



# SAUVONS LE CLIMAT

## Analyse du scénario énergétique « négawatt 2006 »

**Claude Acket   Pierre Bacher**

L'association NEGAWATT<sup>1</sup> a publié en 2003 un scénario énergétique pour la France à l'horizon 2050 et a mis à jour ce scénario en décembre 2005 sous le nom « scénario négawatt 2006 ». La présente contribution vise à analyser le scénario « négawatt » en se fondant sur le scénario publié sur son site<sup>2</sup> par Sauvons le Climat (SLC).

Qualitativement, les approches adoptées dans les deux scénarios ont des points très importants en commun : en premier lieu, Négawatt et SLC visent le même objectif : diviser par 4 les émissions de CO<sub>2</sub> dues à l'énergie d'ici 2050. Pour ce qui est des moyens, l'un comme l'autre mettent au premier rang la maîtrise de l'énergie sous ses deux formes, sobriété et efficacité. L'un comme l'autre s'attachent particulièrement aux secteurs trop souvent écartés, les usages fixes de la chaleur dans les secteurs de l'industrie, du tertiaire et du résidentiel, et l'énergie consommée dans les transports, et ils évaluent la place (importante) que doivent jouer les énergies renouvelables dans ces secteurs. Il y a cependant une différence qualitative notable entre les deux scénarios, puisque Négawatt écarte a priori l'énergie nucléaire alors que SLC écarte toute exclusive contre quelque voie que ce soit.

Quantitativement, on verra que Negawatt est sensiblement plus optimiste que SLC en ce qui concerne les économies d'énergie. Il en résulte, pour Négawatt, une moindre demande d'électricité, encore accentuée par le rôle important que SLC espère voir jouer à l'électricité dans le secteur des transports (voitures hybrides ou électriques, apport d'énergie pour la synthèse de biocarburants). Une troisième différence quantitative provient du rôle espéré pour les énergies renouvelables dans la production d'électricité, en particulier les énergies éolienne et solaire photovoltaïque : SLC, contrairement à Négawatt, estime que leurs coûts et leur caractère intermittent freineront fortement leur développement.

Nous examinerons les grands secteurs dans le même ordre que Négawatt (électricité, mobilité et usages fixes), bien qu'il ne nous paraisse pas très logique de commencer par l'électricité dont les besoins seront fonction, pour une part importante, des bilans énergétiques des secteurs mobilité et usages fixes.

### Électricité

---

<sup>1</sup> <http://www.negawatt.org/telechargement/Scenario%20nW2006%20Synthese%20v1.0.2.pdf>

<sup>2</sup> [http://www.sauvonsleclimat.org/fr/lect\\_documents.php?id\\_docu=1](http://www.sauvonsleclimat.org/fr/lect_documents.php?id_docu=1). Le scénario de Sauvons le Climat a été baptisé « negatop », pour bien marquer que la cible est la consommation de combustibles fossiles rejetant du CO<sub>2</sub> et, au premier rang, la consommation de pétrole.

## **Besoins**

A partir d'une consommation actuelle de 450 TWh, Negawatt prévoit (ou postule ?) une stabilisation à 500 TWh puis une décroissance à **430 TWh** en 2050, en négligeant les besoins nouveaux pour la mobilité (transports en commun, voitures hybrides) et les usages fixes (pompes à chaleur...).

SLC estime au contraire que la mobilité va nécessiter 150 à 200 TWh supplémentaires (transports en commun passagers et marchandises, véhicules hybrides, énergie nécessaire pour produire les biocarburants) et les usages fixes 50 à 100, les autres usages se stabilisant (alors qu'ils augmentent encore de presque 2 % par an). Le scénario « Negatep » prévoit ainsi environ **700 TWh** en 2050.

## **Sources**

Negawatt prévoit, en 2050, 360 TWh de renouvelables et 75 TWh de fossiles (165 en 2030) :

- Hydraulique et mer 80 TWh
- Photovoltaïque 65 TWh
- Biomasse 50 TWh
- Éolien 140 TWh (65 terrestre et 75 offshore)
- Géothermie 25 TWh

L'augmentation de l'hydraulique de 70 à 80 TWh, bien qu'elle paraisse très souhaitable, est fort aléatoire, alors que les besoins d'eau pour les autres usages que la production d'électricité sont en augmentation constante et conduiront probablement à une diminution de la production de la grande hydraulique, et que la protection de l'environnement ne favorisera pas le développement de la petite hydraulique.

La part de la biomasse apparaît plausible mais très ambitieuse pour la production d'électricité, au détriment de la production de biocarburants : elle correspondrait à de la cogénération à partir de 17 Mtep de biomasse. Nous reviendrons plus loin sur le bilan d'utilisation de la biomasse, utilisable également pour fournir de la chaleur et pour produire des biocarburants.

La valeur de **65 TWh** retenue pour le photovoltaïque suppose la réalisation effective de progrès technologiques considérables pour en multiplier les marchés et réduire les coûts. Pour fixer les ordres de grandeur, le MWh photovoltaïque raccordé au réseau est payé en moyenne 450 € en Espagne et Italie et 550 € en Allemagne, alors que le MWh thermique ne coûte que 50 € et est garanti alors que le solaire est intermittent. Le surcoût actuel est donc de 400 à 500 M€/TWh. Le développement massif du photovoltaïque obligerait également à développer vivement les diverses formes de stockage d'électricité et régulation de réseau pour absorber les variations de cette source intermittente. On peut donc légitimement s'interroger sur le bien-fondé du chiffre élevé de la production photovoltaïque retenue par Negawatt, même si on peut toujours espérer que des percées technologiques permettront de l'atteindre. L'estimation considérée déjà comme ambitieuse dans Negatep serait plutôt de **10 à 15 TWh** en 2050.

La valeur retenue pour l'éolien nous paraît, elle, sans hésitation, démesurée. Outre son coût (les 140 TWh coûteraient aussi cher que 400 TWh de nucléaire), le caractère intermittent de l'éolien est largement sous-estimé :

- Seul l'éolien terrestre est considéré comme intermittent

- L'insertion dans le réseau est considérée comme « facile », sur la foi d'un rapport allemand de l'Agence Allemande de l'Energie (DENA), négligeant les rapports des électriciens allemands qui disent le contraire
- L'insertion sur le réseau de 75 TWh offshore, concentré dans certaines régions, soulève de gros problèmes de transport de l'électricité et, surtout, de réponse à des défaillances simultanées, pas du tout évoquées et pour lesquelles il n'existe aucune expérience (seul le Danemark a une certaine expérience, mais son cas est très particulier car il est relié à deux puissants réseaux fiables et de fortes capacités (l'Allemand et le Suédois), capables d'absorber ses excédents lorsque la demande danoise est faible et le vent fort, et symétriquement, d'assurer le secours du réseau danois lorsque la demande est forte et le vent faible..

Il faut certainement s'en tenir, pour l'éolien, au 1/3 des sources interruptibles (hydraulique de montagne, fossile, cogénération à partir de biomasse) soit au mieux **50 TWh<sup>3</sup>**.

Les espoirs fondés sur la géothermie pour la production d'électricité (géothermie profonde) apparaissent passablement optimistes quand on compare à l'Italie, depuis très longtemps le premier pays européen dans ce domaine, qui ne produit qu'un peu plus de 5 TWh à l'aide de la géothermie.

Les 75 TWh produits par des centrales à gaz, même à cycle combiné, augmenteraient sensiblement les émissions de CO<sub>2</sub> par rapport à la situation actuelle où seuls une vingtaine de TWh proviennent des énergies fossiles (fioul et gaz). On notera au passage que le scénario prévoit 165 TWh « fossile » en 2030 : tout se passe comme si il fallait à tout prix sortir du nucléaire, sans considération pour l'effet de serre, et faire largement appel au gaz pour pouvoir justifier ensuite qu'on lui substitue l'éolien pour réduire les rejets de CO<sub>2</sub>. Dans les scénarios negatep, la production d'origine fossile ne dépasse pas le minimum indispensable pour faire face aux besoins de pointe.

### ***Globalement,***

- La sous-estimation des besoins d'électricité est comprise entre **250 et 300 TWh**
- La part des énergies renouvelables pourra difficilement dépasser 200 TWh (dont 70 d'hydraulique), soit 130 de plus qu'aujourd'hui. Elle est donc surestimée d'au moins **160 TWh**.
- La part des énergies fossiles est surestimée de **30 TWh** si on veut limiter strictement les rejets de CO<sub>2</sub>
- Au total, il faut trouver entre **440 et 500 TWh** qui ne peuvent guère être fournis que par le nucléaire, qu'il faudrait donc augmenter de 10 à 30 % par rapport à aujourd'hui..

### **Mobilité**

La poursuite de la tendance actuelle de la consommation (+1 % par an) la ferait passer de 50 Mtep actuellement à 75 Mtep en 2050. Negawatt compte sur les progrès des motorisations (3,3 l au 100 en moyenne), le covoiturage et une forte augmentation des transports collectifs (passant de 15 à 30 %) pour ramener la consommation à 20 Mtep (dont 15 Mtep de pétrole). Cet accroissement nécessaire et plus que souhaitable des transports collectifs n'est pas pris en compte dans les besoins supplémentaires d'électricité. Negawatt compte peu sur les

---

<sup>3</sup> Valeur déjà passablement optimiste, quand on sait qu'avec plus de 16000 MW installés, les Allemands ne produisent que 25 TWh.

biocarburants (moins de 5 Mtep) et le document publié ne permet pas de vérifier si la faible consommation des voitures provient ou non du développement des motorisations hybrides (pas d'augmentation associée des besoins électriques).

Negawatt est donc très optimiste dans ses estimations de maîtrise de la consommation, qui serait divisée par plus de 3 par rapport à la tendance actuelle. En revanche, l'électricité et les biocarburants joueraient un rôle minime.

SLC, pour sa part, miserait plutôt sur une stabilisation de la consommation à son niveau actuel, ce qui demandera déjà un effort notable. Il compte aussi sur une diminution notable de la consommation spécifique de pétrole, remplacée en partie par l'électricité dans les véhicules à motorisations hybrides<sup>4</sup>, et sur un fort développement des biocarburants produits à partir des produits cellulosiques (arbres et plantes entières). Pour valoriser au mieux la source biomasse et accroître la part des biocarburants, il semble préférable de ne pas brûler cette même biomasse dans le cycle de production des biocarburants mais de faire appel au vecteur électricité produit à partir de sources non émettrices de CO<sup>2</sup>. Au total, le scénario « Negatep » mise sur une stabilisation de la demande à 50 Mtep fournis à concurrence de 15 Mtep chaque par l'électricité (hybrides) et les biocarburants, la part du pétrole étant ramenée à 20 Mtep.

### **Usages fixes de la chaleur (résidentiel, tertiaire et industrie)**

Negawatt espère une diminution des besoins de 1,5% par an, grâce en grande partie à la réhabilitation des logements anciens et à la grande sobriété des logements neufs, mais également à la poursuite des efforts d'efficacité énergétique de l'industrie. Les besoins s'élèveraient alors, en 2050, à 43 Mtep environ (au lieu de 85 Mtep en tendance) comparés aux 78 Mtep actuels auxquels il faut ajouter 122 TWh

Pour « negawatt » les énergies renouvelables assureraient alors près de 80 % des besoins (près de 35 Mtep) dont une partie importante en cogénération :

- Le solaire thermique            5 Mtep (56 TWh)
- La biomasse                        25 Mtep (238 TWh)
- La géothermie                    4,5 Mtep (52 TWh)

Le gaz naturel fournirait 4,6 Mtep et l'électricité 20 TWh.

Les réseaux de chaleur assureraient plus de la moitié des fournitures de chaleur, dans la majorité des cas avec cogénération<sup>5</sup>.

SLC partage pour l'essentiel l'analyse et les conclusions de Negawatt. Le secteur des usages fixes de la chaleur est sans aucun doute celui qui se prête le mieux aux économies d'énergie et aux énergies renouvelables. Dans l'ensemble, les technologies existent déjà, et la plupart sont compétitives avec un pétrole à 50 ou 60 \$/baril. On peut s'interroger cependant sur l'importance des gains d'efficacité énergétique dans le secteur de l'industrie, qui implique probablement, comme au cours des 30 dernières années, un recours plus important à l'électricité. On peut s'interroger aussi sur l'importance des réseaux de chaleur qu'il faudra construire pour permettre l'augmentation massive de la biomasse et de la géothermie. Quant

---

<sup>4</sup> Où tout électriques si les progrès des batteries le permettent

<sup>5</sup> En principe, pour 1 Mtep (11,6 TWh) brûlé en cogénération, on doit obtenir 3 TWh d'électricité et 0,7 Mtep de chaleur ; pour la géothermie, la part de l'électricité serait plus faible, compte tenu des températures plus basses et pour le gaz naturel, elle serait au contraire plus élevée.

au solaire thermique et à la géothermie, ils vont probablement de pair avec les pompes à chaleur dont la consommation ne semble pas comptée dans les besoins d'électricité.

## La biomasse : un bilan

La biomasse peut être utilisée pour produire des biocarburants, pour fournir de la chaleur et pour produire de l'électricité.

Dans le scénario Negawatt, la répartition est la suivante :

- Biocarburants 8 à 20 Mtep produisant 5 Mtep de carburant
- Chaleur 25 Mtep
- Électricité 50 TWh (soit 4,4 Mtep)

La production de carburant consomme de l'énergie. Cette énergie est fournie soit par la biomasse elle-même soit par une source externe (électricité par exemple) : pour produire 5 Mtep de biocarburant, dans le premier cas, il faut compter 8 à 20 Mtep de biomasse selon la culture<sup>6</sup>, et dans le second un peu plus de 50 TWh d'électricité. En se plaçant dans la première hypothèse, ce qui semble être le cas de Negawatt, la consommation totale de biomasse serait de 40 à 50 Mtep.

Ce total est à comparer au potentiel national de biomasse. L'Agence Européenne de l'Environnement l'a estimé à 47 Mtep<sup>7</sup> dans des conditions respectueuses de l'environnement (exploitation modérée des forêts, développement de l'agriculture bio venant compenser les gains de productivité des cultures traditionnelles, reconversion des terres produisant pour l'exportation, fin des jachères ) et en incluant la valorisation énergétique de 10 Mtep de déchets dont l'origine est la biomasse (une grande part des déchets ménagers, déchets de l'industrie du bois et de la pâte à papier, déchets agricoles...). D'autres estimations (Prévoit, OPECST...) sont assez voisines. Sur ce point, le scénario Negawatt est ambitieux mais reste compatible avec la ressource.

## Conclusions

Negawatt s'est donné deux contraintes fortes en matière d'approvisionnement en énergie :

- Sortir du nucléaire
- Favoriser le moins possible les biocarburants, au nom de la protection de l'environnement<sup>8</sup>.

Il ne dit pas un mot des coûts des différentes voies possibles.

Dans ces conditions, pour atteindre l'objectif de réduction d'un facteur 4, Negawatt :

---

<sup>6</sup> Jancovici rappelle, par exemple, en se fondant sur un rapport DIDEM/ADEME de 2003 sur les biocarburants que pour produire 0,87 tep de biodiesel à partir de colza, il faut 0,5 tep (engrais, culture, transformation) ; mais pour produire 0,76 tep d'éthanol à partir de betterave, on dépense 3,22 tep. Dans ces deux exemples, et en supposant que l'énergie nécessaire serait fournie par la biomasse elle-même, le bilan serait respectivement de 8 Mtep et 20 Mtep de biomasse pour produire 5 Mtep de biocarburant. Le bilan est encore plus complexe lorsque l'on regarde de plus près la part des engrais, des travaux de culture, des transformations et que l'on cherche à comptabiliser l'énergie contenue dans les co-produits.

<sup>7</sup> EEA – *How much bioenergy can Europe produce without harming the environment* (juin 2006)

<sup>8</sup> Comme me l'a dit un sympathisant : « on ne va pas risquer de bousiller l'environnement pour encourager les embouteillages dans les villes et les bouchons sur les autoroutes »

- Mise sur une très grande sobriété qui nous semble difficilement accessible sans contraintes très fortes (financières ou (et) réglementaires)
- Semble oublier certains besoins d'électricité, aussi bien pour les usages mobiles que pour les usages fixes
- Surestime très largement, à notre avis, les possibilités des énergies renouvelables pour la production d'électricité, en particulier les énergies intermittentes (éolien, photovoltaïque).<sup>9</sup>
- Mise surtout sur le gaz au moins dans les quelques dizaines d'années à venir sans s'inquiéter de l'augmentation des rejets de CO2 ni des hausses prévisibles de son prix. Plus grave, Négawatt fait là le pari que les économies d'énergie et les nouvelles énergies renouvelables seront au rendez-vous. Si, par malheur, ce n'était pas le cas, le facteur 4 serait irrémédiablement compromis.

SLC, s'il partage en partie les avis de Negawatt sur l'importance de la sobriété énergétique et sur l'utilisation des énergies renouvelables pour les usages fixes de la chaleur, arrive à des conclusions inverses sur deux points essentiels :

- L'intérêt de l'électricité, aussi bien pour les usages fixes (pompes à chaleur) que pour les usages mobiles (voitures hybrides<sup>10</sup> et fourniture d'énergie pour la production de biocarburants).
- L'intérêt de la biomasse pour la production des biocarburants.

SLC est également convaincu que le développement des différentes voies sera largement conditionné par le prix de l'énergie, notamment les réseaux de chaleur et les biocarburants. Toute étude prospective doit en tenir compte, ce qui ne semble pas être le cas de celle proposée par Negawatt.

---

<sup>9</sup> On notera, à ce sujet, tout l'intérêt qu'il y aurait à analyser le retour d'expérience allemand, tant de l'éolien que du solaire photovoltaïque sous le double aspect de l'économie et de l'insertion dans le réseau électrique.

<sup>10</sup> Ou tout électriques