ont été réalisés et ont fonctionné plusieurs années (35 ans pour le

premier et 10 ans pour le second, sur décision administrative sans justification de sûreté).

Aujourd'hui, les exigences de sûreté relevées justifient la conception de nouveaux projets. C'est le cas dans un cadre international, le Forum Génération IV, au sein duquel le CEA travaille plus particulièrement sur un prototype de réacteur à neutrons rapides refroidi au sodium, nommé Astrid. Son lancement devrait être confirmé.

Dans tous les cas, une contribution concrète à la production électrique de ces nouveaux réacteurs n'est pas prévisible avant plusieurs décennies. Mais compte tenu de l'enjeu, la poursuite du développement doit être encouragée.

Conclusion

« Sauvons Le Climat » considère que sortir du nucléaire, comme le réclament certains, serait, pour la France, un triple recul environnemental, économique et stratégique. Face aux risques de changement climatique et de raréfaction du pétrole et du gaz, il est essentiel de terminer la construction de la tête de série EPR à Flamanville et de lancer, dès que nécessaire et dans la perspective du parc actuel, la construction de réacteurs EPR supplémentaires. « Sauvons Le Climat » considère que la participation de la France au développement des réacteurs de Génération IV doit être soutenue.

Voir aussi sur www.sauvonsleclimat.org :

Débat Public « Position de SLC sur EPR du 9-9-2008 »

Publication sélectionnée « Expertise technico-économique sur le maintien en fonctionnement de Fessenheim » (source IED 19-12-2012)

Témoignage de signataire « Contribution au débat sur la transition énergétique » (14-12-2012)

¹⁴ Le réacteur russe à neutrons rapides et refroidi au sodium BN 600 (600 MWe), en service depuis 1980, a 32 ans de fonctionnement à ce jour.

Annexe 4

Stockage de l'électricité et hydraulique

La production d'électricité doit s'adapter à chaque instant à la demande des consommateurs, par nature très fluctuante, car l'électricité n'est pas stockable, du moins à court terme. Il y a une grande variabilité de la demande entre les heures creuses et les heures de pointe d'une même journée¹⁵, mais aussi selon les saisons¹⁶. Le gestionnaire de réseau doit donc avoir à sa disposition des moyens suffisants et très réactifs pour faire face à ces pointes, dont le niveau est en général très lié à la température et à la saison. Pour répondre à ces variations, il fait varier la puissance des centrales nucléaires et thermiques à flamme et il s'appuie ensuite sur l'hydraulique, car si l'électricité ne se stocke pas, l'eau des barrages se stocke ou déstocke à volonté. Si les possibilités sont très limitées, voire quasi nulles, pour les barrages au fil de l'eau, elles sont très grandes pour les centrales d'éclusées et celles de lacs. Ainsi des variations journalières pouvant approcher 10000 MW sont déjà couvertes par l'hydraulique. Mais ceci ne suffit pas et d'autres moyens sont nécessaires. Ils peuvent être peu utilisés (jusqu'à quelques dizaines d'heures par an), ce qui conduit à choisir des installations dont le coût d'investissement est faible (mais dont le coût d'utilisation, en contrepartie, est élevé). Il s'agit en général de turbines à combustion (au fuel ou au gaz), productrices de gaz à effet de serre.

Une autre idée est de stocker de l'électricité lorsqu'elle est abondante et bon marché, pour la restituer au moment des pointes de consommation lorsqu'elle est « rare » et chère. Les stations de transferts d'énergie par pompage (STEP) sont à l'heure actuelle le seul moyen pour stocker de grandes quantités d'énergie destinées à la production électrique. Elles se composent de deux réservoirs d'eau de grande capacité (plusieurs millions de m³), un haut et un bas situés à des altitudes très différentes pour constituer une chute d'eau importante. En heures creuses, on pompe

l'eau du bassin inférieur pour la remonter dans le bassin supérieur, et en heure de pointe, on utilise les réserves constituées dans le bassin supérieur pour produire de l'électricité. Le rendement d'un cycle pompage-turbinage est de l'ordre de 75%. Il atteint 80% pour les machines les plus performantes. Il s'agit de centrales capables de recycler une énergie de base en énergie de pointe, en profitant des écarts importants de prix entre ces deux énergies pour rentabiliser l'investissement et compenser les écarts de rendement.

Comme pour tous les aménagements hydroélectriques de grande taille, l'investissement de départ est relativement important, et une rentabilité suffisante s'obtient lorsqu'on peut disposer de 2000 à 2500 heures d'énergie de base bon marché, et de 1500 à 2000 heures d'énergie de pointe à prix élevé.

La STEP la plus ancienne en France est celle du Lac Noir, construite en même temps que la centrale de Kembs sur le Rhin. Elle était supposée stocker l'énergie fatale produite par la centrale au fil de l'eau et non utilisée la nuit, pour la restituer dans la journée. Le développement du programme nucléaire en France s'est accompagné de la construction de 6 STEP, pour une puissance installée totale de 5000 MW.

Le développement des énergies intermittentes en Europe (éoliennes, solaires et marines), pose à nouveau et de façon aiguë la question du stockage : leur production peut être nettement surabondante à certains moments, et cruellement déficitaire à d'autres, et un dispositif de régulation sous forme de stockage par des STEP pourrait permettre de mieux les utiliser au sein des systèmes électriques européens.

Malheureusement, si ces énergies intermittentes commencent à être abondantes, elles ne sont pas bon marché. De plus, elles ont un effet inattendu sur les prix de l'électricité, en modérant les prix de pointe lorsqu'elles sont abondantes

¹⁵ L'écart peut dépasser 20 000MW entre la pointe vers 19h et le creux vers 4h d'une même journée d'hiver.

¹⁶ La puissance appelée est de l'ordre de 35 000MW en creux de week-end d'août et de 55 000 à 60 000 en creux de week-end de décembre.

ANNEXES

(ce qui se produit une partie significative des 1500 heures de prix élevés nécessaires à la rentabilisation de l'investissement dans une STEP). Il faut ajouter à cela le fait qu'il s'écoule environ 10 ans entre la décision d'investissement dans une STEP et sa mise en service, ce qui accroît le risque pour l'investisseur. Enfin, la tarification du réseau appliquée actuellement constitue une charge supplémentaire sur les coûts d'exploitation des STEP. Ces différents éléments sont aujourd'hui autant d'obstacles au développement de nouveaux projets.

Il n'en demeure pas moins que l'idée reste très présente dans les perspectives des grands opérateurs européens et que plusieurs sites sont évoqués y compris en France. Des projets de STEP marines constitués d'un réservoir artificiel à quelques centaines de mètres d'altitude à proximité d'un rivage marin sont même régulièrement évoqués.

Il faudrait également explorer d'autres moyens : stockages de faible capacité par batteries ou réservoirs d'air comprimé associés à des moyens de production intermittents de taille moyenne. Le stockage par batteries chimiques est déjà en expérimentation sur l'île de La Réunion où l'intermittence de la production solaire photovoltaïque pose de gros problèmes sur un système électrique isolé.

Un dernier moyen est de maîtriser la demande au moment des pointes de consommation d'électricité. Cela pourra se faire très aisément lorsque le consommateur d'électricité pourra soit effacer temporairement sa consommation à ce moment (intérêt de tarifs appropriés et de compteurs intelligents), soit remplacer immédiatement l'électricité par une autre forme d'énergie qui se stocke facilement grâce à des équipements hybrides, véhicules hybrides ou des chauffages hybrides.

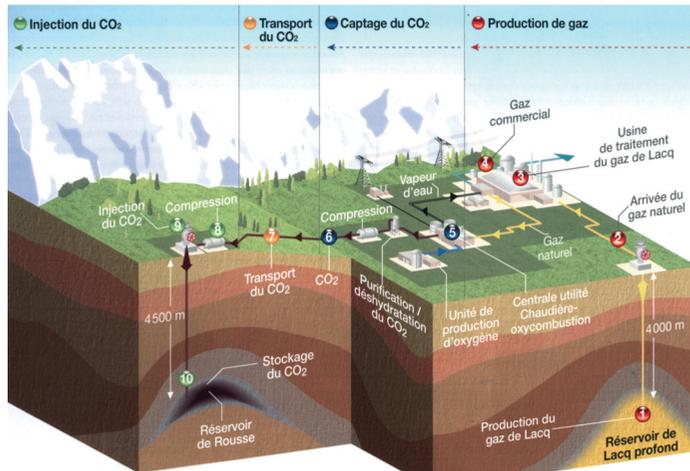
Conclusion

L'intermittence de la production d'électricité à base d'énergies renouvelables pousse à développer des moyens de stockage. Le développement de nouvelles STEP suppose en parallèle le développement de nouveaux modes de financement, prenant en compte des visions à long terme.

« Sauvons le Climat » propose que le Ministère en charge de l'énergie intègre une obligation de capacités de stockage pour les grands projets de production intermittente, comme cela a été fait dans les îles, et lance des appels à projets pour de nouvelles STEP en France.

Annexe 5

Captage et stockage du CO₂ : difficile mais nécessaire



CO₂ avant combustion. Dans cette voie, ce qui est brûlé pour produire de l'énergie est l'hydrogène obtenu par reformage.

– la voie oxygène pour laquelle il y a production de CO₂ pendant la combustion mais sans azote.

Le transport vers le site de stockage est envisagé sous forme de gaz comprimé ou liquéfié par pipe-line ou par bateau selon la distance à parcourir.

Les techniques, dites de captage et stockage du CO₂, qui consistent à extraire le CO₂ rejeté par des installations industrielles ont, après les étapes de Recherche et Développement par la communauté internationale (Carbon Sequestration Leadership Forum), atteint le stade des essais pilotes. Elles intéressent essentiellement les installations stationnaires émettrices de CO₂ : centrales électriques à flamme, industrie lourde. En France, dont la production électrique est quasi exclusivement nucléaire, c'est surtout l'industrie lourde qui est concernée. Le total des consommations d'énergies fossiles carbonées du secteur industrie est voisin de 25 Mtep/an¹⁷ (dont une bonne moitié de gaz) qui engendrent 75 Mt de CO₂/an.

Deux grandes voies de captage du carbone sont en cours d'exploration :

- Agir sur le mélange après combustion de l'air, le CO₂ sera extrait à partir des fumées chaudes sortant de la chaudière.
- Agir avant combustion. Parmi les différentes possibilités qui interviennent en amont, pour éviter de devoir séparer à la sortie « cheminée » l'azote du CO₂, on retiendra :
 - la voie hydrogène avec production séparation de

Trois types de stockage sont explorés :

- L'injection dans des aquifères salins profonds dont on n'ira jamais chercher l'eau puisqu'elle est salée ; c'est, aujourd'hui, la solution la plus prometteuse ;
- L'injection dans des réservoirs d'hydrocarbures : cette injection va permettre, secondairement, de mieux « presser l'éponge pétrolière » améliorant ainsi le taux de récupération de la ressource pétrole (récupération assistée) ;
- L'injection dans des veines de charbon ce qui, secondairement, permettra la libération de méthane.

Des opérations pré-industrielles sont déjà en cours en Amérique du Nord et en Mer du Nord ce qui donne des indications sérieuses, en particulier sur les coûts : ils sont élevés et accroîtraient les coûts énergétiques et financiers d'un bon tiers. Chaque étape, captage, transport et stockage demande des investissements importants et consomme de l'énergie¹⁸. Tout porte donc à croire que les surcoûts engendrés par ces techniques ne seront acceptables que si le niveau de taxation du carbone émis est suffisamment élevé (de l'ordre de 40 € la tonne de CO₂). Les conséquences environnementales du captage-stockage et les difficultés sociétales (acceptation) qui lui seront associées sont par ailleurs encore incertaines.

¹⁷ Source DGEMP.

ANNEXES

Conclusion

Les possibilités techniques du concept captage-stockage sont réelles. Mais les coûts, les impacts environnementaux – encore mal connus –, les volumes de CO₂ à stocker¹⁹, et les difficultés sociétales prévisibles ne justifieront l'emploi de ces techniques que là où les solutions alternatives (énergies non fossiles, économies d'énergie...) seront inapplicables ou encore plus onéreuses. Il serait toutefois très important d'étudier la possibilité de capter et stocker le CO₂ émis par des installations existantes.

La France est bien placée pour faire progresser la recherche dans ce domaine. Elle est d'ailleurs partie prenante aux recherches entreprises dans les cadres européen et mondial (Carbon Sequestration Leadership Forum).

« Sauvons Le Climat » recommande :

De ne pas s'engager dans une production massive d'énergies carbonées sans avoir l'assurance que les technologies de captage sont (i) matures, (ii) déployables sur une grande échelle et (iii) acceptées par le public

Voir aussi sur www.sauvonsleclimat.org :

Documents :

Témoignage de signataire « Le Captage-stockage du CO₂ » par Elisabeth Huffer

Etude « Captage et stockage du gaz carbonique (CSC) du 4-5-2011 »

¹⁸ Le CO₂ évité sera souvent notablement inférieur au CO₂ stocké à cause du supplément de consommation d'énergie impliqué par le captage-stockage et la quasi impossibilité de capter le CO₂ émis lors du transport du combustible de son lieu de production à son lieu de consommation : au total, on ne devrait éviter au mieux qu'environ les 2/3 du CO₂ émis.

¹⁹ Ils se chiffrent en milliards de tonnes chaque année (par exemple en France, le retour au charbon avec capture du CO₂ en remplacement du nucléaire conduirait à stocker plus de 400 millions de tonnes de CO₂ par an pour ne pas accroître les rejets).

Annexe 6

Les énergies renouvelables électriques

6-1 : Les éoliennes : un rendement moyen faible et une dynamique de production difficile à gérer

La puissance installée des éoliennes françaises était de 6700 MW fin 2011 (soit 5,7% des 118 000 MW de puissance installée au total en France) et leur production de 12 TWh, soit 2,2 % de la production électrique française.

Fonctionnement de l'éolien

Les éoliennes donnent de l'énergie seulement quand il y a du vent : cette vérité de La Palice est insuffisante pour apprécier la réalité du fonctionnement de celles-ci. En effet la puissance d'une éolienne varie considérablement selon une fonction dans laquelle les vitesses du vent interviennent à la puissance 3. La puissance nominale P_n est atteinte pour des vitesses supérieures à 70 km/h. Elles ne produisent pas pour des vents inférieurs à 10 à 15 km/h et sont arrêtées au delà de 90 km/h.

Un parc d'éoliennes comme celui de la France, environ 4000 éoliennes à fin 2012 réparties sur trois zones de vent, devrait bénéficier d'un foisonnement : une zone climatique pouvant en compenser une autre. En fait ce foisonnement est limité, la production se révèle très aléatoire, et extrêmement variable (voir figure 1), à l'image des épisodes venteux globaux.

Mais la production et la consommation d'électricité doivent être identiques à 2% près, et cette intermittence éolienne va devenir de plus en plus difficile à gérer :

- La puissance moyenne annuelle délivrée par les éoliennes est de 23% de P_n , avec des extrêmes de 1% et 70% de P_n . Pour certains scénarios (P_n de 40 GW et plus), les variations seront très supérieures à celle de la consommation

quotidienne, ce qui imposera un cyclage contraignant de la puissance des autres moyens de production²⁰.

- Les situations anticycloniques avec grands froids ou canicules sont généralement peu ventées et l'éolien est alors très inefficace (voir Figure 1). Le mois de novembre 2010 en donne l'illustration: pendant 15 jours très froids, la puissance réelle a varié de 5 à 16% de P_n seulement. L'éolien ne peut donc être un moyen de production fiable ; le parc de production classique ne peut être réduit en proportion et est indispensable en secours.
- La même figure 1 montre qu'avec un temps doux et venteux, la puissance éolienne peut varier considérablement, ici 40% de la puissance nominale en 10 heures. Seules des turbines à gaz et l'hydraulique de barrage (voir annexe 4) permettent de compenser une si rapide variation de la vitesse du vent donc de la production d'énergie éolienne .
- Il est fréquemment affirmé que l'Europe pourrait bénéficier d'un foisonnement favorable Une étude de l'ensemble de l'ouest européen (7 pays de l'Espagne au Danemark), montre que la variabilité européenne est peu différente de celle de la France. Quelle que soit l'extension des réseaux réalisée pour soutenir les énergies intermittentes, le réseau européen se trouvera régulièrement en situation de surproduction ou de sous-production. Les puissances conventionnelles devront rester importantes.

Un développement de l'éolien marin améliorera de quelques % les performances globales du parc, mais ne pourra qu'amplifier la variabilité de la production.

²⁰ De manière globale le parc éolien français fonctionne à plus de 50% de sa puissance nominale quelques jours par an, à plus de 25% seulement environ un quart du temps et plus de un tiers du temps à moins de 10%.

ANNEXES

Si l'énergie éolienne semble en elle-même renouvelable, le recours aux centrales à gaz qu'elle imposera en fera une énergie partiellement carbonée, contribuant aussi au réchauffement climatique.

Economie de l'éolien

Energie mature, l'énergie éolienne reste coûteuse. Le coût d'investissement est de 1,5 M€/MW à terre et supérieur à 3 M€ en mer. Le prix d'achat de l'électricité produite est de 88 €/MWh en 2013 pour l'éolien terrestre et sera de près de 230 €/MWh pour l'éolien marin. Ils n'incluent ni les coûts des centrales à gaz de secours, ni ceux des extensions des réseaux haute et moyenne tension pour délivrer une production très dispersée. A titre de comparaison le coût moyen de production de l'électricité en France n'est que d'environ 50 €/MWh.

Eolien et activité économique en France

Les éoliennes déjà installées en France (7 100 MW en octobre 2021, soit environ 4 000 éoliennes et 11 milliards d'euros d'investissement), toutes terrestres, sont importées en quasi-totalité, seule une partie de leurs composants étant fabriquée en France. L'appel d'offre sur l'éolien marin (1930 MW et 340 éoliennes et 7 milliards d'investissements) impose un montage mécanique en France et il faudra donc s'assurer que l'essentiel des composants viendront de France.

« Sauvons Le Climat » propose

- Que soit établi le coût des sources intermittentes pour le système électrique, ce qui implique que l'on tienne compte de leurs externalités négatives.
- Que s'engage une réflexion sur la façon la plus efficace de finan-

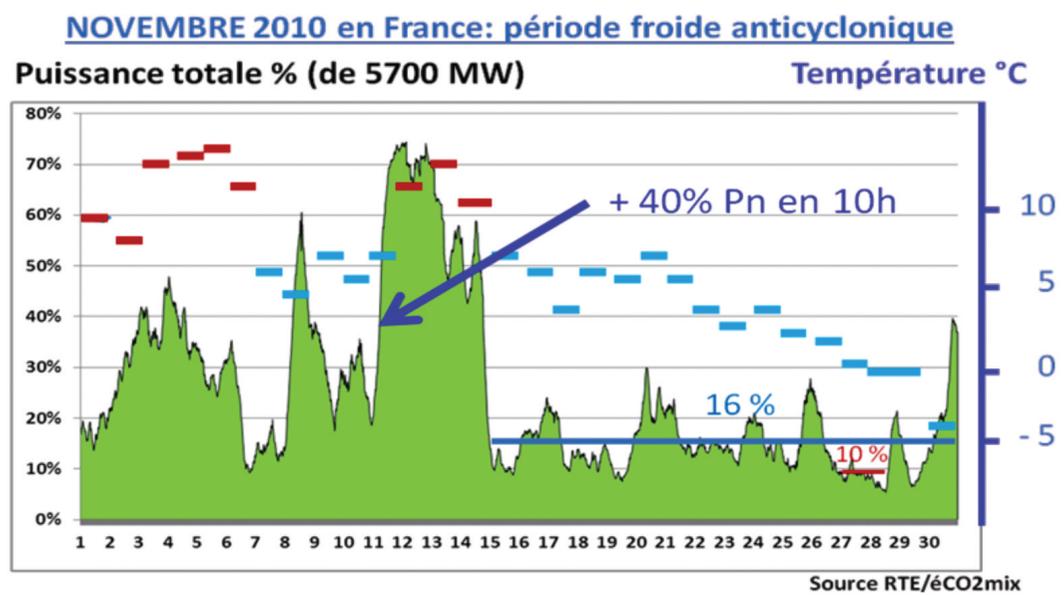


Figure 1 : L'évolution de la puissance éolienne par ¼ heure montre l'extrême variabilité de la production (même avec trois zones climatiques) et l'absence, lors d'un épisode de grand froid prolongé, d'une production adaptée (source RTE)

Le surcoût pour la nation en 2013 est porté par la CSPE (Contribution au Service Public de l'Electricité), soit 570 M€ selon la Commission de Régulation de l'Energie auquel il faut ajouter un reliquat non compensé des années antérieures de 2 milliards d'€ et une sous-estimation globale du surcoût de l'éolien qui pèse sous forme de dette (5 milliards d'€ au total de déficit cumulé en 2012 pour l'ensemble des postes de la CSPE).

cement de ces ENR. En effet, le prix de rachat garanti ne permet pas un contrôle efficace de l'effort national, largement subi par les familles par le biais de la CSPE, et seulement partiellement couvert (dette importante). Cet effort national doit rester acceptable, y compris celui du développement de l'éolien marin, très coûteux.

- Que soit clairement établi l'impact réel en terme de réduction des émissions de gaz à effet de serre de l'électricité

intermittente, dans le cadre du mix actuel, et que soient fixés des objectifs de réduction de ces émissions préférablement à des objectifs de développement de l'éolien.

Voir sur www.sauvonsleclimat.org

Etude « le scénario ADEME du 27-12-2012 »

Publication sélectionnée « Communication de la Cour des Comptes sur la CSPE du 19-12-2012 »

Conférence et cours « Présentation... 19-12-2012 »

Communiqué « Regard sur ... du 7-9-2012 »

Annexe 6.2

Le solaire photovoltaïque : une technique coûteuse et peu efficace en France²¹ (sauf bond technologique)

La puissance installée des installations solaires de production d'électricité françaises était de 2 920 MW fin 2011 (soit 2,4% de la puissance totale installée en France) et leur production de 2,3 TWh, soit 0,4% de la production française.

Fonctionnement du solaire électrogène

Le solaire photovoltaïque fait appel à une conversion directe lumière/électricité, et le solaire thermodynamique concentre la puissance lumineuse pour porter à haute température de la vapeur qui entraîne une turbine et un alternateur. Seul le solaire photovoltaïque est déployé industriellement en France (le cas du solaire thermodynamique est évoqué dans l'annexe suivante).

La production solaire est très variable, même si elle est plus prévisible que la production éolienne. Il y a environ un facteur 4 entre l'énergie maximale produite en été ou en hiver, et un nouveau facteur 4 selon une journée ensoleillée ou nuageuse, soit une amplitude totale d'environ 16.

Les panneaux reçoivent en France (figure 1) un flux solaire maximal d'environ 1000 Watts par m². Avec un rendement d'environ 15% et compte tenu des alternances jours/nuits, de la nébulosité et de la saison, la puissance continue équi-

valente d'un panneau photovoltaïque de bonne qualité en France sera donc comprise entre une trentaine de watts l'été et 8 watts l'hiver (pour un panneau dont la puissance affichée est de 150 watts « crête », c'est à dire au maximum d'ensoleillement).

Le NREL américain²² qui suit annuellement les performances des différentes techniques pour la production de masse de l'électricité constate un plafonnement des performances des panneaux solaires depuis dix ans, sans émergence de nouvelles techniques significativement plus compétitives²³.

Insertion de l'électricité solaire dans le mix électrique en France

- Le solaire produit plus le jour, lors des périodes de plus forte consommation. Cet avantage est particulièrement intéressant pour des pays chauds faisant appel à la climatisation.
- En observant production photovoltaïque et consommation, la production solaire est quasi absente en début de matinée, alors que le pays est déjà bien actif, et surtout lors de la pointe de consommation du soir. Elle ne peut

²¹ C'est uniquement le cas de la France métropolitaine qui est évoqué ici ; dans certains territoires français d'outre-mer, l'ensoleillement est plus favorable mais les coûts d'installation sont un peu plus élevés et la gestion de l'intermittence est beaucoup plus difficile du fait de la non interconnexion des réseaux locaux avec ceux des pays voisins. Dans les pays à fort ensoleillement et où la production classique d'électricité est fortement carbonée, le développement du photovoltaïque est une solution plus efficace et plus économique pour réduire les émissions de CO₂.

²² National Renewable Energy Laboratory

²³ Des cellules hautes performances « multijonctions », très coûteuses, peuvent atteindre un rendement supérieur à 25%. Elles conduisent à faire appel à des concentrateurs de lumière sur de petites cellules par lentilles de Fresnel. La compétitivité reste à démontrer

ANNEXES

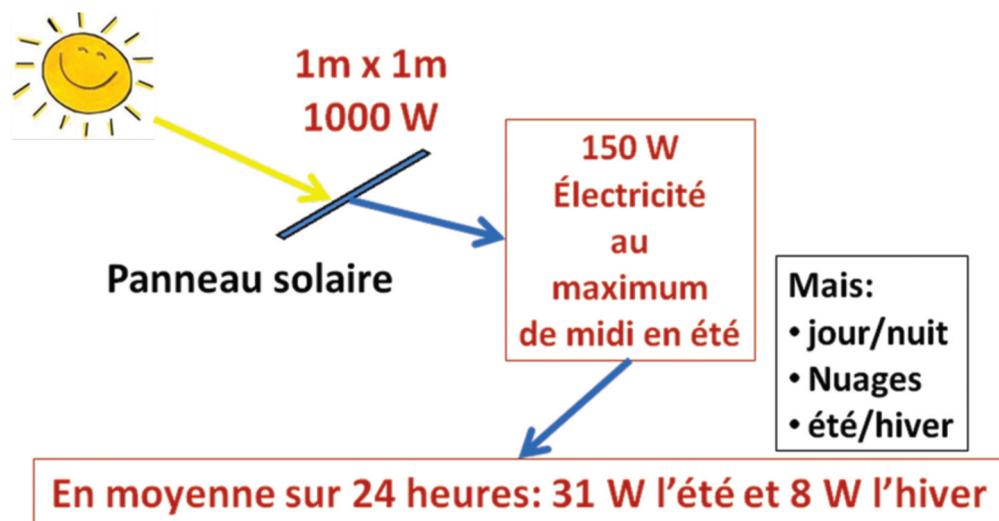


Figure 2 : Rendement moyen journalier d'un panneau solaire de 1 m² en France

donc être qu'une énergie d'appoint, sauf appel à un stockage massif d'électricité. Un secours important est nécessaire, en particulier en hiver.

- La dynamique d'évolution de la puissance est très forte. En effet elle passe de 0 à 100% de sa puissance en quelques heures et, en milieu de matinée, l'évolution de puissance peut être de 22% de la puissance maximale par heure. Pour une puissance parfois envisagée de 40 GW il faut donc prévoir de compenser une variation de 9 GW par heure, soit l'équivalent de 9 réacteurs nucléaires. Seuls l'hydraulique (mais avec une puissance limitée et déjà mobilisée pour les variations journalières et hebdomadaires) et les turbines à gaz (mais au prix d'une usure rapide du fait des très nombreux cycles thermiques) le permettent. Ce problème, très important, est accentué quand on mobilise simultanément les énergies éolienne et solaire
- Un foisonnement européen sera d'un intérêt limité car les panneaux solaires produiront dans le même espace de temps (décalage horaire de 2h seulement)

Si l'énergie solaire photovoltaïque semble en elle-même renouvelable, le recours aux centrales à gaz qu'elle imposera en fera une énergie partiellement carbonée, contribuant aussi au réchauffement climatique.

Economie du solaire photovoltaïque

Le coût des panneaux solaires, environ 1 €/Wcrête, ne représente plus qu'une part minoritaire du prix d'un panneau installé (20 à 30 %). L'investissement, très variable selon la taille de l'installation, serait compris entre 2,5 et 5 €/Wcrête. En raison du faible rendement moyen, le prix de rachat de l'électricité produite sur 20 ans est très élevé, compris entre 160 et 341 €/MWh fin 2012 (sauf grandes installations sur appel d'offre), soit de 3 à 6 fois plus élevé que le coût de production moyen de l'électricité en France. Ces prix n'intègrent ni le financement des centrales à gaz nécessaires pour compenser l'intermittence, ni les investissements que devra engager ERDF pour renforcer les réseaux en raison de la dispersion des sites de production (273000 installations en septembre 2012 !).

Le surcoût pour la nation, porté par la CSPE (Contribution au Service Public de l'Electricité), devrait être de 2100 millions € en 2013 selon la Commission de Régulation de l'Energie, auxquels s'ajoutent une part du reliquat non compensé des années antérieures (2 milliards €), et la sous-estimation globale du surcoût des énergies renouvelables qui pèse sous forme de dette (5 milliards au total de déficit cumulé en 2012 pour l'ensemble des postes de la CSPE).

De plus, il est difficile de comprendre pourquoi l'Etat favorise

les petites installations domestiques, avec un prix de rachat triple de celui des grosses installations, alors que le courant produit n'est pas autoconsommé, mais redistribué sur le réseau : il n'y a aucune justification économique, sociale ou éthique, le surcoût étant payé par les citoyens sans impact notable en France sur les rejets de gaz à effet de serre. Lorsque les puissances seront élevées les rejets augmenteront à nouveau en raison de l'appel au gaz en secours.

Photovoltaïque et activité économique en France

Les panneaux solaires sont massivement produits hors de France (au niveau mondial l'Extrême Orient a capté 75% du marché)

Voir sur www.sauvonsleclimat.org

Etude : « Les énergies renouvelables : quel potentiel d'ici 2025/2030 ? Le scénario ADEME est-il crédible? (12/02/2013) »

Publication sélectionnée « Communication de la Cour des Comptes sur la CSPE (19-12-2012) »

Conférences et cours « Présentation de la Contribution aux charges de Service Public de l'Electricité (19-12-2012) »

Communiqué « Regard sur la transition énergétique allemande : un double pari (7-09-2012) »

ANNEXES

Annexe 7

Les énergies renouvelables thermiques

Annexe 7.1

L'énergie solaire thermique

Que le soleil nous apporte de la chaleur ne fait aucun doute. Nous l'expérimentons en permanence, surtout en été ! Cette chaleur solaire, qui se déverse gratuitement, nous pouvons l'utiliser pour chauffer nos habitations, l'eau de nos douches et de nos bains, mais aussi pour transformer l'eau en vapeur et celle-ci, en entraînant une turbine, pourra produire de l'électricité.

Solaire thermique direct (chauffage et Eau Chaude Sanitaire ou « ECS »)

L'irradiation solaire qui arrive à proximité de la terre, hors atmosphère, a une puissance moyenne de l'ordre de 1360 W/m². Compte tenu des gaz présents dans l'atmosphère, celle qui arrive réellement sur terre est ramenée à environ 1000 W/m². Mais si l'on capte cette énergie sur une plaque fixe, du fait de l'inclinaison du soleil, allant jusqu'à sa disparition totale, le rendement de la puissance de captage passe, au cours des 24 heures de la journée, de 100 (au rendement près du capteur) à 0. Ainsi globalement avec un capteur fixe, ayant un bon rendement (puissance de captage de 70 %), nous aboutissons à une énergie produite qui se situe en moyenne entre 300 kWh/m² par an (Nord de la France) et 600 (Sud de la France), soit au m², environ 5 fois plus que le solaire photovoltaïque (qui délivre de l'énergie électrique et non thermique).

Le captage de l'énergie solaire sous forme thermique se fait dans un four qui s'apparente à un corps noir. Un corps noir absorbe toute l'énergie radiative qu'il reçoit, voit sa température s'élever, et à son tour transmet cette énergie à un fluide caloporteur (en général de l'eau), destiné au chauffage de l'habitat ou simplement à la seule eau chaude sanitaire (ECS).

Mais, quelle que soit la région, la chaleur emmagasinée sera 3-4 fois plus élevée l'été que l'hiver, en déphasage semes-

triel avec les besoins de chauffage. L'investissement chauffage solaire est sans utilité une grande partie de l'année, obligeant soit à masquer les capteurs, soit à décharger le trop plein de chaleur. L'apport relatif du chauffage solaire, que l'on appelle la couverture solaire, ne peut devenir significatif pour une même surface de capteurs que dans les régions aux climats cléments, à fort ensoleillement et pour des habitations à faible déperditions thermiques. En dépit de cette limitation, en supposant par exemple que 1,5 million de logements (5 % du parc) adoptent pour couvrir une partie de leurs besoins le chauffage solaire, celui-ci pourrait participer pour 1 Mtep au chauffage de l'habitat.

En revanche l'ECS est utile toute l'année (nous nous douchons autant, sinon plus, en été qu'en hiver) et le solaire peut répondre à l'essentiel des besoins annuels, entre 70 et 100 % selon les régions. Étendu pour un coût raisonnable à toutes les régions, y compris celles du Nord moins ensoleillées, le chauffage solaire pourrait couvrir 3 Mtep des besoins d'ECS.

Au total le solaire direct pourrait apporter 4 Mtep (46 TWh) en énergie finale, soit 2.5 % de nos besoins totaux.

Solaire thermodynamique pour production d'électricité

Les techniques de solaire thermodynamique, dites aussi à concentration, offrent une alternative aux panneaux photovoltaïques pour produire de l'électricité. Le principe est simple : on chauffe un fluide thermique (par exemple dans un four thermique direct, comme ci-dessus), mais à haute température. Pour obtenir ces hautes températures, le rayonnement solaire est concentré à l'aide de miroirs paraboliques ou cylindriques ou plans orientables, selon l'expression : « multiplier le nombre de soleils ». Le liquide chauffé sert par exemple à produire de la vapeur (directement ou via un

fluide intermédiaire) qui elle-même alimente un groupe turbo-alternateur. Des accumulateurs de chaleur permettent, la nuit, de maintenir une certaine production. Il s'agit d'une production d'électricité solaire faisable avec les technologies existantes, qui peut suppléer l'intermittence (nuages, nuit) par du stockage de chaleur. Pour des raisons financières, on limite le stockage de chaleur à quelques heures le soir. La surface mobilisée par kWh produit est en théorie environ deux fois plus faible qu'avec des panneaux photovoltaïques mais, du fait de la concentration, le solaire thermodynamique est plus sensible à la nébulosité, donc non applicable dans toutes les régions. Le thermodynamique ne s'applique qu'à des régions sèches, semi-désertiques et a en conséquence peu d'avenir en France métropolitaine, hormis quelques sites de haute montagne dans le Sud et en Corse. Ce solaire reste cher (~200-270 €/MWh) et le stockage de chaleur ne diminue guère son

prix, en dépit de la valorisation lors des pointes. Il est peu probable qu'il puisse encore bénéficier d'effets d'échelle, car de grandes installations sont déjà en service dans le monde, en particulier en Espagne. Il est clairement adapté aux vastes zones désertiques avec des prix du foncier négligeables, mais il faut disposer d'eau pour le refroidissement ou investir dans d'immenses radiateurs pour refroidir à l'air.

Conclusion

« **Sauvons le Climat** » considère que le chauffage solaire thermique (notamment pour l'eau chaude sanitaire) mériterait des aides et subventions renforcées, comparées à celles pratiquées pour les installations photovoltaïques individuelles; un rééquilibrage serait opportun. Quant au solaire thermodynamique, il n'est pas vraiment adapté au climat de la France continentale.

Annexe 7.2

La biomasse-énergie, source de chaleur

La biomasse est la matière organique produite par les végétaux utilisant l'énergie lumineuse du soleil pour fabriquer leurs molécules par le processus de photosynthèse. Le stockage d'énergie par les plantes est d'environ 1 à 5 tep/ha/an. Les trois formes de biomasse (produits de la forêt, produits de l'agriculture, déchets organiques) répondent à des besoins variés des humains : nourriture, énergie, matériaux et produits chimiques. La production de biomasse étant limitée par la surface des sols, il y a concurrence entre de nombreux usages légitimes.

Énergie renouvelable liée au flux de lumière solaire, la biomasse-énergie est stockée sur un temps de l'ordre de l'année pour les plantes, parfois plusieurs siècles pour le bois. En régime stationnaire, son bilan intrinsèque de CO₂ est nul : son usage émet une quantité de CO₂ égale à celle qui a été captée dans l'atmosphère pour sa formation par photosynthèse. Le bilan effectif fait toutefois apparaître des émissions de GES²⁴ (CO₂, CH₄, N₂O) dues aux procédés agricoles et industriels nécessaires à sa production. Par ailleurs, si le bilan CO₂

théorique est nul pour des cultures en assolement répétitif, de fortes émissions de CO₂ ont lieu lors de la mise en culture de prairies ou de forêts, par oxydation de la matière organique stockée dans le sol et dans la végétation. Inversement, une culture continue sur un même sol (prairies permanentes, accroissement d'une forêt) entraîne un stockage progressif de quantités importantes de carbone, sous forme aérienne et souterraine, typiquement 100 tCO₂/ha.

La biomasse-énergie sera moins efficacement utilisée pour produire l'électricité que pour produire la chaleur directe et les carburants (annexes 7-2 et 8).

Par combustion directe, la biomasse, bois-énergie et déchets, fournit de la chaleur, en moyenne 0,43 tep/t de matière sèche. Cette combustion a souvent un faible rendement et elle peut être la source de sérieuses pollutions atmosphériques. Ces défauts sont réduits par séchage du bois et par utilisation de poêles et chaudières performants, dont le rendement thermique va jusqu'à 80%. La quasi sup-

²⁴ Gaz à Effet de Serre

ANNEXES

pression de toute pollution suppose un contrôle strict des températures de combustion vers 850°C, ainsi que le traitement des rejets. Cela n'est possible que pour les grosses installations avec réseau de chaleur.

Produits de la forêt et besoins de chaleur

Le bois-énergie peut répondre aux besoins de chaleur industrielle et de chauffage domestique, tertiaire ou agricole (environ 10Mtep en 2011). Les maisons individuelles constituent un cas favorable pour le chauffage au bois, en association possible avec d'autres modes de chauffage. Pour des usages continus on choisit des chaudières alimentées automatiquement en plaquettes ou en granulés. Le bois énergie est d'un prix intéressant. TTC et transport compris, son pouvoir calorifique est en moyenne de 20 €/MWh pour les plaquettes forestières des grosses chaufferies, et de 27 à 55 €/MWh pour les particuliers.

Les 16,5 Mha de la forêt française ont une production biologique d'environ 135 Mt, soit 2,3 tep/ha/an. Elle est utilisée ainsi : 19 Mt de bois d'œuvre (10 Mt après ouvrage, et 9 Mt de déchets utilisés pour des agglomérés ou pour l'énergie sous forme de pellets ou de granulés) ; 11 Mt de bois d'industrie ; 24 Mt, soit 7,0 Mtep, de bois-énergie (bûches), dont 6 Mtep en autoconsommation ; 21 Mt de rémanents restant en forêt après l'abattage ; 60 Mt non valorisées (forêts sous-exploitées ou difficilement accessibles, forêts d'agrément). En fin de vie, la récupération des bois de construction, palettes et meubles constitue une ressource importante, 6 Mt actuellement. Une bonne part de ces bois sont « souillés », et ne sont valorisables que par incinération dans des usines spécialement équipées. Plus généralement, les produits de la forêt peuvent avoir une double vie. Un premier usage, qui conserve les biomolécules, dans la construction, l'ameublement, les papiers et cartons, la chimie, etc. et ensuite une valorisation énergétique par combustion, avec dégradation moléculaire et production de CO₂.

Le bois est appelé à jouer un rôle croissant dans le bâtiment, comme bois de construction, comme isolant thermique, etc. C'est autant de carbone stocké durablement. La chimie fera aussi de plus en plus appel au bois, avec les bioproduits et la « chimie verte » produisant des monomères à partir de lignine et de celluloses.

La filière bois française est lourdement déficitaire, du fait de l'inadaptation de la forêt aux besoins du pays. Ainsi notre

industrie de la scierie est très faible, par manque de parcelles susceptibles d'une exploitation rentable. Il y a en France 9 Mha de taillis peu productifs qui pourraient évoluer vers de la forêt de gros bois, ou être cultivés en taillis à courte rotation de saule ou de peuplier, susceptibles d'une forte production de 10 tonnes de matière sèche par hectare et par an.

Déchets organiques et besoins de chaleur

En matière d'énergie, les déchets peuvent être classés en deux catégories : les déchets humides, qui peuvent donner du biogaz par méthanisation (voir annexe 9) ; et les déchets secs, ménagers, industriels et agricoles, qui donnent lieu à incinération avec cogénération de chaleur et d'électricité. Il faut que la chaleur soit bien valorisée, par réseau de chaleur pour le chauffage urbain, et le plus possible pour répondre à des besoins industriels permanents. La production actuelle est de 1,5 Mtep/an et pourrait augmenter à 5 Mtep/an.

Conclusion

Comme l'Europe vise 20% d'énergie renouvelable dans son mix énergétique (voir Annexe 14), « Sauvons le Climat » considère que la France pourrait, en utilisant de façon plus efficace et dynamique les ressources en biomasse que recèle son territoire, répondre facilement à la contrainte qui en découle pour elle (23%).

Nul doute qu'en favorisant cette filière, elle lutterait plus efficacement contre l'effet de serre qu'en injectant les milliards prévus pour le programme éolien (voir Annexe 6-1) ou le programme solaire photovoltaïque (voir annexe 6-2), tout en contribuant au développement de secteurs économiques en mesure de créer de très nombreux emplois non délocalisables.

Voir sur www.sauvonsleclimat.org

Documents

Etude « Le bois, énergie renouvelable, du 4-12-2006 » (pas de nom)

Etude « Les énergies renouvelables : un tour d'horizon, du 1-3-2005 » (pas de nom)

Ouvrage à consulter « La biomasse-énergie en perspective » aux Editions Quae, 2013

Annexe 8

La biomasse, source de carburants

Les transports dépendent à 95% du pétrole pour leur énergie. Ils constituent le problème le plus difficile pour la transition énergétique. Un élément de solution, c'est de remplacer les carburants pétroliers par des carburants issus de la biomasse, les biocarburants. La biomasse peut aussi servir à produire des biogaz à usages multiples.

Les biocarburants de première génération

Les biocarburants actuels sont l'éthanol, en remplacement de l'essence et, dérivé d'huiles, le biodiesel remplaçant le gazole. Ils sont obtenus à partir de produits agricoles à vocation traditionnellement alimentaire : en France, le blé, la betterave à sucre, le maïs, le colza et le tournesol. La canne à sucre et le palmier à huile sont utilisés dans les pays chauds, le maïs et le soja en Amérique.

Les biocarburants sont déjà incorporés dans les carburants achetés à la pompe. De nombreux pays ont fixé des quotas minimums d'incorporation. En France, il est de 7% en énergie (incorporation actuelle de 2,8 Mtep), avec un objectif de 10% avant 2020. Les milieux agricoles y trouvent un débouché rentable pour leurs productions, mais cette filière bénéficie de subventions de la part de l'Etat et surtout des consommateurs.

En principe, les biocarburants répondent à l'objectif de réduire les émissions de GES par rapport aux carburants pétroliers. Leur bilan positif à cet égard est fortement réduit à cause des engrais azotés employés pour la culture et de l'énergie requise pour tous les procédés, qui provient souvent de combustibles fossiles. Quand un biocarburant ou sa matière première est importé, cela induit souvent le défrichement de sols occupés par des forêts ou des prairies, source de fortes émissions de CO₂. Cet effet, appelé changement d'affectation des sols (CAS), peut ruiner complètement l'intérêt du biocarburant en matière de GES. C'est le cas pour le biodiesel puisque, pour répondre au quota de 7%, un tiers de l'huile est importé.

L'apport énergétique net de nos biocarburants est inférieur à 1 tep/ha/an (1,7 pour la betterave). A 1 tep/ha/an, l'utilisation de toutes nos terres labourables (17 Mha) ne procurerait chaque année que 17 Mtep d'énergie nette, alors que la consommation des transports routiers est 42 Mtep.

Les biocarburants de deuxième génération

Une seconde génération vise à utiliser toute la matière organique des plantes, y compris la lignocellulose qui en constitue la majeure partie (ce qui n'est pas le cas de la 1^{ère} génération). Elle pourrait provenir de cultures dédiées à forte productivité (10-15 t de matière sèche par hectare et par an) : des herbes pérennes comme le miscanthus, des cultures annuelles comme le sorgho, ou du bois de taillis à courte rotation, ainsi que les rémanents d'exploitation du bois.

Deux filières industrielles sont à l'essai :

- La **filière liquide** produit de l'éthanol après hydrolyse de la lignocellulose. Elle est semblable à la filière actuelle de production de bioéthanol, mais avec plusieurs obstacles techniques : difficulté d'hydrolyser la lignocellulose, mauvaise adaptation des levures à la fermentation des dérivés des hémicelluloses, mauvais usage de la lignine. Il est envisagé d'intégrer les usines à des complexes de bioraffinage.
- La **voie thermo-chimique** vise à produire notamment du gazole. On part d'une biomasse sèche, qui est d'abord gazéifiée avec formation de syngaz, mélange de CO et H₂, à la base d'une synthèse d'hydrocarbure par la méthode de Fischer-Tropsch, déjà utilisée pour produire du carburant liquide à partir de charbon. Une difficulté provient de la nécessité de purifier les gaz produits par la biomasse. Il est aussi nécessaire, pour des raisons économiques, de disposer de très grosses usines traitant de l'ordre de 400 kt de bois par an, ce qui pose des problèmes de disponibilité de bois.

ANNEXES

Sur la base d'une ressource de 12 t de matière sèche (soit 5,2 tep) par hectare et par an, on pourrait obtenir, en énergie finale de carburant, de l'ordre de 2 tep/ha/an par voie thermo-chimique (rendement de 38%) et de 1,4 tep/ha/an par voie liquide (rendement de 27%). Avec la voie thermo-chimique, la production de carburant peut être augmentée, jusqu'à triplée, par apport de chaleur, d'électricité ou d'hydrogène exogènes. Il serait alors possible de produire de grandes quantités de biocarburant à condition de disposer d'une capacité suffisante de production d'électricité non carbonée.

Les carburants gazeux : le biométhane

Le gaz naturel (méthane) peut être remplacé pour tous ses usages, y compris pour la propulsion des véhicules, par du biométhane obtenu à partir de biomasse, selon deux procédés.

La méthanisation est une fermentation anaérobie de biomasse, déchets humides ou plantes herbacées. On obtient un biogaz constitué de 55% de méthane, ainsi que de gaz variés, dont 30% de CO₂, de la vapeur d'eau, de l'azote et des polluants divers, comme H₂S, l'ammoniac, etc. Sa teneur en méthane en fait un bon combustible, mais il doit être purifié pour la plupart des applications. Le biogaz renferme entre 50 et 70% de l'énergie de la biomasse de départ.

La méthanisation est une bonne façon de tirer parti des déchets organiques humides, avec un potentiel d'environ 3 Mtep/an. Il est aussi possible de cultiver des végétaux pour approvisionner des méthaniseurs, en complément de déchets animaux. En Allemagne, 600 kha de maïs fourrager sont cultivés à cette fin. Ces productions sont fortement subventionnées.

D'autres espèces sont possibles, comme la luzerne ou la fétuque. Leur rendement optimum serait d'environ 12 t de matière sèche par hectare et par an, soit 5,2 tep/ha/an. Si le rendement énergétique de production de biogaz est de 58%, on obtiendrait ainsi 3,0 tep/ha/an de combustible, soit une production nette de 1,8 tep/ha/an. On voit donc ici une filière qui pourrait concurrencer les biocarburants liquides ou, par réinjection dans le réseau de gaz naturel, limiter les besoins de ce dernier. Son bilan environnemental reste à faire, en tenant compte des CAS. Le biogaz est surtout utilisé

pour la cogénération : est-ce son meilleur usage que d'en faire de l'électricité ?

La méthanation permet d'obtenir du biométhane à partir de bois, à partir de syngaz obtenu par voie thermo-chimique. Cette voie prometteuse est l'objet d'études en démonstrateurs (projet Gaya) laissant espérer une production nette de 2,2 tep/ha/an, sous réserve de confirmation par Analyse de Cycle de Vie que le bilan environnemental est positif.

Une troisième génération de biocarburants, basée sur des cultures de microalgues, est l'objet d'études qui doivent encore beaucoup progresser avant que l'on ne connaisse leur potentiel.

Conclusion

« Sauvons le Climat » considère que le soutien aux biocarburants de première génération doit maintenant être stoppé et reporté vers la recherche et l'expérimentation de la deuxième génération de biocarburants

Annexe 9

Fort potentiel de réduction des émissions de CO₂ dans le résidentiel en France

Annexe 9.1

Soutenir l'efficacité carbone plutôt que l'efficacité énergétique

Les 31 millions de logements consomment environ 30% de l'énergie finale utilisée en France (dont près de 90% - soit plus du quart de l'énergie finale - pour le chauffage, l'eau chaude sanitaire et la cuisson résidentiels) et émettent plus de 20% du CO₂ de notre pays soit plus de 60Mt CO₂/an.

Dans ce domaine plus qu'en aucun autre, il faut se garder, contrairement à ce que certains tendent à faire, de confondre objectifs et moyens. Confondre diminution des consommations énergétiques et réduction des rejets de gaz à effet de serre peut conduire à des aberrations économiques et environnementales.

Pour qui se préoccupe vraiment de réduire le CO₂ il y a mille façons de faire. S'impose une approche systémique qui ne doit pas se limiter aux économies d'énergie et à l'utilisation d'énergies renouvelables. Les pompes à chaleur, par exemple, peuvent jouer un rôle important pour réduire les émissions, pour autant que le mode de chauffage à remplacer soit au fioul ou au gaz et que l'électricité utilisée soit produite sans rejets importants de CO₂.

Les solutions présentant le meilleur rapport bénéfice/coût dépendent du climat, des conditions locales, de la façon dont l'électricité est produite, fort différents d'un pays à l'autre de l'Union européenne et, pour ce qui est des bâtiments existants, de leurs caractéristiques physiques et de leur mode de chauffage actuel.

En bonne logique économique, si les économies de chauffage étaient assez importantes pour rembourser l'investissement qu'elles exigent, il serait inutile de les rendre obligatoires et de prévoir des aides financières publiques par milliards d'euros. Il suffirait, théoriquement, de proposer aux plus démunis des facilités d'emprunt et d'encourager les propriétaires, par des mesures fiscales ad hoc, à réaliser les travaux nécessaires.

Il n'en reste pas moins que :

- le consommateur n'agit pas toujours de manière rationnelle ou se trouve confronté à des obstacles pratiques dissuasifs
- des décisions judicieuses dans une perspective à long terme ne sont pas aujourd'hui rentables du point de vue des propriétaires ou des occupants des bâtiments
- il sera nécessaire, par solidarité, de verser aux ménages à faibles revenus une « dotation » qui devrait être essentiellement une aide à l'économie et à la conversion vers des énergies non fossiles.

L'argent public et l'appui de réglementations sont donc nécessaires. Pour ne pas gaspiller cet argent en saupoudrages inefficaces **« Sauvons Le Climat » propose les mesures sélectives suivantes :**

- Réservation des aides financières publiques aux investissements susceptibles de diminuer les rejets de gaz à effet

ANNEXES

de serre (ils ne sont pas nécessairement ceux qui provoquent des économies d'énergie) et qui entraînent un « coût à la tonne de carbone évité » inférieur à certains plafonds²⁵. Ces aides financières pourraient porter sur les travaux d'isolation, sur l'installation de chaudières à biomasse, ou de chauffages solaires, de pompes à chaleur, de géothermie, d'hybridation (Annexe 9-2), etc. ... Ces aides, pour susciter un investissement utile et, tout à la fois, éviter les effets d'aubaine, devraient être fonction du prix à la consommation finale du fioul ou du gaz. Comme il est impossible de prévoir l'évolution du prix mondial du pétrole ou du gaz, ces aides à l'investissement pourraient prendre la forme de prêts dont les annuités de remboursement seraient calculées chaque année en fonction de la valeur de l'énergie économisée grâce à cet investissement.

- Interdiction, dans les logements et immeubles de bureaux neufs ou dans le cadre de rénovations lourdes, d'installer des chaudières à fioul ou à gaz. Ceci impose de revoir la logique même de la réglementation actuelle pour le neuf (la RT 2012) qui n'est basée que sur la limite de consommation d'énergie primaire et n'intègre pas, comme le demandaient certains parlementaires, une limite en émission de CO₂.
- Maintien d'un tarif régulé de l'électricité et, pour les foyers aux revenus modestes, abattement de « solidarité » qui pourrait avantageusement être financé par un réaménagement de la CSPE (Annexe 6).
- Réalisation, par une agence indépendante ou par la Cour des Comptes, d'une évaluation régulière de l'efficacité, en terme de réduction des émissions de CO₂, des aides de l'Etat.

Voir sur www.sauvonsleclimat.org :

Communiqués :

- « La RT 2012 à l'épreuve du climat » (18-10-2012)
- « La tarification progressive de l'énergie », communiqué du 25-9-2012
- « Commentaire sur la RT2012 et la norme BBC » du 10-11-2010
- « L'offensive contre le chauffage électrique » du 19-02-2008
- Etude « Réchauffement climatique : ne pas se tromper de méthode » du 07-11-2007

Documents :

- Etude « L'offensive contre le chauffage électrique » du 14-2-2008
- Etude « Contenu en CO₂ du chauffage électrique » du 14.02.2008

²⁵ C'est-à-dire les investissements qui seraient intéressants dans l'hypothèse où le prix payé pour l'énergie serait inférieur à un certain plafond, qui ne dépend pas du prix mondial du pétrole ou du gaz –cf. annexe 1.2

Annexe 9.2

Chauffage central résidentiel : vers un chauffage hybride

Cette annexe est un complément à l'annexe 9-1. Elle présente une idée originale susceptible de réduire facilement et à un coût modeste les émissions de CO₂

Pour le chauffage²⁶, les consommations d'énergie génératrices de CO₂ proviennent du fioul (13 Mtep/an) et du gaz (17 Mtep/an). L'émission totale de CO₂ correspondante est voisine de 100 Millions de tonnes/an ce qui est de l'ordre du quart des émissions françaises de CO₂²⁷.

La France produisant une électricité de base sans carbone (nucléaire et hydraulique), l'idée est de la substituer, hors heures de pointe, au fioul et au gaz pour le chauffage.

Techniquement, la proposition consiste à adjoindre dans le circuit d'eau des systèmes de chauffage central une résistance électrique (comme on chauffe l'eau d'un chauffe-eau électrique), le fioul ou le gaz restant utilisés aux heures de pointe.

Ce dispositif – qui demande un investissement modeste – pourrait être exploité de façon individuelle (maison) ou collective (immeubles) dès lors que le prix d'achat de l'électricité devient favorable. À un système classique de tarif heures creuses / heures pleines (par exemple tarif tempo EDF), pourrait être adjoint un dispositif de télécommande du brûleur et de la résistance électrique par le fournisseur d'électricité en utilisant les lignes téléphoniques ou Internet²⁸.

Les puissances électriques « effaçables » pourraient se chiffrer en dizaines de GW, ce qui permettrait de répondre aux besoins d'effacement de la pointe de consommation sans recourir à une production d'électricité à partir d'énergie fossile.

L'ampleur de la substitution d'électricité au fioul et au gaz dépendra bien sûr largement des prix heures creuses / heures de pointe que le fournisseur d'électricité proposera à ceux de ses clients qui accepteront le principe d'un tel dispositif.

Conclusion

La mise en œuvre d'un système de chauffage hybride peut être vue comme une formule économique de transition vers un chauffage plus largement électrique, ce qui est un plus environnemental pour des pays ou régions qui, comme la France, produisent leur électricité avec fort peu de rejets de CO₂.

Références

« Trop de pétrole ! - Energie fossile et réchauffement climatique » - Henri Prévot (Le Seuil 2007) et « Moins de CO₂ pour pas trop cher » (L'Harmattan, 2013) du même auteur

²⁶ Résidentiel et tertiaire.

²⁷ Source DGEMP.

²⁸ Un tel système est utilisé par le fournisseur d'électricité Florida Power and Light company : www.fpl.com

ANNEXES

Annexe 9.3

Respectons la loi en chauffant moins

Dans la décennie 70, à l'occasion des deux crises pétrolières le gouvernement français ordonna, pour des raisons purement économiques, que la température des logements fût limitée, en période de chauffe, à 19°C. Cette règle, dont le respect n'était pourtant pas chose facile, fut néanmoins largement suivie grâce, entre autres, à une communication institutionnelle efficace. L'économie enregistrée fut de l'ordre de 8%.

Il est bien connu que 1°C de moins engendre une économie de combustible de 7% : autant d'économie de CO₂ que d'€ si le combustible est carboné (fioul, gaz ou charbon).

Pour des raisons de réduction des émissions de gaz à effet de serre en vue de la protection du climat, qui n'étaient pas à l'ordre du jour en 1973, « Sauvons Le Climat » recommande que la règle de 1973, tombée en désuétude mais non officiellement abrogée, soit réactivée, tout au moins pour les logements chauffés avec des énergies fossiles carbonées (pétrole, gaz naturel et charbon)²⁹.

Une révision des habitudes vestimentaires à l'intérieur des locaux ne serait pas inutile...

²⁹ Partie Réglementaire - Décrets en Conseil d'Etat) - Article R131-20, (Décret n° 79-907 du 22 octobre 1979 art. 1 Journal Officiel du 23 octobre 1979), (Décret n° 2000-613 du 3 juillet 2000 art. 5 Journal Officiel du 5 juillet 2000)

Annexe 10

Les transports, un enjeu important pour la transition énergétique

Une situation non durable : quelques chiffres annuels (données 2011)

Les transports de personnes et de marchandises sont essentiels à la vie économique et sociale. A l'échelle mondiale, ils croissent à vive allure, et ils reposent essentiellement sur le pétrole. En France métropolitaine, les transports, c'est 60% de notre consommation de pétrole. Ils consomment une énergie finale de 50 Mtep, dont 46,5 Mtep de pétrole raffiné (essence, gazole, kérosène, fioul lourd), 2,4 Mtep de biocarburants et 1,0 Mtep d'électricité. En comptant la quote-part de la consommation du raffinage et un rendement de 50% pour les biocarburants, cela représente 154 Mt de CO₂, soit 29,5% de nos émissions de GES hors UTCF³⁰. Il faudrait y ajouter une part considérable d'émissions « grises » pour la construction des véhicules et des infrastructures. Pour les émissions de GES, la part des modes est la suivante : route (93,9%), avion (4,0%), voie d'eau (1,7%), fer (0,4%), hors transports internationaux. En termes de marchandises transportées, en tonnes x km, la route (84,6%) domine largement la voie ferrée (8,3%, en chute). Au niveau international, il faut noter un fort développement des transports aériens, fort émetteurs de GES.

Beaucoup de pétrole, beaucoup d'émissions de GES, la situation n'est pas durable.

Comment s'en sortir ?

Un examen réaliste nous montre qu'il n'y a pas de solution unique et simple à moyen terme, pas de carburant miracle pour remplacer le pétrole, pas de possibilité de faire diminuer fortement nos besoins. Mais plutôt une palette de solutions complémentaires où l'électricité doit tenir une plus grande place car elle offre déjà de belles perspectives avec des technologies existantes (voir annexe 11). Et en premier lieu, il faudrait que chaque mode de déplacement paye son coût réel, incluant les externalités, GES et autres. La Taxe Carbone et l'écotaxe sur les poids lourds sont des priorités. Il faut aussi

supprimer la détaxe dont bénéficient le gazole et le kérosène, et réexaminer toutes les niches fiscales qui poussent à la consommation. Faire payer le coût des infrastructures, de leur entretien, de l'espace consommé (voir le cas de la voiture en ville), des accidents, des nuisances pour la santé.

Conclusion

« Sauvons le Climat » propose :

- une révision de la fiscalité des transports afin de la rendre plus écologique, à pression globale constante.
- d'encourager le développement des transports publics et du fret ferroviaire dès lors que les investissements à réaliser par tonne de carbone évitée (tous frais confondus) par km.voyageur ou tonne.km se justifient face à d'autres opportunités d'investissements publics permettant de réduire les émissions de CO₂
- que soit mise en œuvre une politique d'aménagement urbain ou du territoire qui incitera à une meilleure localisation des activités et des logements, à la densification urbaine, ainsi qu'à l'arrêt du mitage du territoire.

Références

CGDD/Repères (Chiffres clés de l'énergie, Chiffres clés du climat, Chiffres clés du transport)

Voir sur www.sauvonsleclimat.org

Publication sélectionnée « Quel coût pour les voitures propres ? » du 1er août 2012

³⁰ UTCF : Utilisation des Terres, leur Changement et la Forêt

ANNEXES

Annexe 11

Dans les transports terrestres, donner la priorité aux solutions électriques

L'ensemble des transports routiers consomment 37,6 millions de Tep par an dont 28,9 millions par an pour les utilitaires légers et les voitures particulières. Ils génèrent une dépense annuelle d'importation de carburant pour la nation de plus de 17 milliards d'€ et une émission annuelle de CO₂ de près de 120 Mt sur les 370 d'émissions totales de la France.

Les alternatives (non exclusives) envisageables pour diminuer ces consommations sont les suivantes, elles sont classées par SLC en ordre de potentiel d'économie décroissant :

- 1- les véhicules électriques alimentés par batterie et les véhicules hybrides rechargeables
- 2- le développement du réseau ferré électrifié
- 3- électrification partielle d'autoroutes existantes
- 4- les véhicules à moteur thermique ou hybrides rechargeables alimentés en biocarburants
- 5- les véhicules avec pile à combustible hydrogène

Les véhicules électriques sur batteries (VE) et hybrides rechargeables (VHR)

En France, près de 31 millions de voitures (VP, inclus utilitaires) sont en circulation. Chacune fait autour de 13000 km par an et consomme 7.3l/100km, chaque voiture engloutit autour de 1000 litres d'essence par an. Cela représente 60 % de la consommation de carburant des transports terrestres. Le remplacement au moins partiel des carburants fossiles par l'électrification de ces véhicules est une des deux contributions majeures (avec le chauffage voir annexe 9) que l'électricité peut apporter à la diminution des émissions de CO₂ de notre pays, dans la mesure où l'électricité est déjà fortement décarbonée. Cela soulagerait en outre le déficit catastrophique de notre balance commerciale (près de 13 milliards d'€ d'importation pour cette seule catégorie de véhicules).

Le développement de la voiture électrique (VE) est rendu rentable par l'augmentation du prix de l'essence (autour de 1.5€/l en moyenne dans l'Europe) et possible par le développement des batteries au lithium. Celles-ci, pour un poids de 200kg, un prix autour de 6000€ et une énergie stockée de 20kWh, permettent aujourd'hui une autonomie de 150km. Compte tenu des pertes, il faut produire dans les centrales électriques 20kWh pour pouvoir parcourir 100km, pour 15kWh stockés dans les batteries, payés autour de 2€. Couvrir alors les 400 milliards de kilomètres annuels des VP nécessite de produire 80TWh d'électricité, soit 15 % de la production actuelle. Le remplacement du parc automobile se fait au rythme de 2 millions de VP par an, et l'installation d'un parc électrique et hybride peut prendre plus de 30 ans. Cela implique une augmentation de la consommation d'électricité de 0.5 % par an, essentiellement en heures creuses, augmentation bien plus faible que les taux des décennies précédentes (+35% sur 20 ans).

Comme l'autonomie des VE est limitée, et qu'un réseau de recharge rapide mettra du temps à se développer, les projets actuels de VE visent d'abord les petits déplacements : 90 % des déplacements ont moins de 150km, et beaucoup de petits véhicules familiaux ne font jamais de grand trajet. Il n'y a aucune raison technique que le prix de ce véhicule soit plus élevé que le modèle thermique, le supplément de coût dû à la batterie (autour de 6000€) sera compensé par l'économie représentée par la différence entre le prix de l'essence (10-15€/100km) et celui de l'électricité (2€/100km) en moins de 100 000 km. Pour les VP qui sont amenés à faire de plus longs trajets, la solution de l'hybride rechargeable permet une économie considérable de carburant. On estime que moins de 10 % des trajets quotidiens sont supérieurs à 100km, ce qui réduit considérablement la consommation en essence des véhicules hybrides.

Il est difficile de prévoir les progrès futurs et les modes d'utilisation de l'électricité qui se développeront dans ce domaine des transports. Les constructeurs en France n'ont que récemment développé des modèles de VE et de véhicules hybrides (pour l'instant non rechargeables), qui sont en tout début de commercialisation. En outre, l'initiative en matière de véhicules hybrides est surtout venue d'Asie. Il nous semble que notre pays devrait mieux prendre avantage de son électricité peu chère, décarbonée et ne nécessitant que peu d'importations (l'uranium n'intervient que de manière marginale dans le prix de l'électricité) pour faire un effort important dans ce domaine. En particulier, un effort important, et même vital pour l'avenir industriel est nécessaire dans le domaine de la recherche et de la mise en place d'un appareil de production de batteries.

En outre, des initiatives sont à prendre dans plusieurs domaines :

- pour développer en plus grande série des petits véhicules urbains (mini-voitures et scooters en location, petits utilitaires de livraison,...) qui vont tendre à diminuer la pollution atmosphérique dans ces zones ;
- pour faciliter l'échange standard rapide de batteries pré-chargées ou la diffusion de batteries supplémentaires en remorque ou de générateurs de recharge en remorque, autant de solutions pour pallier l'autonomie limitée des VE les quelques fois par an où un tel dispositif peut se révéler utile;
- pour créer une organisation de transport à longue distance de groupes de voitures électriques par camion spécialisé (on en voit souvent sur les autoroutes) ou par train.

Le développement des réseaux ferrés électrifiés

Le réseau actuel est très largement électrifié, mais sur les trajets importants ses capacités sont saturées.

Pour le transport intérieur des voyageurs, il joue un rôle éminent pour les transports à longue distance avec le TGV, et pour les transports périurbains et urbains avec les RER, Métro, tramways, notamment dans la région parisienne et les autres grandes communautés urbaines où, sans eux, les centres villes seraient asphyxiés par les encombrements et la pollution. Ce développement doit se poursuivre en privilégiant les solutions qui ont le meilleur rapport coût/efficacité, cette dernière incluant bien sûr l'économie d'émissions de CO₂.

Pour le transport intérieur des marchandises, le ferroviaire ne représente que 10% des transports³¹ et concerne essentiellement des catégories précises de marchandises lourdes et/ou encombrantes (pondéreux, conteneurs, véhicules,...).

Le ferroutage a été promu pour les marchandises plus diverses mais s'est très peu développé pour plusieurs raisons :

- la première est le manque de souplesse de ce système, car, pour que le ferroutage fonctionne dans de bonnes conditions, il faut constituer des trains complets à trajet unique sans arrêts intermédiaires. Cette condition est remplie notamment quand il s'agit de traverser un long tunnel comme celui sous les Alpes ou celui sous la Manche, ou de faire traverser toute la France à des camions allant d'Espagne en Allemagne : le ferroutage est alors la solution qui s'impose.
- pour le transport de marchandises diversifiées en nature et en destination la route est beaucoup plus souple que le ferroviaire car elle n'impose pas les mêmes contraintes horaires et ne souffre pas des mêmes ruptures de charge.

C'est pourquoi « Sauvons Le Climat » promeut un mode de transport autoroutier électrifié.

Une solution originale pour le transport des marchandises à longue distance

L'analyse présentée ci dessus montre que ces transports consomment une partie importante du pétrole et empruntent préférentiellement nos autoroutes. Il vient donc naturellement à l'idée qu'on pourrait faire des économies de pétrole importantes si ces camions pouvaient être propulsés électriquement sur l'autoroute à partir d'une alimentation par caténaire, à l'instar des trolleybus ou des tramways. Cette idée a été présentée depuis plusieurs années par « Sauvons Le Climat » et on peut en trouver un développement sur le site de notre association.

Le camion serait un hybride à double motorisation diesel et électrique ; il comporterait des pantographes escamotables lui permettant de se connecter aux fils de la caténaire lorsqu'il circule sur l'autoroute. Les parcours en dehors de l'autoroute seraient effectués au moyen du moteur diesel.

ANNEXES

Le bon fonctionnement sur autoroute suppose l'utilisation d'un certain nombre d'équipements tels que :

- un système de guidage capable de détecter les deux fils de la caténaire et de maintenir le véhicule à son aplomb.
- un système de commande - régulation de vitesse couplé à la détection d'un éventuel véhicule précédant pour permettre la circulation automatique en file
- un système de géo-localisation qui permette aussi au conducteur de connaître sa distance à la sortie qui le concerne.

Il est clair que la réalisation d'un tel système demande des travaux de développement, mais les principes de toutes les technologies nécessaires sont déjà connus. D'ailleurs la société Siemens a réalisé une installation pilote sur un tronçon de voie désaffectée de trolleybus. Il serait fâcheux que notre pays se laisse distancer dans ce développement alors qu'il a tous les éléments pour en devenir un leader et que l'efficacité d'un tel système serait maximale en France : électricité fortement décarbonée, concentration des transports de marchandises sur quelques autoroutes.

Les véhicules à moteur thermique alimenté en biocarburant

Les carburants automobiles que nous utilisons actuellement contiennent déjà une faible proportion de biocarburants de première génération, alcool ou diester ; mais la production de ces carburants est assez coûteuse en termes d'énergie et d'émissions de GES. En outre la production massive de ces biocarburants mobiliserait une quantité de terres agricoles, ce qui nuirait gravement aux productions agricoles vivrières. Ces carburants de première génération ne sont donc pas la solution du problème traité ici.

En revanche il existe des recherches utilisant d'autres types de plantes que celles utilisées actuellement qui auraient de meilleures performances sans avoir les inconvénients listés ci-dessus. La situation évoluera peut-être vers de meilleures perspectives pour ces biocarburants ([voir annexe 8](#)).

Les véhicules avec pile à combustible à hydrogène

L'hydrogène n'est pas une source d'énergie car il n'existe pas à l'état libre dans la nature, il faut le produire par une dé-

composition de l'eau par exemple. L'énergie qui a été dépensée pour le produire est récupérée en partie au niveau de l'utilisation. L'hydrogène est donc simplement un vecteur de transport et de stockage de l'énergie.

La production de l'hydrogène peut se faire par électrolyse et son stockage réalisé sous forme gazeuse. L'électrolyse a un rendement de 50% environ ; l'énergie de compression nécessaire pour le stocker sous forme gazeuse est d'environ 15% et, enfin, l'utilisation dans une pile à combustible a un rendement qui ne dépasse pas 50%. Le rendement de restitution de l'énergie stockée sous forme d'hydrogène est donc d'une vingtaine de pourcent. On peut comparer cela avec le rendement de restitution d'une batterie électrochimique qui est de l'ordre de 90%.

On voit ainsi que l'hydrogène n'est pas un bon vecteur de stockage de l'énergie et qu'il vaut mieux utiliser les batteries électrochimiques. Des expérimentations sont pourtant lancées dans un certain nombre de pays (dont l'Allemagne) qui misent sur la meilleure autonomie de ce type de véhicules et il ne faudrait pas que notre industrie automobile s'en désintéresse, au risque de se retrouver absente (ou en fort retard) sur un marché qui pourrait s'y développer.

Conclusion

« Sauvons Le Climat » propose de :

- favoriser le développement des voitures électriques (en zones urbaines) ou hybrides rechargeables, notamment en imposant aux administrations et aux utilitaires urbains de recourir à de tels véhicules et en développant les systèmes de recharge rapide.
- soutenir toutes les initiatives visant à compenser l'autonomie réduite des véhicules électriques.
- lancer un projet de démonstration d'une autoroute électrifiée et de lancement de tracteurs hybrides.

³¹ En milliards de tonnes.km en 2010 : routier : 305 ; ferroviaire : 30 ; fluvial : 8 ; oléoducs : 18

Annexe 12

Agriculture : manger moins de viande ?

En matière de GES, l'agriculture présente des aspects positifs (stockage de carbone dans les sols, production d'énergies renouvelables stockables) et des aspects négatifs, les émissions de GES. Ces dernières proviennent de quatre sources : la consommation d'énergie, les changements d'affectation des sols, les émissions de méthane, et les émissions de N₂O. Hors UTCF (Utilisation des Terres, leurs Changements et la Forêt), leur total est d'environ 14 % des émissions de GES au niveau mondial, de 19% en France. C'est donc très important !

Les sources de GES :

- **La consommation d'énergie, source de CO₂.** En consommation directe, l'agriculture française représente 5,3 Mtep d'énergie finale, dont 74% de combustibles fossiles, pour les moteurs et le chauffage. Mais il faut y ajouter une consommation indirecte de 5,0 Mtep, essentiellement des combustibles fossiles, pour la production des engrais (surtout azotés) et les autres intrants.
- **UTCF.** Ce facteur est peu important en France puisque le bilan est au contraire un stockage de carbone dans les prairies et les forêts en expansion. Il est important dans les régions du monde où se produisent des déforestations et la mise en culture de prairies, qui entraînent l'oxydation de grandes quantités de matière organique.
- **Les émissions de méthane** proviennent des rizières ainsi que des déjections et des fermentations entériques du bétail, bovins essentiellement.
- **Les émissions de N₂O** proviennent essentiellement du cycle des engrais azotés dans le sol.

Si l'on prend l'exemple français, méthane et N₂O agricoles représentent respectivement 8,3 et 8,6% de nos émissions de GES. Le facteur 4 est donc impossible à atteindre si on ne les réduit pas. Mais les actions sont très difficiles car les émissions sont très diffuses, au niveau des champs ou des animaux. Où agir ?

Parmi les différentes solutions partielles (utiliser moins d'engrais azotés, diminuer les labours, etc.) la piste la plus prometteuse est la réduction de l'élevage. Il est important de noter que la nourriture de nos animaux d'élevage, surtout les bovins, utilise les 2/3 de nos surfaces agricoles. La réduction de l'élevage permettrait de réduire d'autant les émissions liées aux cultures (CO₂ des combustibles, N₂O des engrais azotés) et les émissions propres aux animaux (CH₄). Il ne faudrait évidemment pas compenser par des importations, ce qui ne ferait que déplacer le problème, mais réduire notre consommation de produits d'origine animale (viande, œufs, produits laitiers). Cette réduction serait d'autant plus raisonnable que notre consommation moyenne de ces produits dépasse les quantités recommandées par les diététiciens. Ainsi notre consommation de viande est de 87 kg/an par habitant. Elle pourrait être réduite de 25% sans inconvénient diététique. Cette réduction libérerait 4 Mha qui pourraient être utilisées pour des cultures ou des plantations énergétiques, pour de la forêt de bois d'œuvre, et pour la production de légumineuses (ou protéagineux), dont la culture ne nécessite pas d'engrais azotés et qui procurent des aliments riches en protéines végétales pour les humains (lentilles, haricots) et pour les animaux (luzerne, pois, féverole). Ajoutés aux tourteaux de colza, ces aliments du bétail permettront de réduire nos lourdes importations de tourteaux de soja. Il faut quand même noter que le rendement à l'hectare est environ trois fois plus faible pour les protéagineux que pour les céréales.

ANNEXES

Les Français et les Occidentaux mangent beaucoup de produits animaux, mais les habitants des pays en développement s'engagent dans la même voie. La ration moyenne de viande, œufs et produits laitiers n'est que le tiers de la notre, mais l'élévation du niveau de vie se traduit immédiatement par son augmentation. Au niveau mondial, l'élevage occupe déjà les trois quarts des terres agricoles et il est la source de 18% des émissions de GES. Si la convergence des niveaux de vie vers le standard occidental se traduisait par une forte augmentation moyenne de la consommation de viande, les terres cultivables planétaires ne suffiraient pas et le bilan GES serait grave. La FAO a tiré le signal d'alarme car le poids relatif des productions animales est plus élevé pour la planète que pour la France.

Mais les humains sont des omnivores. Ils aiment la viande, l'excès de viande... Sur toute la planète. Que faire ? Une éducation à la sobriété, à commencer par chez nous ?

Sources

Repères, Chiffres clés du climat, 2011

Ministère de l'Agriculture, étude « Prospective Agriculture Energie 2030 », 2010

FAO, « L'ombre portée de l'élevage », 2009.

Annexe 13

Taxe carbone : lier réduction des émissions de CO₂ et justice sociale

Un certain nombre de mécanismes fiscaux ont été proposés pour inciter à réduire notre consommation de combustibles fossiles. Le système de permis d'émission, créé par l'Union Européenne, ne s'applique qu'au secteur des grosses entreprises. En ce qui concerne les PME et les particuliers, Alain Grandjean et Jean-Marc Jancovici (« Le Plein SVP ») ont proposé une taxe Carbone progressivement croissante pour assurer « automatiquement » la réalisation d'une diminution suffisante des émissions.

Ce type d'approche « économiste » ne s'appesantit pas sur les conséquences des inégalités sociales. Pour les plus favorisés la taxe Carbone serait à peine remarquée : il n'est que de constater le succès des opérations du type : « je passe mes vacances aux antipodes mais je plante un arbre » ; au contraire elle aurait des conséquences lourdes sur le grand nombre de nos concitoyens qui ont déjà du mal à payer leurs charges de chauffage ou à faire face aux dépenses de trajet domicile-travail lorsqu'ils n'ont pas accès à des transports en commun adaptés (pensez, par exemple, aux travailleurs postés ou travaillant en zone rurale).

Faut-il pour autant renoncer à la taxation des émissions de CO₂ ? Non, sans doute, et nous y reviendrons. Mais les premières mesures à prendre sont d'abord d'ordre réglementaire :

Dans le domaine du logement

- Il faut rendre obligatoires les compteurs et les moyens de régulation individuels dans tous les appartements HLM. Il faudrait probablement moduler les charges de chauffage en fonction de l'emplacement des appartements.
- Il faut interdire l'installation de nouvelles chaudières à gaz, fioul ou charbon. Ainsi les locataires seront protégés des augmentations de prix et de taxe. De nombreuses possibilités existent : chauffage collectif au bois, pompes à chaleur, chauffage solaire partiel, chauffage électrique avec stockage et effacement aux heures de pointes.

- Il faut aussi, et de bonnes mesures ont été ou seront prises dans ce sens, en particulier en application des conclusions du « Grenelle de l'Environnement », encourager financièrement les opérations d'isolation, de remplacement des chaudières et d'équipements individuels et, aussi, de remplacement des vieilles voitures fortement émettrices.

Nous retrouvons ici l'intérêt d'une Taxe Carbone pour financer ces aides. Elle devra être élevée pour avoir un effet dissuasif sur les émissions, mais elle peut également favoriser la recherche de solutions non émettrices par un mécanisme semblable à celui des permis d'émission négociables déjà mis en place pour les entreprises. Il s'agit de faire en sorte que les consommateurs « vertueux » soient récompensés de leur vertu.

Chaque résident en France se verrait remettre des bons lui permettant de se procurer des combustibles fossiles hors taxe pour le transport, pour le chauffage, pour la cuisine, etc. Un résident dont les achats de combustibles fossiles dépasseraient le montant alloué par ses bons devrait soit racheter des bons, soit payer la taxe pour tout nouvel achat. Inversement, un résident dont les achats seraient inférieurs au montant autorisé par ses bons pourrait les vendre, recevant ainsi une rémunération du fait que ses émissions sont faibles.

Pour obtenir une diminution significative des émissions de CO₂ par les particuliers, il faudrait d'une part que l'ensemble des « bons de détaxation carbone » émis représente des émissions inférieures à la consommation annuelle moyenne de combustibles fossiles au moment de leur mise en place, disons la moitié pour fixer les idées et, d'autre part, que la taxe soit élevée afin que l'achat de bons de détaxation soit plus avantageux que le paiement de la taxe. On aurait alors

ANNEXES

un vrai marché des bons de détaxation et un véritable encouragement à la recherche de solutions non émettrices de CO₂ puisqu'elles seraient rémunérées.

D'une façon générale les dépenses en carburant sont une fonction croissante des revenus. Les enfants et les personnes âgées sont peu consommateurs. Ainsi, par le mécanisme d'une allocation universelle de bons de détaxation, la lutte contre le réchauffement climatique deviendrait un moyen de réduire les inégalités sociales, ce qui la rendrait d'autant mieux comprise et populaire.

Le texte de cette Annexe est un Article de H. Nifenecker, Président d'honneur et fondateur de « Sauvons le Climat »³², paru dans « La Tribune » du 9 Janvier 2008. L'auteur s'est exprimé à titre personnel.

³² L'auteur s'exprime ici à titre personnel et n'engage pas « Sauvons le Climat »

Annexe 14

L'Europe, la France et le réchauffement climatique

On propose ici, au lendemain du Conseil Energie de l'UE du 3 décembre 2012, une vue d'ensemble de la politique énergétique de l'Union européenne, politique dont l'impact sur les pays membres est déterminant. On sait que le traité de Lisbonne³³ a renforcé le pouvoir de l'Union et, partant, celui de la commission qui, rappelons le, a le pouvoir d'initiative.

L'achèvement du marché unique à l'échéance 2014, conformément aux conclusions du Conseil européen du 4 février 2011, reste pour la Commission la priorité des priorités. Mais on assiste en même temps à une sorte de renationalisation des politiques énergétiques des Etats-Membres. Quelques exemples :

- face à la perspective d'un déversement massif d'électricité intermittente en provenance d'Allemagne, la Pologne et la Tchèque ont annoncé leur intention de construire à leurs frontières avec l'Allemagne des transformateurs déphaseurs, c'est à dire des équipements leur permettant de protéger, en cas de besoin, la stabilité de leurs réseaux.
- dans plusieurs pays on assiste à l'apparition de projets de mécanismes de capacité ; ces mécanismes visent à pallier les risques sur la stabilité des réseaux du développement des renouvelables et/ou des pointes de la demande mais pourraient interférer de plus en plus avec le fonctionnement du marché intérieur de l'énergie ; ils le pourraient d'autant plus que ces projets sont conçus indépendamment les uns des autres.
- le Royaume Uni envisage de mettre en place des contrats à long terme permettant de réduire le risque et donc le coût du capital, en garantissant un prix d'achat minimum pour l'électricité produite par le nucléaire et les renouvelables (ce sont les « contrats pour différence³⁴ »).

La dérogation au droit de la concurrence accordée aux ENRs. Au départ, l'idée était qu'il s'agissait là d'une indus-

trie naissante et qu'il était légitime de la soustraire au droit de la concurrence ; depuis on assiste à un développement rapide des ENRs, notamment des ENRs intermittentes, cela bien que, au dire même de leurs promoteurs, elles soient proches de la maturité. Ces sources d'électricité ont priorité d'accès aux réseaux. Cela perturbe considérablement le fonctionnement des marchés qui, de ce fait, ne remplissent plus leur fonction qui est de fournir aux acteurs des « signaux-prix » de nature à orienter leurs décisions à long terme.

La planification³⁵/concertation des interconnexions, face à l'augmentation prévisible des flux à transporter – notamment due à la politique allemande de développement des sources intermittentes – et, en particulier, des flux transfrontières. Pour qu'une telle planification soit réaliste, elle doit tenir compte des parcs de production de chaque membre de l'Union et leurs évolutions probables ; or, chaque pays reste responsable de son mix énergétique. Ce qui explique que l'Allemagne n'avait pas à se concerter avec ses voisins avant de lancer sa nouvelle politique énergétique. Notons ici que, en développant massivement la production d'ENR, le Danemark et l'Allemagne transfèrent sur les pays voisins une partie de la charge liée à la création de capacités à même de pallier les conséquences de l'intermittence. Il serait logique – et conforme à la théorie économique – que les dits voisins reçoivent une compensation financière pour le coût de décisions qui ne sont pas de leur fait.

Le financement des infrastructures. Le besoin de financement pour de nouvelles infrastructures (réseaux et production, y compris le remplacement des centrales devenues obsolètes) était évalué en novembre 2011 par la Commission à 1.000 milliards d'€ d'ici 2020 ; ce n'est un secret pour personne que, au rythme actuel, l'objectif sera loin d'être atteint.

³³ Article 196 : les mesures prises par l'Union Européenne « n'affectent pas le droit d'un Etat membre de déterminer les conditions d'exploitation de ses ressources énergétiques, son choix entre différentes sources d'énergie et la structure générale de son approvisionnement énergétique »

³⁴ Le contrat pour différence CFD est un contrat entre un acheteur et un vendeur. Le vendeur doit payer à l'acheteur la différence entre la valeur du contrat au moment du dénouement de la position et la valeur lors de l'initiation du contrat. Si cette différence de valeur est négative, c'est l'acheteur qui devra payer la différence au vendeur.

ANNEXES

La mise en œuvre des objectifs 3x20 à l'horizon 2020 :

20% d'ENR, plus 20% d'efficacité énergétique, moins 20% de GES. Force est de noter les conséquences du développement des gaz de schistes aux Etats-Unis, développement qui se traduit par la baisse des prix du charbon américain, son exportation en quantité croissante, notamment vers l'Allemagne où sont mises en construction de nombreuses centrales au charbon (ou au lignite domestique, disponible en grande quantité), l'idée étant ici que le recours aux techniques de séquestration du CO₂ permettra de limiter les quantités rejetées dans l'atmosphère : ces techniques sont pourtant loin d'être au point et l'incertitude reste totale sur leurs coûts et sur la date à laquelle elles seront déployables à une échelle qui soit à la mesure des enjeux.

Le nucléaire : l'exercice de « stress tests » se poursuit, les plans nationaux, qui seront publiés avant la fin 2012 devraient être examinés au premier semestre 2013. Dans sa communication du 4 octobre, la Commission a annoncé, ce qui fut une surprise pour beaucoup, que des initiatives, législatives ou non, visant à améliorer encore le cadre réglementaire de l'Union dans ce domaine seront élaborées pour examen par le Conseil. Une telle évolution devra être préparée en étroite collaboration avec les régulateurs au sein de l'ENSREG (European Nuclear Safety Regulators Group). Le directeur général de l'ASN a par ailleurs écrit au Premier ministre pour s'étonner des prises de position de la Commission sur la sûreté des réacteurs, à la fois sur le plan juridique (elle n'en est pas chargée) et sur le plan technique (certaines observations de la Commission dénotant une compétence insuffisante).

Face à cette situation, la Commission :

- Persiste à affirmer, sans le démontrer, que le marché suffit à assurer un bon niveau d'approvisionnement.
- Confirme qu'elle s'apprête à définir des règles pour les dispositifs de soutien aux renouvelables.
- Continue à s'opposer aux contrats à long terme parce que ceux-ci sont un frein à la liquidité des marchés.
- Commence à mettre sur la table ses idées sur la suite à donner au 3x20 pour l'après 2020. Parmi les hypothèses

étudiées : celle d'un nouvel objectif quantifié pour les ENRs en 2030 perpétuant ainsi la confusion entre objectif (la réduction des émissions de GES) et ce moyen – un moyen parmi d'autres – qu'est le développement des renouvelables.

- Repousse tout sauvetage du marché du carbone dont l'effondrement (7 € aujourd'hui) ne fait qu'encourager les entreprises à acheter des quotas plutôt qu'à réduire leurs émissions de GES. Philippe Rösler, ministre de l'énergie de la République fédérale s'oppose à « tout gonflement artificiel des cours ».
- Se méfie des mécanismes de capacité et y met des conditions.
- Devrait faire des propositions sur un nouveau market design, mieux adapté aux ENRs.
- Réaffirme son opposition aux tarifs réglementés et relance l'idée d'ouvrir à la concurrence la distribution, soit trois ans seulement après le troisième paquet.
- Revient à la charge pour assurer son pouvoir en matière de sûreté nucléaire.

On ne trouve pratiquement aucune référence dans les papiers de la Commission aux coûts ou aux prix, si ce n'est, ici ou là, pour rappeler au lecteur que c'est le droit de la concurrence qui maintiendra la pression à la baisse des coûts et incitera les opérateurs à aligner leurs prix sur les coûts.

Rien non plus dans tout cela qui fasse référence à ces préoccupations premières des opérateurs que sont la stabilité et la prévisibilité du cadre réglementaire.

Conclusion : Notre pays a des atouts exceptionnels à faire valoir :

- Grâce à une électricité produite avec de faibles émissions de CO₂, la France est en mesure d'entreprendre d'en développer les usages partout où cela est possible, notamment dans les transports et dans le chauffage résidentiel.
- Grâce à un fort potentiel de production de biomasse, elle peut réduire fortement sa part de carburants fossiles en leur substituant la chaleur issue de la biomasse.

« Sauvons Le Climat » propose de :

- insister sur l'idée que le développement des ENRs n'est

³⁵ « Planification » est encore à la Commission ce que les anglais appellent le P-word, avec P pour Planning. Le P-Word correspond au « mot de cinq lettres ».

qu'un moyen parmi d'autres pour atteindre un objectif de réduction des GES.

- encourager le développement des recherches – y compris sur les nouvelles générations de réacteurs nucléaires –, les économies d'énergie là où ce peut être économiquement valable.

Développons les recherches, économisons l'énergie là où ce peut être économiquement valable et mettons à profit nos atouts.

Quelques unes des dernières publications de la Commission Européenne :

- Communication de la Commission sur une stratégie en matière d'énergies renouvelables : « Energies renouvelables, un acteur de premier plan sur le marché européen de l'énergie ». Elle fait suite à la directive (2009) relative à la promotion des ENRs. Cette directive définit les moyens d'atteindre l'objectif des 20%, l'objectif pour la France étant de 23%.
- Communication de la Commission sur le marché intérieur de l'énergie (15 novembre 2012). Cette communication s'inscrit dans le cadre du « 3^{ème} paquet » « marché intérieur de l'électricité et du gaz » adopté le 13 juillet 2009 et des conclusions du Conseil européen de février 2011.
- Proposition de règlement pour les infrastructures énergétiques transeuropéennes. Ce règlement fixe de nouvelles règles, ceci dans la suite du paquet infrastructure paru en octobre 2011 qui prévoyait la création d'un nouvel instrument de soutien financier transversal (énergie, télécommunications, transports). En matière d'énergie, il s'agit notamment d'accompagner les nouveaux besoins de transport dus au développement des ENRs.
- Nouvelle directive sur l'efficacité énergétique adoptée par l'Union européenne le 25 octobre 2012.

Voir sur www.sauvonsleclimat.org

Communiqués SLC

« Energie, attention virage dangereux : la Commission Européenne à l'épreuve de la clarté » du 2-10-2012

« Prime européenne aux pollueurs » du 15-02-2008

« Energie et climat: l'Europe reste brouillonne » du 27-01-2008

« Réunion du Conseil Européen sur l'énergie » du 07-03-2007

« Réflexions sur le livre vert de l'UE. Une stratégie énergétique pour l'Europe ? » du 21-03-2006

« Critique du Livre Vert sur l'efficacité énergétique de la Commission Européenne » du 10-09-2005

« Le Livre Vert de la Commission Européenne sur l'efficacité énergétique et le plan d'action du G8 » du 06-08-2005



« **Sauvons le climat** » (SLC) est un collectif d'associations et d'adhérents individuels de plus de 30.000 membres au total à fin 2012. SLC cherche humblement à apporter une contribution indépendante, scientifique, cartésienne au débat, à trier entre mythe et réalité. SLC associe des personnes et experts de haut niveau, dont plusieurs prix Nobel. L'apport de ces experts est totalement bénévole. Chaque domaine est couvert par des spécialistes expérimentés sous la supervision d'un Conseil Scientifique. SLC se situe hors de tout parti politique.

« Sauvons le climat » se donne pour mission de :

- informer et sensibiliser le public sur les problèmes liés aux émissions de gaz à effet de serre et au réchauffement climatique, afin notamment de lui permettre de prendre part dans les meilleures conditions aux débats publics européens, nationaux et locaux portant sur les problèmes écologiques ;
- fournir une expertise sur les problèmes énergétiques et climatiques ;
- agir auprès des médias, des personnalités politiques, des associations scientifiques, des acteurs économiques et de la société civile pour populariser ses analyses et conduire à des politiques efficaces de lutte contre le réchauffement climatique ;
- fournir à ses membres, dans la mesure de ses moyens, prestations, services et conseils dans les domaines énergétiques et climatiques.

Il s'agit pour SLC d'échanger, d'étudier, de rappeler les vérités scientifiques et techniques incontournables, de souligner les voies d'avenir les plus adaptées et les plus efficaces pour limiter très rapidement les émissions de gaz à effet de serre et notamment le dioxyde de carbone.

Le coût du carbone évité variant considérablement d'une solution à l'autre, SLC est attaché à ce que le choix des solutions à mettre en œuvre soit justifié par des évaluations indiscutables.

<http://www.sauvonsleclimat.org>

