

# Scénario négaWatt pour un avenir énergétique sobre, efficace et renouvelable

Christian Couturier, Marc Jedliczka, Thierry Salomon  
(Association négaWatt)

*Les modèles énergétiques aujourd'hui dominants restent fondés sur un dogme qui semble intangible : produire toujours plus pour consommer toujours plus.*

*Pourtant, si nous continuons sur cette voie, tout porte à croire que la vraie crise de l'énergie est devant nous. Risques environnementaux et industriels majeurs, épuisement des réserves du sous-sol, exacerbation des tensions et des conflits internationaux, creusement des inégalités entre riches et pauvres : voilà l'avenir que nous préparons à nos enfants.*

*Que faire ? Devant la complexité des questions à résoudre et l'enchevêtrement des intérêts à ménager, il faut se garder de deux grandes tentations : celle de ne rien décider en se réfugiant dans l'incantation, et celle de s'en remettre à d'hypothétiques «ruptures technologiques» dont rien ne prouve qu'elles adviendront à temps.*

*Le scénario négaWatt propose au contraire d'agir immédiatement en empruntant la voie du «non-regret», celle qui, comme l'explique le philosophe Jean-Pierre Dupuy, nous évitera de nous mettre dans la situation où nous aurions à dire : «nous aurions dû choisir un autre chemin».*

*Le premier pas dans cette voie est de changer notre regard sur l'énergie : plus sobres dans nos comportements, plus efficaces dans nos usages, plus renouvelables dans notre production.*

*Cette «démarche négaWatt», nous avons voulu voir où elle nous conduirait à 10 ans, 20 ans, puis à 50 ans en l'appliquant systématiquement à tous les domaines de la vie et de l'activité de notre société. Pour éviter de construire un miroir aux alouettes et être certains de ne pas nous tromper nous-mêmes, nous nous sommes fixés deux règles : ne se fonder que sur des faits établis et prouvés par l'expérience ; ne compter que sur les technologies aujourd'hui disponibles ou proches de l'être.*

*Le résultat est une bonne nouvelle : il est possible d'éviter le pire et de préserver l'avenir, de désamorcer les bombes sur lesquelles nous sommes assis et de construire une société sobre, efficace et renouvelable, une société du «développement équilibré et soutenable».*

*Mais ce résultat est loin d'être acquis d'avance. Il exige des décisions rapides, fortes et inscrites dans la durée, qui ne manqueront pas de bousculer les habitudes et de froisser des intérêts bien établis. Il exige aussi (surtout ?) que cette longue marche qui nous attend soit comprise et partagée par tous et par chacun.*

*Courage politique et pédagogie de l'action : puisse ce scénario négaWatt contribuer à ces deux exigences en éclairant un tant soit peu le chemin qu'il nous faut emprunter sans attendre. C'est là notre seule ambition.*

Association 

# Pour une démarche négawatt

## Un nouveau potentiel énergétique : les négawatts

Les **négawatts** caractérisent l'énergie non-consommée grâce à un usage plus sobre et plus efficace de l'énergie.

Renverser ainsi notre regard habituel sur l'énergie revient simplement à nous interroger sur "comment mieux la consommer" avant de décider "comment en produire plus".

Par exemple, le seul fait de concevoir correctement une habitation en tenant compte de l'orientation (et donc de l'ensoleillement) diminue de 15 à 30 % les besoins de chauffage.

Autre exemple : remplacer une ampoule classique de 100 W par une lampe basse consommation de 20 W revient à utiliser 5 fois moins d'énergie pour assurer le même niveau d'éclairage. La puissance électrique nécessaire est ainsi réduite de 80 W. En d'autres termes, le remplacement de cette lampe génère «80 Watts en moins» : on parle alors de «production de 80 négawatts».

Cette approche donne la priorité à la **réduction à la source de nos besoins d'énergie**, à qualité de vie inchangée : mieux consommer au lieu de produire plus.

Les "gisements" de négawatts sont considérables : en première approche, avec des solutions aujourd'hui fiables et éprouvées, **ils représentent à eux seuls plus de la moitié de la consommation mondiale actuelle**. La "production" de négawatts dispose d'autres formidables atouts : absence de pollution et de nuisances, décentralisation, création d'emploi.

## Une «démarche négaWatt» en trois temps

### Sobriété

La sobriété énergétique, tout d'abord, consiste à supprimer les gaspillages absurdes et coûteux à tous les niveaux de l'organisation de notre société et dans nos comportements individuels.

La sobriété n'est ni l'austérité ni le rationnement : elle répond à l'impératif de fonder de notre avenir sur des besoins énergétiques moins boulimiques, mieux maîtrisés, plus équitables. Elle s'appuie sur la responsabilisation de tous les acteurs, du décideur au citoyen.

### Efficacité

L'efficacité énergétique consiste à réduire le plus possible les pertes par rapport à la ressource utilisée. Le potentiel d'amélioration de nos bâtiments, de nos moyens de transport et des appareils que nous utilisons est en effet considérable : il est possible de réduire d'un facteur 2 à 5 nos consommations d'énergie et de matières premières, à l'aide de techniques déjà largement éprouvées.

### Renouvelables

Les actions de sobriété et d'efficacité réduisent nos besoins d'énergie à la source. Le solde doit être fourni à partir d'énergies renouvelables issues de notre seule ressource naturelle et inépuisable : le Soleil. Bien réparties, décentralisées, ayant un faible impact sur notre environnement, les énergies renouvelables (solaire, hydraulique, éolien, biomasse) sont les seules qui permettent d'équilibrer durablement nos besoins en énergie avec les ressources de notre planète : pourquoi retarder notre mise en marche vers un équilibre aussi vital ?

# Un scénario négaWatt 2000-2050

## Hypothèses générales

Quel potentiel de négawatts pour la France ?

Un premier travail a été entrepris par l'association négaWatt pour mieux quantifier l'impact d'une politique adoptant une telle démarche sur la période 2000-2050.

Cet exercice prospectif a bien entendu des limites, et chaque chiffre est en soi une hypothèse. Il permet cependant de mieux appréhender les poids respectifs des efforts à entreprendre, et donne une précieuse

indication sur la faisabilité de l'objectif recherché : une France énergétique plus efficace et moins dépendante, dotée d'un système énergétique sobre en émissions de carbone et fondé majoritairement sur une ressource pérenne, les énergies renouvelables.

Deux scénarios, un " tendancier " et un " négaWatt " ont été élaborés pour la France (avec la Corse, mais sans les DOM-TOM qui nécessiteraient, en fonction de leurs particularités, une analyse spécifique).

Les deux scénarios se fondent sur la même hypothèse de croissance démographique (base prospective 2050 INSEE). Ils s'appuient sur des équipements actuellement prouvés ou très probables, sans pari sur une rupture technologique incertaine.

Ils ont été construits tous deux par analyse des 3 grands usages que sont la chaleur, la mobilité et l'électricité spécifique. Enfin, pour faciliter les comparaisons, toutes les valeurs sont exprimées en TéraWatt-heure (TWh)<sup>7</sup>.

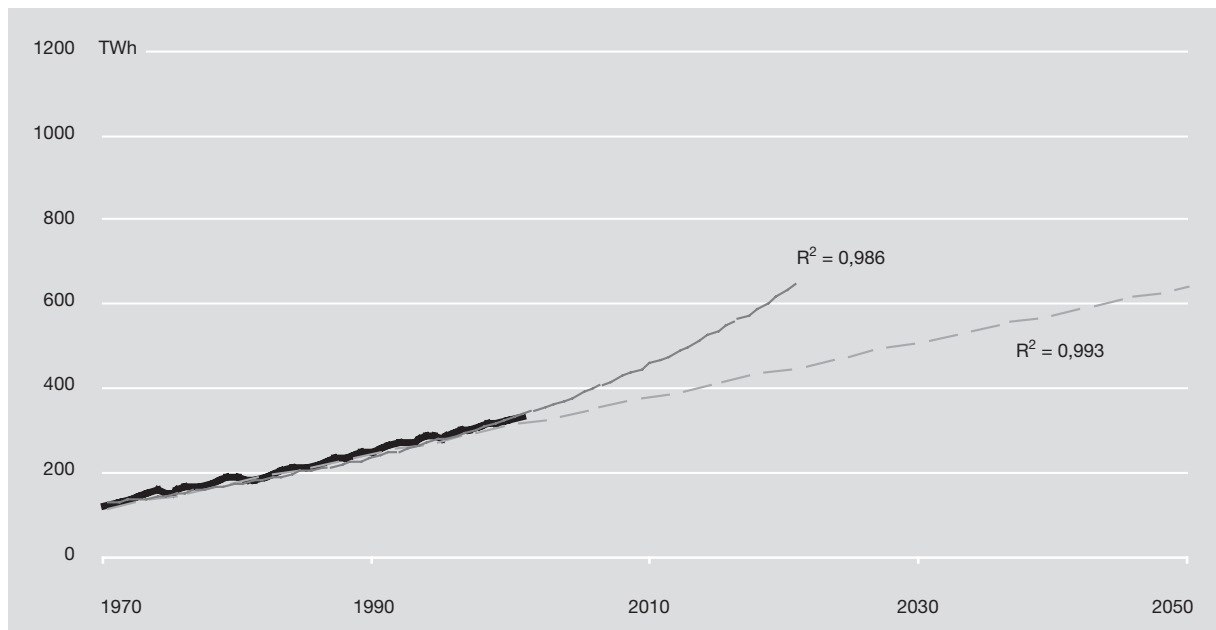
## Quel scénario tendancier de référence ?

Le scénario « tendancier » adopté comme référence de calcul, prolonge simplement les tendances observées ces trente dernières années.

### Electricité

La consommation finale d'électricité spécifique (hors chauffage électrique et eau chaude sanitaire, et hors transports) évolue de façon parfaitement linéaire passant de 120 TWh en 1970 à 300 TWh en 2000. En prolongeant cette tendance, la consommation finale serait de 450 TWh en 2020, et de 660 TWh en 2050. En ajoutant l'électricité dans les transports et le chauffage électrique, la demande totale d'électricité serait de 750 TWh.

Fig. 1 : Usages spécifiques de l'électricité - consommation finale

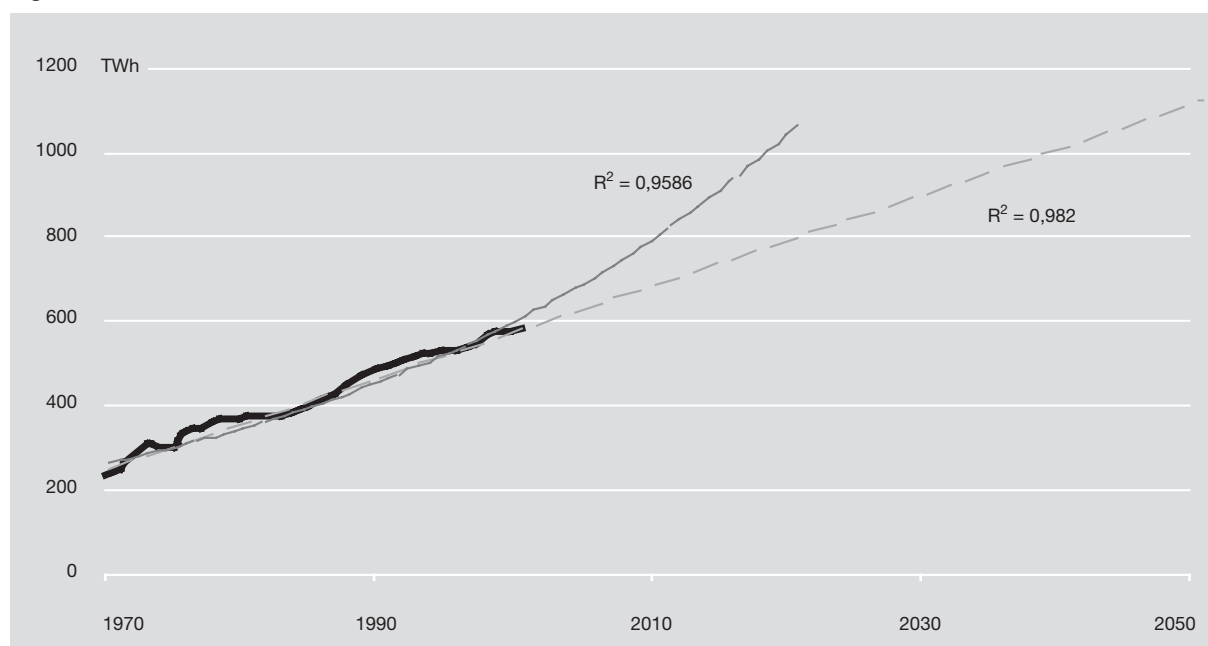


La figure 1 montre le résultat auquel aboutirait une prospective basée sur une croissance géométrique (à taux constant). Il s'agit bien d'un scénario « extravagant » qui ne reflète en aucune façon les tendances passées : le vrai « tendancier » est beaucoup plus linéaire.

### Mobilité

La consommation de carburant et d'électricité pour les transports, évolue également de façon linéaire. Elle est passée de 220 TWh en 1970 à 570 TWh en 2000. La prolongation linéaire conduit à une consommation de 700 TWh en 2020, et 1100 TWh en 2050 (figure 2).

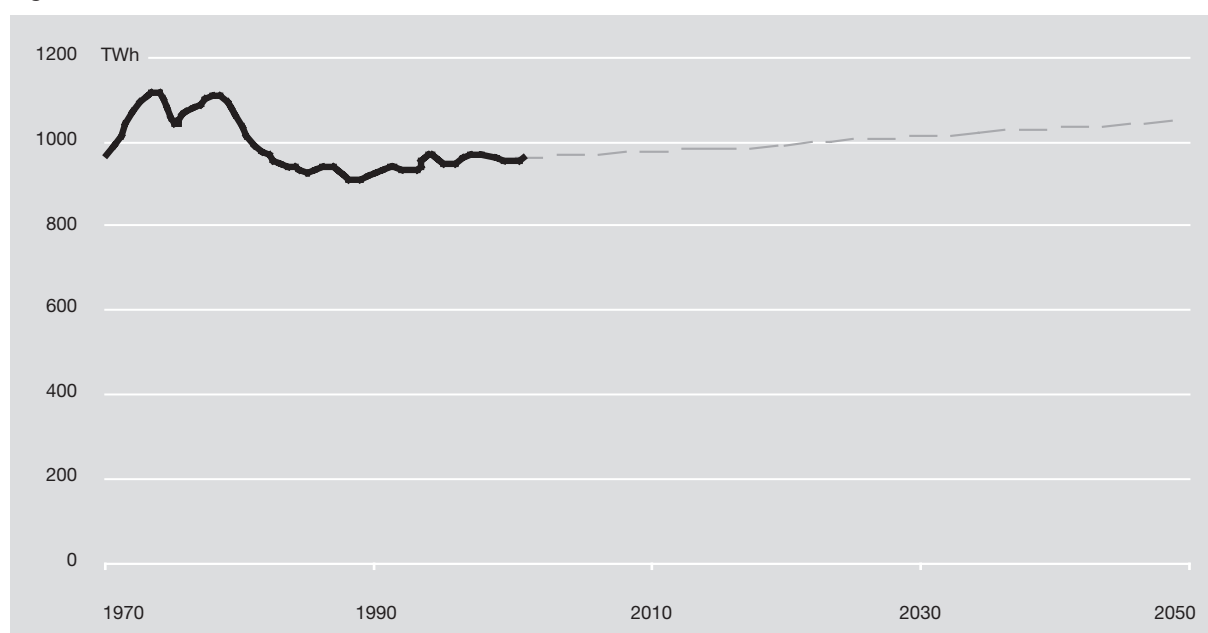
Fig. 2 : Carburants - consommation finale



### Chaleur

La consommation de chaleur, en revanche, a connu un très net infléchissement suite aux chocs pétroliers de 1973 et 1979, passant de 1100 à 920 TWh (figure 3). Elle repart de nouveau à la hausse dans les années 1990. C'est vrai surtout dans le résidentiel tertiaire, qui a pratiquement retrouvé son niveau de 1973, tandis que la consommation de chaleur dans l'industrie diminue encore, au rythme de  $-1,2$  TWh par an.

Fig. 3 : Chaleur - consommation finale



### Principales hypothèses du scénario « tendanciel »

Le scénario « tendanciel » retenu par comparaison au scénario négaWatt est basé sur ces évolutions, à quelques ajustements près : une croissance un peu moins forte dans le secteur des transports (ce calcul résulte d'une analyse plus fine des évolutions à l'intérieur de ce secteur) ; une diminution ralentie dans l'industrie, où d'importants efforts de maîtrise de l'énergie ont déjà été réalisés dans le passé (tableau 1).

Tab. 1 : Scénario « tendanciel » : principales hypothèses (TWh)

	Moyenne 1972-1974	Moyenne 1984-1986	Moyenne 1999-2001	2020	2050	Accroissement 2000-2050 TWh/an
Transports	292,0	394,0	578,0	726,0	1094,0	10,3
Electricité spécifique	133,0	199,0	305,0	448,0	658,0	7,1
Dont résidentiel tertiaire	48,0	99,0	165,0	255,0	387,0	4,4
Dont industrie, agriculture	85,0	100,0	140,0	193,0	272,0	2,6
Chaleur	1087,0	922,0	947,0	1000,0	1069,0	2,4
Dont résidentiel tertiaire	594,0	560,0	602,0	657,0	735,0	2,7
Dont industrie, agriculture	493,0	362,0	345,0	343,0	334,0	-0,2
TOTAL	1512,0	1515,0	1830,0	2174,0	2822,0	19,8

### La valeur des « prospectives »

La consommation finale d'énergie du scénario « tendanciel » se situe entre les scénarios S2 et S3 proposés par le groupe Energie du Plan. Il est très inférieur au scénario S1, qui apparaît comme une véritable rupture avec les évolutions tendancielle<sup>8</sup>.

En examinant des exercices prospectifs analogues réalisés à la fin des années 1970, on constate que le Plan Alter, par exemple, avec 1 600 TWh de consommation finale, s'avère beaucoup plus proche de la réalité constatée (1 850 TWh en l'an 2000) que les prévisions du Plan (2 400 TWh). Ces prévisions sur-évaluées n'ont pas été sans conséquences, puisque l'essentiel de la politique de l'énergie a visé à accompagner une forte croissance de la demande, plutôt que de réaliser une vraie maîtrise de l'énergie.

## Principales hypothèses du scénario négaWatt

Dans le scénario négaWatt les efforts de sobriété et d'efficacité ont été quantifiés par rapport au scénario tendanciel défini ci-dessus, afin d'évaluer l'importance des négawatts par rapport à la production physique proprement dite.

Ce scénario s'appuie donc sur les 3 priorités de la « démarche négaWatt »

- des actions volontaristes et continues de sobriété énergétique,
- la recherche systématique d'une meilleure efficacité dans tous nos usages et tous nos équipements,
- un recours prioritaire aux énergies renouvelables pour la production restant à couvrir après efforts de sobriété et d'efficacité.

## Usages de l'électricité

### L'électricité dans le scénario négaWatt

#### Sobriété

Le scénario négaWatt se fonde sur réduction de la demande d'électricité par différentes actions de sobriété et de réduction des gaspillages telles que la multiplication d'actions incitatives de conseils et de proximité ou des mesures réglementaires en dehors du champ de l'amélioration des équipements<sup>9</sup>.

Au total, ces mesures peuvent, par rapport au tendanciel de référence, générer une diminution de la consommation à partir de 2005 (date d'entrée d'application effective des mesures) de 0,2 à 0,4 % par an selon le type et les secteurs concernés. L'économie ainsi réalisée est de 22 TWh en 2010, et 86 TWh en 2030.

#### Efficacité

Le scénario négaWatt suppose une remise niveau des équipements les plus énergivores. Les économies potentielles ont été évaluées à partir de campagnes de mesures de consommation effectuées sur une grande échelle<sup>10</sup>.

Par ailleurs le scénario évalue également les gains potentiels sur le parc complémentaire *futur* (conséquence de l'augmentation du taux de pénétration de certains équipements) par des actions de renforcement de l'efficacité énergétique par rapport au tendancier de référence.

Enfin le chauffage électrique des locaux (par effet Joule direct) et de l'eau chaude sanitaire est progressivement remplacé par d'autres sources de chaleur.

### Production d'électricité par les renouvelables

Le scénario négaWatt prévoit un recours très volontariste à une combinaison de différentes énergies renouvelables :

#### Hydraulique

Maintien du grand hydraulique a son niveau actuel (65 TWh) sans construction de nouveaux grands barrages. Croissance modérée de la micro-hydraulique (+ 1,5 TWh en 2010, + 4,5 TWh en 2030) pour arriver à un doublement de la situation actuelle en 2050.

#### Eolien

Le potentiel économiquement intéressant aux conditions technologiques actuelles a été estimé comme indiqué sur le tableau 2.

Tab. 2 : Potentiel éolien 2010 - 2050 (puissances installées en GW)

	2010	2030	2050
Terrestre	7	12	20
Off-shore	1	12	30

Par précaution, le scénario négaWatt suppose la mise en service de 75 % de ce potentiel, soit 39,5 TWh/an en terrestre et 75,4 TWh/an en off-shore en 2050.

#### Solaire photovoltaïque

La production d'électricité couplée au réseau par panneaux photovoltaïques intégrés au bâtiment a été estimée selon deux approches distinctes : par référence à une étude européenne<sup>11</sup>, et par analyse des surfaces potentiellement disponibles tant en toiture qu'en façades. Elle conduit à de très forte possibilité de production uniquement à partir des surfaces disponibles (tableau 3).

Tab. 3 : Potentiel photovoltaïque 2010 - 2050 (TWh)

	2010	2030	2050
PV solaire	0,5	9,5	63,0

Il est à noter que dans un rapport officiel prospectif sur les énergies non-nucléaires<sup>12</sup>, une autre estimation avait conduit à 40 TWh pour 2050.

#### Biomasse

La aussi, le potentiel productif est très important (tableau 4).

Tab. 4 : Potentiel de la biomasse 2010 - 2050 (TWh)

	2010	2030	2050
Centrales électriques	1,9	3,9	6,1
Electricité cogénérée	8,1	21,9	43,1

#### Energie de la mer

Les énergies de la mer (courants et vagues), encore à l'état de prototype, ont été évaluées de façon prudente : nulle en 2010, 0,7 TWh en 2030 et environ 10 TWh en 2050<sup>13</sup>.

#### Géothermie en roches profondes

Le scénario négaWatt prévoit de recourir à cette technique dont le potentiel est estimé actuellement à 100 TWh/an<sup>14</sup>, avec une production de 2 TWh dès 2010 et 25% du potentiel, en 2050 soit 25 TWh/an.

## Production non-renouvelable d'électricité

### Nucléaire

Le scénario négaWatt prévoit une fermeture progressive des centrales nucléaires actuelles, sans remplacement par des centrales de nouvelles génération. La production ralentit ainsi régulièrement jusqu'en 2030.

### Charbon et fioul

Fermeture rapide des centrales actuelles thermiques fioul et charbon.

### Gaz naturel

Fermeture après 2010 des centrales thermiques classiques au gaz naturel, et remplacement par des centrales à cycle combinées et à cogénération. Ces centrales permettent en 2030 une production de 240 TWh, puis sont progressivement remplacées, dans les années 2030-2050, par la croissance de la production d'électricité d'origine renouvelable.

## Electricité : principaux résultats

Par rapport au scénario tendanciel de comparaison, les principales tendances sont les suivantes :

- Une forte réduction de la demande à 416 TWh<sup>15</sup> en 2050 soit un facteur 2,2 avec le tendanciel : cela revient en fait à stabiliser la consommation à son niveau de 1994.
- La possibilité de recourir de façon très importante aux renouvelables, avec 342 TWh en 2050 (soit 4,5 fois la production actuelle). Ce niveau, qui peut paraître très important, est en fait atteint sans recourir au maximum du potentiel recensé, et avec les technologies et la productivité d'aujourd'hui.

Tab. 5 : Demande intérieure brute d'électricité (TWh)

		2000	2010	2030	2050
Tendanciel	Total	472	561	735	910
Sc narioén gaWatt	n gaWatts(sobri t )	0	-22	-88	-167
	n gaWatts(efficacit )	0	-75	-194	-326
	Total	472	464	453	416
	Renouvelables	76	103	192	342
	Fossileséetéfissiles	396	360	360	74

Le basculement de la production française d'électricité vers un mix d'énergies renouvelables peut donc d'opérer sur les 50 prochaines années, à la condition impérative d'appliquer dès maintenant une forte politique de réduction de la demande : sans elle-ci les effets positifs d'une forte production par les renouvelables (+ 266 TWh) seront en effet totalement effacés et au-delà par l'accroissement de la demande (+ 438 TWh).

Ce recours aux renouvelables s'effectue avec une forte disparité sur la nature modulable ou au contraire intermittente de l'énergie produite, ce qui atténue sensiblement les problèmes de réseaux : ainsi seuls 27 % de la production (photovoltaïque et éolien terrestre) pourraient être considérés comme une production très intermittente. Cette valeur est déjà considérée comme gérable dans plusieurs régions européennes (Navarre, Danemark, Schelswig-Holstein).

Jusqu'en 2040 le recours à des centrales gaz à cycle combinés ne pose en tous cas pas de problème majeur de pénétration progressive des renouvelables.

## Mobilité

### La mobilité dans les scénarios tendanciels et négaWatt

#### Situation actuelle et tendance

Situation actuelle : 560 TWh de carburants + 10 TWh d'électricité.

Les véhicules particuliers représentent la moitié de cette consommation (280 TWh). Les 26 millions de véhicules des ménages parcourent en moyenne 14.400 km par an, soit 380 milliards de km par an. La consommation unitaire est de 7,6 litres/100 km, soit 0,71 kWh/km.

**L'essentiel ...**

Par rapport à un doublement tendanciel de la consommation d'énergie dans les transports, le scénario négaWatt vise à assurer :

- un service final supérieur de 35 % par rapport à aujourd'hui en terme de nombre de passagers-kms ou tonnes-kms,
- une efficacité globale (kWh par passager ou tonne-km) doublée, grâce à l'utilisation rationnelle des transports (doublement de la part des mode de transport sobres et efficaces : rail, tramway, bus, voie fluviale) et à l'amélioration des rendements des moteurs.

Il conduit à une réduction de 40 % par rapport à la consommation actuelle (60 % pour les carburants fossiles).

Les véhicules utilitaires et camions constituent le second poste (180 TWh), avec 92 milliards de tonnes-kilomètres en 2000 pour les transports de marchandises par poids lourds (100 TWh), les véhicules utilitaires (80 TWh). S'y ajoutent enfin pour le transport des voyageurs et des marchandises les transports aériens (70 TWh), maritimes et fluviaux (11 TWh hors soutes internationales), le train, bus, métro (30 TWh dont le tiers par trains et métro à propulsion électrique).

Globalement, la demande de mobilité est tendanciellement à un doublement sur 50 ans, pour pratiquement tous les modes de transport.

**Scénario négaWatt**

La sobriété consiste à agir sur les besoins de mobilité : urbanisme (mesure de long terme), co-voiturage, télé-travail. S'y ajoute un recours accru aux transports collectifs, beaucoup moins énergivores que les véhicules particuliers. Ces actions sont en mesure de compenser la hausse tendancielle du kilométrage parcouru, avec un service rendu (passagers-kilomètres) supérieur.

La consommation unitaire moyenne du parc existant est passée de 8,55 l/100 km en 1988, à 7,61 l en 2000. Dans le scénario « tendanciel » de référence, elle est estimée à 6,1 l/100 km en 2050, soit -0,4 % par an, à comparer à -1% par an sur la période 1988-2000 : l'amélioration des rendements est contrebalancé en partie par l'augmentation de la puissance.

Le scénario négaWatt vise une consommation de 4,1 l/100 km en 2050 pour les moteurs à combustion interne, soit -1,25 % par an : un progrès similaire à celui constaté sur 1988-2000. Cette consommation reste encore supérieure au potentiel technique, puisque dès à présent l'on commercialise des véhicules dont le niveau de consommation est proche de cette valeur.

En outre, le scénario négaWatt considère une augmentation du parc de véhicules propulsés à l'électricité ou par pile à combustible, dont les rendements sont supérieurs d'un facteur 2 à 3 à celui des moteurs thermiques actuels (bien que cet écart se réduise du fait de l'amélioration des rendements des moteurs thermiques). Cette évolution reste modeste en 2010 (4 % en termes de kilométrage), puis atteint progressivement le tiers du kilométrage parcouru en 2050.

La combinaison de ces mesures conduit à une diminution de la consommation des véhicules particuliers à 130 TWh contre 280 TWh aujourd'hui.

Des actions du même type sont entreprises pour le transport des marchandises, selon les mêmes principes : sobriété, rationalité (report du trafic vers les solutions les plus performantes : rail, voies fluviales, cabotage), efficacité (amélioration des rendements, véhicules utilitaires électriques ou hybrides...).

Un effort significatif est fait sur le transport aérien, pour limiter la consommation tendancielle (160 TWh en 2050) à un niveau identique au niveau actuel : report vers les transports ferroviaires pour les trajets moyenne distance, taxation des trajets « low cost », amélioration de l'efficacité (rendement des turbines).

**Mobilité : principaux résultats**

Globalement, en termes de demande sociale (milliards de passagers-kms ou milliards de tonnes-km), le scénario négaWatt assure un service supérieur de 35 % par rapport à aujourd'hui, avec un doublement de la part des transports de voyageurs et marchandises par bus ou rail.

Par rapport au scénario « tendanciel », les actions de sobriété et d'usage rationnel des transports permettent de ralentir la hausse de la consommation à 660 TWh (contre 570 aujourd'hui) : le gain par rapport au scénario « tendanciel » (1.000 TWh en 2050) est de l'ordre de 400 TWh. L'efficacité (moteurs sobres, véhicules électriques) permet de diviser cette consommation par deux, pour aboutir à une consommation finale totale de 330 TWh.



La consommation de carburants diminue à 290 TWh (- 270 TWh par rapport à aujourd'hui), grâce à l'amélioration des rendements des moteurs thermiques et aux modes de transport électriques (train, tramway, métro, véhicules électriques) qui passent de 10 à 60 TWh.

La fourniture de carburants est assurée pour l'essentiel par des énergies fossiles (210 TWh de produits pétroliers, 20 TWh de gaz naturel), et par des biocarburants (50 TWh).

## Chaleur

### L'essentiel :

Par rapport à une augmentation tendancielle modérée de la consommation d'énergie pour la fourniture de chaleur, le scénario négawatt vise à assurer un service final supérieur à aujourd'hui en terme de surface chauffée et de confort, avec une efficacité globale (kWh par m<sup>2</sup>) doublée pour le chauffage des locaux, et améliorée de 30 % dans l'industrie.

Le ratio de consommation de chauffage, 50 kWh/m<sup>2</sup>, reste supérieur à un potentiel « technique » de moins de 30 kWh réalisable dès à présent, pour tenir compte de l'inertie du parc de bâtiments. Dans l'industrie, la diminution de la consommation correspond à une amplification de l'évolution tendancielle à la baisse.

Il conduit en 2050 à une réduction de 30 % par rapport à la consommation actuelle.

La fourniture d'énergie pour la chaleur est assurée pour l'essentiel par des énergies renouvelables. Un tiers de la chaleur utilisée est distribuée par des réseaux urbains alimentés par des chaufferies et centrales de cogénération au gaz naturel, biomasse, géothermie.

## La chaleur dans les scénarios tendanciel et négaWatt

Situation actuelle : 880 TWh de combustibles et 70 TWh d'électricité pour le chauffage et l'eau chaude sanitaire (dans le résidentiel et le tertiaire).

Le chauffage des bâtiments représente la plus grande partie de cette consommation : près de 460 TWh.

La consommation unitaire dans le résidentiel est de l'ordre de 120 kWh par m<sup>2</sup>. La réhabilitation des bâtiments peut permettre de diviser cette consommation par 3, à moins de 30 kWh/m<sup>2</sup>. Compte tenu de la forte inertie du parc, on considère que la réhabilitation permettra de réduire la consommation moyenne sur l'ensemble du parc résidentiel et tertiaire, à 50 kWh par m<sup>2</sup> à l'horizon 2050, soit une économie de l'ordre de 60 %.

Le second poste de consommation est la chaleur utilisée dans l'industrie. Le potentiel d'économies reste important. Le scénario tendanciel postule sur un arrêt de la tendance enregistrée depuis 15 ans. Si cette tendance est au contraire amplifiée, le potentiel d'économie peut atteindre 120 TWh.

Au total, les économies sur les usages actuels sont de l'ordre de 400 TWh, soit près de 40 % de la consommation de chaleur.

La hausse des consommations, qui correspond à de nouveaux usages de confort « chaleur », peut être limitée en appliquant des principes de sobriété et d'efficacité, dès la conception des équipements et des bâtiments. Le scénario suppose une amélioration de l'efficacité de 50 % pour ces nouveaux usages, permettant de limiter la croissance à 60 TWh.

Si l'on compare ces nouveaux usages aux consommations actuelles, ces 60 TWh représentent 11 % de services supplémentaires fournis.

Au total, les usages « chaleur » représentent 640 TWh en 2050.

## Chaleur : résultats

Les résultats du scénario négaWatt sont présentés sur le tableau 6.

La chaleur est fournie par différents vecteurs :

Le solaire thermique dans le résidentiel et le tertiaire : 80 TWh.

La chaleur : 350 TWh dont 200 TWh distribués par réseaux de chaleur pour le résidentiel et le tertiaire, et 130 TWh dans l'industrie. La chaleur est produite par des centrales de cogénération au gaz naturel (60 TWh), des centrales de cogénération ou des chaufferies alimentée par biomasse (230 TWh) et géothermie (60 TWh).

Les combustibles : 170 TWh dont 50 TWh de produits pétroliers, 60 TWh de gaz naturel, et 70 TWh de biocombustibles.

Tab. 6 : Résultats du scénario négaWatt 2050

	Chauffage résidentiel	Chauffage tertiaire	ECS, Cuisine	Industrie, Agriculture	TOTAL
Demande actuelle	340	120	160	350	970
Sobriété, efficacité	-190	-70	-16	-120	-396
évolution	-56%	-58%	-10%	-34%	-41%
Demande 2050 / usages actuels	150	50	144	230	574
Evolution tendancielle	60	30	40	-10	120
Sobriété, efficacité sur usages futurs	-24	-16	-16		-56
Nouveaux usages 2050	36	14	24	-10	64
Accroissement usages	24%	28%	17%		11%
Demande totale 2050	186	64	168	220	638
	55%	53%	105%	63%	66%

L'électricité : une consommation résiduelle d'électricité pour le chauffage et l'ECS est maintenue pour les locaux à faible occupation et en appoint.

La distribution de chaleur par réseaux permet de valoriser la chaleur cogénérée et des ressources renouvelables. Le scénario suppose une multiplication par 8 des réseaux de chaleur, distribuant la moitié de la chaleur utilisée dans le résidentiel et le tertiaire : par exemple 2/3 des bâtiments urbains et 1/5 des bâtiments ruraux. Ces réseaux peuvent être de toute taille et desservir aussi bien un bourg rural qu'un quartier urbain.

Actuellement, la couverture des besoins en chaleur est assurée à 88% par des combustibles fossiles, dont 20 % de chaleur cogénérée, et à 12 % par des sources renouvelables. A l'horizon 2020, ces parts sont respectivement de 77% pour les fossiles, dont 20 % de chaleur cogénérée, et de 23 % pour les renouvelables (ce qui correspond à une croissance de 60 % de la fourniture d'énergies renouvelables, du fait de la diminution de la consommation) - (tableau 7).

Tab. 7 - Fourniture de chaleur (hors électricité)

Fourniture de chaleur (hors électricité)	2000	2020	2050
Combustibles fossiles	778	451	99
Chaleur cogénérée gaz	0	148	56
Renouvelables	110	180	452
TOTAL	888	779	606
part renouvelables	12%	23%	75%

## La France du scénario négaWatt

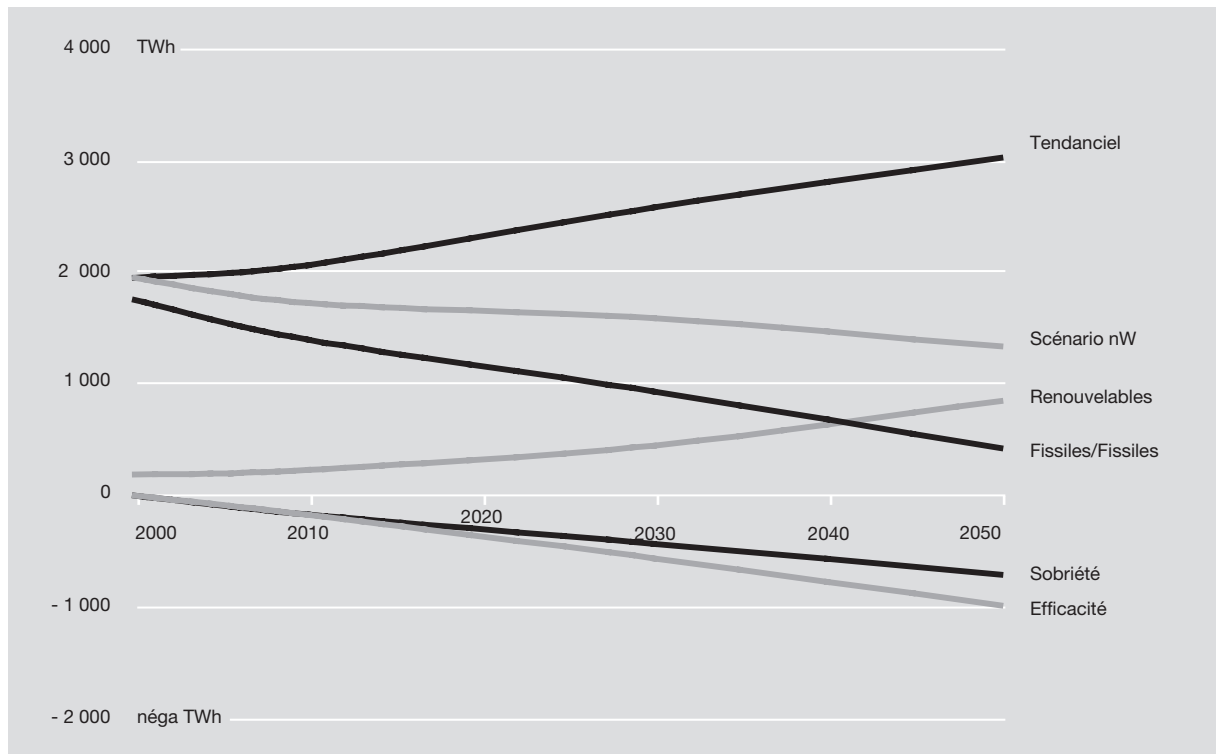
### Un paysage énergétique profondément renouvelé

Ces résultats révèlent avant tout l'impact considérable d'une inflexion volontariste dans le sens d'une politique de sobriété et d'efficacité énergétique : le scénario « tendanciel » consomme 3 fois plus d'énergie primaire que le scénario « négaWatt » (augmentation de 65 % par rapport à aujourd'hui), et émet 5 fois plus de carbone (augmentation de 80 %).

Les gisements de négawatts sont considérables : ils représentent 67 % de la consommation tendancielle. En d'autres termes, sur 10 kWh de besoins énergétiques prévisionnels à l'horizon 2050, près de 7 peuvent être « produits » par des négawatts et les 3 autres effectivement fournis par une production physique dont près de 2 par les renouvelables.

Dans ce scénario 2050 les énergies renouvelables représentent en effet 64 % de la production primaire totale, diminuant très fortement notre dépendance actuelle vis-à-vis des ressources fossiles (pétrole, gaz, charbon et uranium). La production d'électricité est assurée à plus de 80 % par une combinaison d'énergies renouvelables (photovoltaïque, éolien, hydraulique, co-génération ex-biomasse), le reste par le gaz naturel.

Fig.4 : Consommations d'énergie finale 2000-2050



## Une utilisation plus performante de l'énergie

Le système français de production d'énergie devient beaucoup plus performant dans le scénario négaWatt. La chaleur perdue par les « machines thermodynamiques » (centrales thermiques, moteurs des véhicules) représente en effet près de la moitié de la consommation d'énergie primaire aujourd'hui. Dans le scénario négaWatt, cette quantité est très fortement réduite :

Quasi disparition des centrales de production d'électricité sans récupération de chaleur (32 à 38 % de rendement sur 86 % du parc actuel) : seules subsistent quelques centrales à gaz à cycle combiné contribuant à couvrir les pointes de consommation d'électricité,

Forte amélioration du rendement énergétique du parc de véhicules.

Dans le scénario négaWatt, le rendement global de notre système énergétique est supérieur à 75 %, contre environ 46 % aujourd'hui (tableau 8). Ce résultat est la conséquence directe des choix de moyens de production d'électricité et de véhicules sobres.

Tab. 8 : Rendement du système énergétique

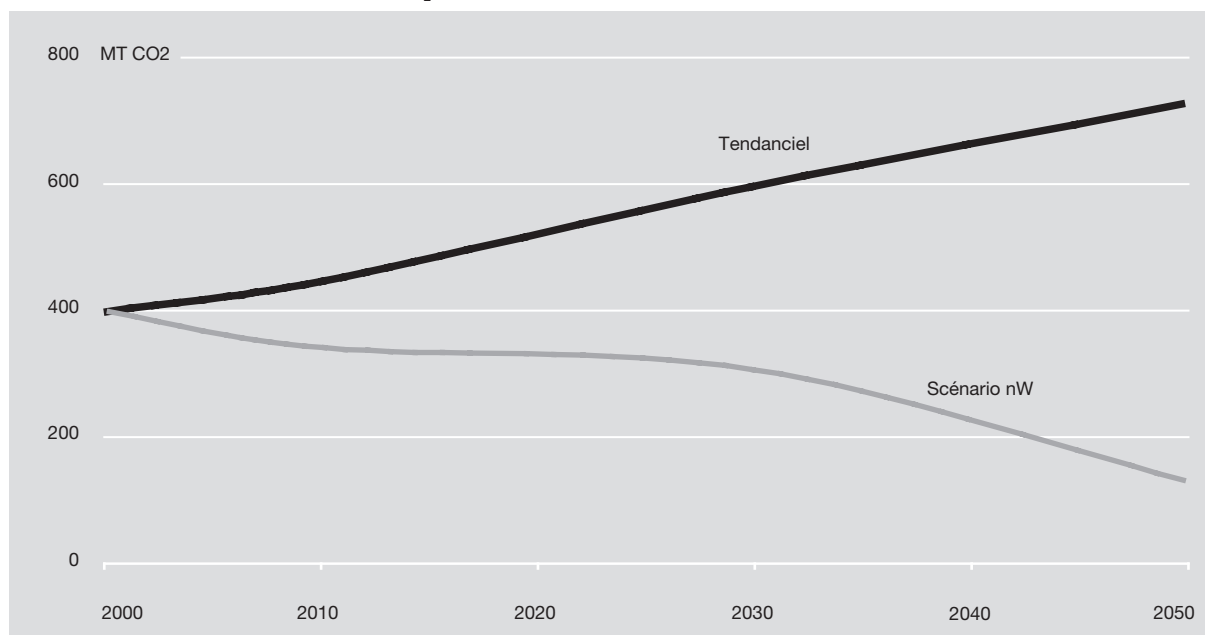
	Actuel	« Tendanciel » 2050	« négaWatt » 2050
Ratio « énergie finale » sur « énergie primaire »	67%	64%	93%
ratio « énergie utile » sur « énergie finale »	69%	68%	83%
rendement global du système énergétique	46%	44%	77%

## Une forte décarbonisation de nos émissions

Le scénario négaWatt permet de stabiliser puis de réduire notre consommation primaire d'énergie en 2050 à 54 % de sa valeur actuelle. Il limite nos émissions de gaz à effet de serre dues à la production et à la consommation d'énergie à 2,0 tonnes d'équivalent CO<sub>2</sub> par personne, contre 6,7 actuellement, soit une réduction de 67 % (tableau 9).

Tab. 9 : Emissions de gaz à effet de serre

	Actuel	« Tendancier » 2050	« négaWatt » 2050
Energie primaire, en millions de tonnes équivalent pétrole	240	395	129
Dont énergies fossiles :	133	258	47
Millions de tonnes CO2	395	724	129
Variation par rapport à aujourd'hui	-	80%	-67%
Tonnes d'équivalent CO2 par habitant	6,7	11,1	2

Fig. 5 : Evolution des émissions de CO<sub>2</sub>

## Ni retour à la bougie, ni poêle à charbon

La France 2050 du scénario négaWatt n'est pas une France immobile : les voitures circulent, mais plus sobrement (4,1 l aux 100 kms pour 11 000 kms parcourus en moyenne annuelle), l'explosion des besoins énergétiques dus à la mobilité est contenue, puis réduite à la moitié de sa valeur actuelle.

La France du scénario négaWatt n'est pas totalement couverte d'éoliennes, ni de capteurs solaires. La production en énergies renouvelables a été évaluée raisonnablement par rapport au potentiel exploitable : par exemple 0,7 m<sup>2</sup> de capteurs solaires thermiques pour la production d'eau chaude par habitant, l'équivalent d'une place de parking par habitant en solaire photovoltaïque. Les surfaces correspondantes sont déjà disponibles sur nos bâtiments et infrastructures : il n'y a donc pas de concurrence pour l'usage des sols. De même, Le potentiel biomasse repose essentiellement sur la mobilisation de résidus et déchets, bien plus que sur des productions de bioénergies qui mobiliseraient des terres cultivables. L'utilisation de ces résidus participe en outre à une meilleure gestion de l'espace et de l'environnement.

La France du scénario négaWatt ne retourne pas au poêle à charbon et ne s'éclaire pas à la bougie : les logements sont chauffés avec moins de pertes après une très large réhabilitation du parc existant.

Enfin la France du scénario négaWatt continue à utiliser l'électricité : elle a simplement stabilisé sa consommation à son niveau de 1994, ce qui signifie qu'en réalité, grâce aux gains en efficacité, le «service rendu» par l'électricité double par rapport à aujourd'hui.

Ces résultats ne sont pas extraordinaires : différentes études européennes sur des « sociétés sobres en carbone et en énergie » ont donné des résultats similaires en Allemagne (-80 % sur les émissions de carbone en 2050), en Suisse (-60 % en 2030), aux Pays-Bas (-80 % en 2050) et au Royaume-Uni (-60 % en 2050).

Toutes aboutissent à des conclusions très semblables : un scénario négaWatt est possible à la condition impérative d'amorcer dès maintenant ce basculement majeur dans notre système de production et de consommation d'énergie.

Enfin ce scénario met en phase la France avec les grands objectifs mondiaux de retour à l'équilibre environnemental : une consommation en énergie primaire de 2,0 Mtep par personne et par an et une émission annuelle de 2,0 tonnes d'équivalent CO<sub>2</sub> par personne.

## Un scénario de non-regret

### Un scénario qui réduit les risques

Le modèle énergétique sur lequel est fondée notre société fait peser sur nos épaules et celles de nos descendants toutes sortes de risques :

- risques planétaires comme le changement climatique ou la prolifération des matières radioactives,
- risques géostratégiques comme la guerre pour les ressources ou le terrorisme international,
- risques industriels comme les marées noires ou les accidents nucléaires,
- risques environnementaux localisés comme la pollution atmosphérique ou celle des milieux naturels,
- risques individuels tels les accidents routiers ou les maladies professionnelles.

Certes, une société sans risques n'existe pas, et n'est probablement pas souhaitable. Encore faut-il pour qu'ils puissent être «pris» et assumés qu'ils soient préalablement identifiés et discutés par ceux qui auront à les subir. Encore faut-il aussi que leur réalisation n'entraîne pas des conséquences irréversibles.

Contrairement à la fuite en avant du «laisser-faire» et au mythe de la «rupture technologique» - qui ont en commun de remettre à plus tard la recherche des solutions, ce qui revient à aggraver les problèmes - le scénario négaWatt permet de commencer dès aujourd'hui à limiter la plupart de ces risques, en cherchant à éliminer dès que possible ceux qui sont insupportables.

Dans un monde aussi incertain et dangereux que le nôtre, cette «éthique du non-regret» est la seule voie raisonnablement et humainement envisageable pour les décideurs politiques, mais aussi pour chacun d'entre nous, tant la responsabilité que nous aurions tous à assumer «au cas où» serait écrasante.

Elle ne doit pas être vécue comme une contrainte supplémentaire, mais au contraire comme la seule véritable manière de desserrer les contraintes. C'est pourquoi nous devons l'adopter avec un optimisme certes mesuré, mais certainement pas «à reculons» !

### Un scénario qui ne repose pas sur des impasses

Sur la voie étroite entre le souhaitable et le possible, le choix initial de ne prendre en compte que les faits établis et les technologies aujourd'hui disponibles permet au scénario négaWatt de conserver d'importantes marges de manœuvre. Dans la mesure où il n'épuise pas toutes les hypothèses et éventualités qui peuvent se présenter dans les 50 ans à venir, il n'est donc pas seulement réalisable, il est clairement réaliste, voire prudent sur certains aspects.

Le scénario ne fait par exemple aucun pari sur une hypothétique rupture technologique majeure, telle que la mise au point de dispositifs de stockage de l'électricité performants et bon marché, un accroissement spectaculaire du rendement du photovoltaïque ou l'avènement accéléré d'une société de l'hydrogène.

Par ailleurs, il reste des marges de progression en termes d'efficacité énergétique et d'économie de matières (éclairage à partir de LEDs, les vitrages à très hautes performances ou les possibilités de la gestion domotique).

De même le potentiel de production des énergies renouvelables est loin d'être saturé. Ainsi, en 2050, la ressource éolienne raisonnablement accessible avec les technologies d'aujourd'hui n'est exploitée qu'à 75 %, celle de la géothermie des roches profondes qu'à 25 %. Quant au solaire, thermique et photovoltaïque confondus, il n'occupe que 4% des surfaces déjà bâties alors qu'il pourrait atteindre le double sans aucune concurrence du sol (et encore ne prend-on pas en compte des surfaces non bâties utilisables tels que parkings, bordure de routes).

Enfin, les performances des énergies renouvelables (rendements, disponibilité, fiabilité) sont celles d'aujourd'hui, alors que des progrès sont certains sur cette durée.

## Un scénario économiquement bénéfique

A contre-pied d'affirmations péremptoires ou d'idées reçues, un scénario négaWatt n'est pas une catastrophe pour l'économie. C'est même tout le contraire !

Outre des gains d'efficacité pour toutes les entreprises consommatrices, il offre des opportunités de développement, notamment pour les PME-PMI dans des secteurs aussi variés que le bâtiment (construction économe et plus encore réhabilitation), la fabrication de composants et de matériaux, les études technico-économiques, les services énergétiques ou la maintenance. Mieux : si elles peuvent s'appuyer sur un marché domestique crédible pour exporter leurs savoir-faire et leurs produits «négaWatts», nos entreprises auront de bonnes chances de figurer parmi les gagnants de la course mondiale à l'efficacité énergétique et aux énergies renouvelables. Un bon exemple à cet égard est celui de l'industrie éolienne d'un pays aussi petit que le Danemark, premier exportateur mondial depuis 20 ans.

Il faut faire cesser la concurrence déloyale des énergies conventionnelles dont les prix ne reflètent pas les coûts sociaux et environnementaux à court et plus encore à long terme. Une solution s'impose pour compenser cette anomalie et favoriser les comportements énergétiquement vertueux : la réorientation de la fiscalité. Mais réorientation ne veut pas nécessairement dire alourdissement : si les mécanismes et les taux sont correctement calculés et régulièrement ajustés, cette «remise dans le bon sens» peut très bien se faire à pression fiscale équivalente voire, si la réponse des entreprises dépasse les prévisions, ce qui est souhaitable, conduire à une baisse de cette pression.

Du reste, ce besoin de compensation ne doit n'être considéré que comme un coup de pouce transitoire à une industrie naissante, un signal tangible donné aux opérateurs économiques de la direction à prendre. A moyen terme, les gains de productivité, les courbes d'apprentissage industriel et les économies d'échelle de la plupart des filières concernées, que ce soit dans le domaine des matériaux et produits efficaces ou dans celui des énergies renouvelables, permettront de rattraper ce décalage dû pour l'essentiel à des raisons purement historiques d'antériorité, et non à des caractéristiques intrinsèques.

## Un scénario socialement positif

Les bénéfices sociaux du scénario négaWatt sont multiples.

Tout d'abord il permet de très nombreuses créations d'emplois : le programme de réhabilitation des logements existants est susceptible de créer l'équivalent de 300 000 emplois permanents à temps plein dès les premières années de son lancement. Plusieurs milliers d'autres (5 à 10 000) pourraient être créés dans le conseil et l'étude technique en maîtrise de l'énergie, gagés sur les économies financières générées. En ce qui concerne les énergies renouvelables, si l'on se réfère aux expériences étrangères, l'éolien à lui seul fournirait 40 000 emplois en 2010, plus de 100 000 en 2030 et plus de 200 000 en 2050, le photovoltaïque respectivement 25 000, 40 000 et 150 000, même en tenant compte des gains de productivité prévisibles. Quant à l'exploitation de la biomasse, elle permettrait de maintenir au moins partiellement en activité une part importante de nos agriculteurs alors que la réforme de la PAC est vécue comme une menace sur l'emploi agricole. Elle créerait par rapport à la situation d'aujourd'hui 10 000 emplois nouveaux en 2010, 45 000 en 2030 et 150 000 en 2050. Au total, l'hypothèse de 500 000 emplois directs en 2030 et 1 000 000 en 2050 semble raisonnable.

Au-delà de la quantité, il faut aussi regarder la qualité des ces nouveaux emplois. Pour la plupart non-délocalisables car liés à un territoire ou pour le moins à des débouchés régionaux ou nationaux, leur contribution au développement local et à l'aménagement du territoire serait considérable. S'agissant souvent d'emplois à faible contenu en capital, leur pérennité serait assurée dans de bonnes conditions. De plus, ils offriraient une très grande diversité en termes de niveau de connaissance, de qualification et de contenu d'activité, autant d'éléments de solidarité et de complémentarité propres à renforcer la cohésion sociale.

Enfin, les conditions de vie de tous seraient améliorées, à commencer par celles des plus pauvres d'entre nos concitoyens : réduire les besoins d'énergie pour se chauffer, s'éclairer et se déplacer, c'est aussi contribuer à n'avoir pas que la survie quotidienne comme ligne d'horizon.

## Un scénario éthiquement soutenable

Le relâchement des tensions internationales et des risques de guerre autour de l'énergie, dont les événements récents se sont chargés de nous rappeler toute l'actualité et l'acuité, ainsi que le souci de la survie dans des conditions acceptables des générations futures figurent en bonne place parmi les fondements éthiques de la démarche négaWatt.

Comme nous ne sommes pas seuls sur Terre, le scénario négaWatt permettra aussi à notre pays d'apporter sa contribution à l'objectif commun de l'humanité qui devrait être de rendre ce monde un peu plus vivable pour nos contemporains et ceux qui vont nous succéder.

Les compétences, les savoir-faire et les expériences qui auront été acquis, mais aussi les produits et les services qui auront été créés et développés par la mise en œuvre de la démarche négaWatt pourront et devront être mis à la disposition des pays en développement. Elle leur permettra de mieux valoriser eux aussi leurs propres ressources, de sortir ainsi de la dépendance énergétique qui les maintient pour leur grande majorité dans la misère et d'aller directement à la case «développement équilibré et soutenable» sans perte de temps.

Héritière de son histoire et de sa géographie, la France aurait l'opportunité de s'honorer de clore définitivement la page coloniale et néo-coloniale de cette façon. Dans cette perspective, les départements et territoires d'outre-mer devraient avoir un rôle moteur d'expérimentation et de démonstration du scénario négaWatt dans un climat et une culture non-européenne, première étape du transfert des «technologies appropriées» vers ceux qui en ont le plus besoin.

## Agir dès aujourd'hui

Scénario de rupture, le scénario négaWatt n'est pas un scénario à risque. Bien au contraire, c'est la « poursuite comme avant » qui engendre et multiplie les risques pour notre société, notre environnement et pour les générations qui vont nous suivre.

Si « gouverner, c'est prévoir », alors il faut lancer la mise en œuvre du scénario négaWatt sans plus tarder !

Certes l'application du scénario négaWatt est politiquement difficile, tant sont grands la force de l'habitude, les intérêts sectoriels, la gestion à court terme : n'ayant rien à vendre, les négawatts n'ont pas de lobby pour les soutenir, et la démarche proposée, exigeante, se prête mal à la démagogie.

Mais plutôt que de subir demain dans les pires conditions ce que l'on sait être inéluctable comme l'épuisement des ressources fossiles et fissiles, les contraintes environnementales ou les risques technologiques majeurs, il est beaucoup plus intelligent - et rentable - d'anticiper ces problèmes, n'étant de plus pas à l'abri d'une accélération des contraintes et risques pour des raisons plus ou moins prévisibles.

De plus en plus nombreux sont les pays industrialisés, notamment parmi nos partenaires européens, qui semblent avoir compris ces enjeux et prennent des mesures fortes amorçant une transition énergétique vers un modèle proche de la démarche négaWatt, sobre en énergie et en émissions de carbone. On notera d'ailleurs que chaque pays suit un modèle différent, adapté à sa culture, à son histoire et à son territoire, autre expression de la diversité intrinsèque des ressources renouvelables.

Il ne s'agit pas bien sûr de suivre sans raison un mouvement, mais de permettre à la France de se joindre enfin sérieusement à l'effort commun qui se met progressivement en marche.

Le scénario négaWatt est donc finalement un scénario d'équilibre, permettant à notre pays de s'engager dans ce siècle dans une relation plus harmonieuse avec son environnement, grâce à une rupture salutaire avec notre façon de consommer et de produire l'énergie.

## Notes

### Edito

- <sup>1</sup> Il l'a malheureusement été beaucoup moins dans le cadre du débat national, ses animateurs ayant refusé toute participation financière aux frais de diffusion de ce document pour lui préférer les pubs plus ou moins déguisées mais gratuites d'entreprises comme Areva.
- <sup>2</sup> On trouvera les actes complets de ce débat sur le site [www.vrai-debat.org](http://www.vrai-debat.org)

### L'Europe bouge

- <sup>3</sup> Dans la suite de cet article, les équivalences utilisées pour convertir l'électricité en énergies primaires sont les équivalences internationales maintenant adoptées par l'Observatoire de l'énergie du Ministère de l'Industrie.
- <sup>4</sup> On doit évidemment tenir compte de l'effet de la réunification : l'intensité énergétique de l'Allemagne de l'Est était très élevée et a considérablement baissé. Cependant l'amélioration de l'efficacité énergétique s'est poursuivie au-delà de cet effet particulier.
- <sup>5</sup> Voir ci-après l'article de Olivier Deleuze, Secrétaire d'Etat à l'Energie et au Développement durable.
- <sup>6</sup> Dans une fourchette de 20 à 40 \$ le baril de pétrole et 3,2 à 6 \$ par BTU en 2050.

### Scénario négaWatt

- <sup>7</sup> Milliards de kWh. Equivalence : 1 Mtep = 11,62 TWh en énergie finale (comptabilité internationale).
- <sup>8</sup> Et il est donc très différent du scénario 2020 dit « tendanciel » élaboré par la DGEMP.
- <sup>9</sup> Voir les 23 propositions du « Manifeste négaWatt » téléchargeable sur [www.negawatt.org](http://www.negawatt.org)
- <sup>10</sup> On trouvera une liste détaillées des économies potentielles 2010-2020 par types d'équipement dans le document « La Maîtrise de la Demande d'Electricité » de l'association négaWatt (rédaction Olivier SIDLER), 25 avril 2003.
- <sup>11</sup> Etude prospective de EPIA (European Photovoltaic Industry Association) et Greenpeace.
- <sup>12</sup> « La prospective technologique des filières non nucléaires », Claverie, Clément, Girard, 2000.
- <sup>13</sup> Le « Livre Blanc » réalisé récemment en Royaume-Uni y recourt de façon plus beaucoup plus intensive.
- <sup>14</sup> Source : ADEME, « Les enjeux renouvelables du débat sur les énergies », 2002.
- <sup>15</sup> 367 TWh d'électricité finale + 49 TWh d'autoconsommations d'électricité et pertes réseau.

### Transports

- <sup>16</sup> La consommation de pétrole par le transport a augmenté de 70% entre 1973 et 2000.

### Chaleur

- <sup>17</sup> Association Négawatt, association loi 1901 : <http://www.negawatt.org>
- <sup>18</sup> Selon Amory Lovins, fondateur du Rocky Mountain Institute : <http://www.rmi.org>
- <sup>19</sup> Sources : Observatoire de l'Energie, Direction Générale de l'Energie et des Matières Premières (DGEMP), Agence Internationale de l'Energie.

### Une loi d'orientation ?

- <sup>20</sup> CLER : Comité de Liaison des Energies Renouvelables.