

# énergie <sup>Plus</sup>

MAÎTRISER L'ÉNERGIE DURABLEMENT

15 FÉVRIER 2017

580

## 10 ACTUALITÉS

*Un million d'emplois  
dans le climat d'ici 2020 ?*

## 14 ÉNERGIE & CLIMAT

# Avec négaWatt, la transition c'est maintenant !

## 19 ÉNERGIE & CLIMAT

*Le difficile remplacement  
des HFC*

# Sobriété, efficacité, EnR : le trio toujours gagnant pour négaWatt

Six ans après la publication de son dernier scénario, l'association négaWatt remet le couvert avec une version consolidée et actualisée. En gardant le fondement de sa démarche basée sur la sobriété, l'efficacité et les énergies renouvelables, négaWatt montre que cette transition est possible, et même la seule capable de réduire drastiquement nos émissions de gaz à effet de serre.

À trois mois de l'élection présidentielle, l'association négaWatt (nW) a remis sur la place publique son scénario de transition énergétique. Les candidats défendront-ils ce thème dans leur campagne ? À défaut d'en être sûr, on notera que trois d'entre eux étaient présents lors de la présentation de la nouvelle version du scénario le 25 janvier : Yannick Jadot (EELV), Jean-Luc Mélenchon (La France insoumise) et Charlotte Marchandise (candidate citoyenne). Les représentants de la Compagnie des

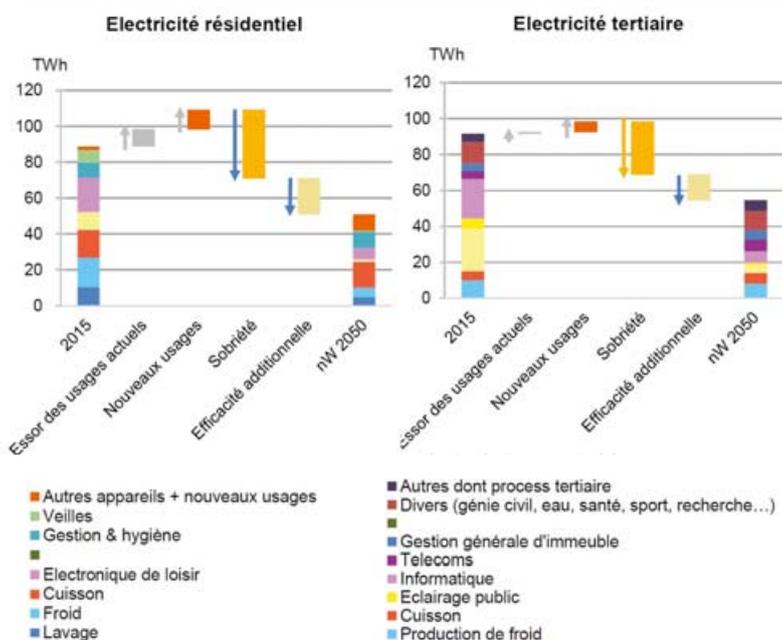
négaWatts<sup>(1)</sup> étaient là pour expliquer les tenants et aboutissants du scénario qui, s'il n'est pas une prédiction, dessine en tout cas un futur souhaitable débarrassé d'énergies fossiles polluantes et de nucléaire potentiellement dangereux, de 2017 jusqu'en 2050. Le travail d'analyse et de prospective sérieux qu'ils avaient fait en 2010 a alimenté le débat national sur la transition énergétique et la loi qui en est issue s'en est ressentie, par exemple sur l'objectif de division par deux de la consommation d'énergie finale en 2050. La légitimité acquise par ce travail a permis au président de

l'association Christian Couturier, en introduction, de plaisanter sur le fait que l'évolution réelle de la consommation d'énergie en France a suivi de près celle que le premier scénario nW de 2003 avait prévu... et qu'ils s'étaient donc trompés sur l'évolution tendancielle. Derrière cette boutade, une réalité : les mesures prises depuis quelques années en France, mais également dans l'OCDE, via des réglementations sur les équipements ou des soutiens à la rénovation des bâtiments ont commencé à porter leurs fruits en termes de baisse des consommations et des émissions de gaz à effet de serre (GES). Ce début de tendance doit être amplifié selon négaWatt en renforçant fortement les politiques de sobriété et d'efficacité énergétiques. Chaque secteur d'activité doit y prendre part.

## Rénover les bâtiments

Du côté du résidentiel et du tertiaire, pas d'évolution majeure par rapport au scénario de 2011. La situation de départ est quasi-identique : les bâtiments représentent 43 % de la consommation nationale d'énergie finale et, sur un parc de 30 millions de logements, 300 000 neufs sont construits chaque année et 30 000 détruits. L'effort majoritaire porte donc sur la rénovation du parc existant avec une montée en puissance bien plus forte qu'actuellement pour arriver à 780 000 logements et 27 millions de m<sup>3</sup> tertiaire rénovés par an. NégaWatt réitère l'idée que chaque rénovation doit être complète le plus tôt possible pour ne pas perdre le gisement d'économies d'énergie, surtout pour les maisons individuelles. Le maintien du taux de cohabitation actuel, tout comme la maîtrise des surfaces occupées<sup>(2)</sup> sont aussi des paramètres essentiels pour diminuer l'empreinte énergétique des bâtiments. Les chantiers de bâtiments utilisent aussi plus de matériaux biosourcés dans le scénario nW (structures,

► Graphe 1 : consommation électrique (hors chaleur) Source : négaWatt





fréquence, la distance, etc.), la sobriété et l'efficacité permettent de réduire de 17% le nombre annuel de kilomètres par habitant (voir graphe 2). Soit un retour dans 30 ans au niveau de la fin des années 1990. La mobilité n'est pas sacrifiée mais bénéficie d'un nouveau type de développement urbain et rural où les services de proximité sont la règle, avec le développement de l'autopartage et du télétravail, ce qui permet de réduire de 6% les déplacements. L'effort le plus important porte sur les vols aériens dont le nombre est divisé par deux (en particulier par la disparition progressive des vols de plus de 800 km). L'augmentation du taux moyen de remplissage de 1,6 à 1,8, la réduction des vitesses limites, le développement des transports en communs et des modes doux (vélo, marche) soutiennent ce projet, ainsi que l'augmentation de l'efficacité des véhicules (-58% de consommation entre 2015 et 2050) grâce à l'allègement, l'hybridation, etc. Les véhicules GNV deviennent la norme et les véhicules électriques sont plutôt utilisés en zone urbaine et péri-urbaine. Des évolutions identiques ont lieu sur le transport de marchandises, avec un fort report sur le fret ferroviaire et la baisse des tonnages transportés. Cette dernière vient en bonne partie des efforts faits dans l'industrie. Car ce secteur peut également travailler sur la sobriété et l'efficacité. Quelques choix de société (a-t-on besoin de plus d'autoroutes et de tours en acier/béton ?

menuiseries, isolation) pour diminuer leur énergie grise, en passant de 7% en masse en 2015 à 15% en 2050. Par ailleurs, la maîtrise des températures intérieures, la réduction des consommations d'eau chaude sanitaire et des besoins de climatisation vont dans le bon sens. Elles sont appuyées par un basculement des modes de chauffage du convecteur électrique vers des pompes à chaleur, avec un développement important de la biomasse et dans une moindre mesure de la cogénération dans le tertiaire et le collectif, et des réseaux de chaleur. Malgré une augmentation des surfaces au niveau national, le scénario arrive à une division par trois des consommations liées au chauffage. En ce qui concerne l'électricité spécifique, la sobriété est essentielle via la modération de la taille et du nombre des équipements, et de leurs usages. La réduction des consommations inutilisées (écrans publicitaires par exemple) et une efficacité additionnelle des matériels (5 à 15%) via une réglementation renforcée sur les produits s'ajoutent à cet édifice et permettent une diminution de 46% de la consommation d'électricité spécifique des ménages et de 41% dans le tertiaire (voir graphe 1). Bilan, dans le bâtiment, la

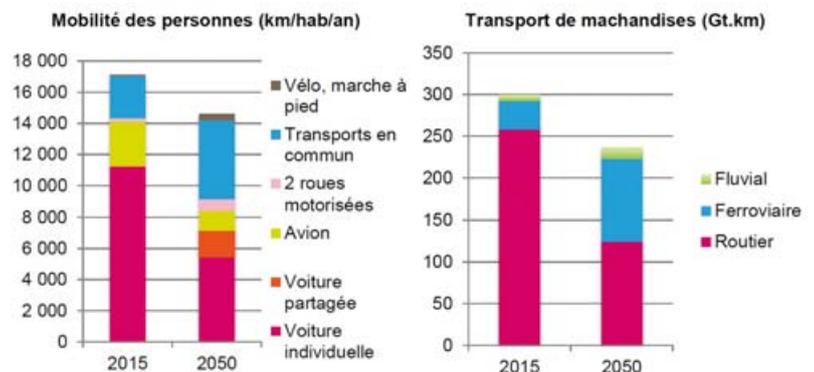
consommation d'énergie finale diminue de 56% en arrivant à 340 TWh en 2050.

### Mobilité et industrie repensés et plus verts

Premier secteur d'émissions de GES, le transport vit actuellement au rythme de la primauté des véhicules à moteurs thermiques et d'un aménagement du territoire qui lui est favorable. L'effondrement du fret ferroviaire et l'explosion du trafic aérien (+50% en 15 ans) n'arrangent pas les choses. Le scénario nW s'inscrit donc en faux avec cette tendance : après analyse de 25 catégories de mobilité (selon la

► Graphe 2 : évolution des parts modales des kilomètres parcourus

Source: négaWatt



► Doit-on utiliser tous les ans 12 millions de tonnes d'emballages ? etc.), la substitution partielle de matériaux biosourcés à ceux d'origine fossile ou minérale, et le déploiement des démarches d'efficacité classiques (cogénération, compression mécanique de vapeur, etc.) permettent de réduire son empreinte. En l'occurrence, de 50 % sur les matériaux non combustibles et de 60 % sur la consommation d'énergie finale. L'analyse des bilans d'approvisionnement en matières dans les différents sous-secteurs industriels permet aussi d'augmenter le taux de recyclage. En ce qui concerne les combustibles fossiles à usages non énergétique (plastique, chimie, bitume, huiles, etc.), la sobriété et l'usage de matériaux biosourcés permettent une certaine réduction. Mais la modélisation de nW est prudente et la consommation de ces combustibles reste à un talon non substituable de 92 TWh en 2050, contre 214 TWh actuellement. Enfin, parmi les besoins industriels, négaWatt inclut dans son nouveau scénario ceux relatifs au développement des énergies renouvelables et montre qu'ils sont raisonnables : par exemple 1,2 Mt de béton seront nécessaires au plus fort de l'installation du parc éolien (100 Mt sont utilisés actuellement, tous secteurs d'activités confondus).

### Un mix presque 100 % EnR

Sans surprise, la production d'énergie dans le scénario nW 2017 reprend la même orientation "renouvelables" que le précédent et se répercute sur les trois

secteurs précédents (voir graphe 3). La biomasse reste la source d'énergie principale en 2050, portée par des secteurs agricoles et forestiers fortement revus (voir encadré). L'éolien est en deuxième position avec 77 GWe installés en 2050 (247 TWh produits) dont un peu 17 GW d'offshore flottant et 11 GW d'offshore avec fondations. Le solaire photovoltaïque connaît aussi un développement important pour arriver à 140 GWe installés (147 TWh) dont une moitié avec des grandes toitures et des centrales au sol. La baisse radicale des coûts du photovoltaïque permettrait d'atteindre 2 à 3 c€/kWh à terme. La limite de cette technologie sera donc la gestion de son excédent de production et des capacités de stockage. Même si les stations de turbinage-pompage et les batteries électrochimiques peuvent avoir des fonctions particulières, négaWatt estime que seul le power-to-gas permettra de valoriser l'électricité excédentaire sur des durées longues via le réseau de gaz qui donne l'équivalent de 130 TWh de stockage. À terme, ce serait ainsi 40 GW d'électrolyse qui seraient installés pour produire de l'hydrogène et permettre la méthanation. Son coût, fonction de la durée de fonctionnement et du prix de l'électricité, pourrait se situer entre 100 et 125 €/MWh. De nouvelles solutions de méthanation biologique pourraient aussi voir le jour. Dans ce schéma, le vecteur "gaz naturel" se substitue progressivement aux carburants et combustibles liquides fossiles, et

### Objectifs de ce nouveau scénario

Même si le scénario de 2011 était robuste et encore utilisé dans le débat public, l'association négaWatt a souhaité le mettre à jour en actualisant les données de 2010 à celles de 2015, et en révisant certaines hypothèses (potentiel d'action, choix technologiques, intégration des effets du changement climatique, etc.). L'occasion aussi d'approfondir l'analyse sur certains aspects : couplage urbanisme/transport/bâtiment, bilan matières, synergies avec le scénario Afterres, évaluation des impacts sur les émissions de tous les GES et sur la pollution de l'air, etc. Une mise à jour de l'évaluation économique et une réévaluation de la trajectoire d'ici 2050 ont également été effectués.

Dans ce scénario 2017, la hiérarchie des solutions est maintenue : sobriété / efficacité / EnR. Les solutions matures sont privilégiées, avec une intégration prudente de l'innovation pour que la trajectoire soit la plus réaliste possible et compatible avec un futur soutenable.

L'ajustement du scénario a été fait par le travail bénévole des membres de la Compagnie nW et avec le soutien du public lors d'une campagne de financement participatif en 2016 qui a permis à l'association de collecter plus de 51 000 euros.

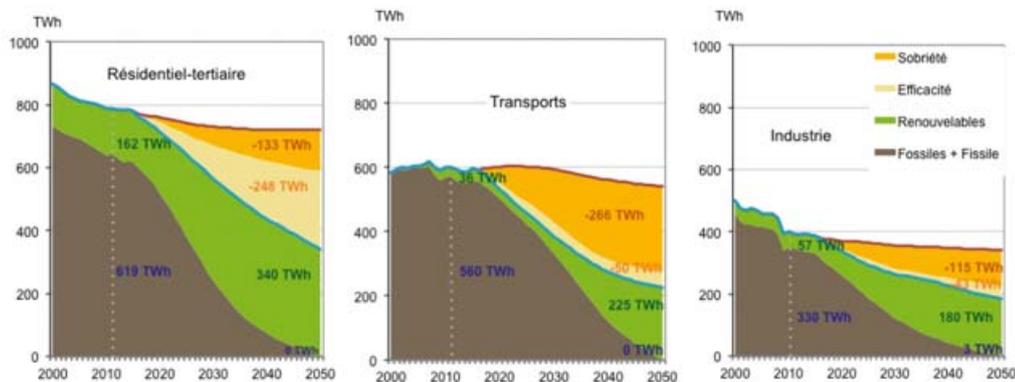
lui-même est progressivement remplacé par du biométhane obtenu par méthanisation, pyrogazéification, méthanation. La consommation d'électricité diminuant et le parc de production s'appuyant sur des sources renouvelables, la fermeture des centrales nucléaires est donc possible au fur et à mesure que les réacteurs arrivent à leurs 40 ans, ce qui évite d'investir massivement dans la prolongation de leur durée de vie. Les fermetures se font en fonction des besoins et de la sûreté nucléaire, pour arriver à l'arrêt du dernier réacteur en 2035. Dans le scénario nW, l'EPR de Flamanville n'est pas mis en service.

### Plusieurs bilans positifs

À l'issue de ce travail prospectif, quel bilan pour la France en appliquant le scénario ? C'est une mutation du système énergétique, rendue possible par la mobilisation du gisement de sobriété et d'efficacité énergétiques qui divise par deux la consommation d'énergie finale. Elle passe en effet de 1830 TWh en 2015 à 806 TWh en 2050, soit 850 TWh de moins que le scénario tendanciel qui présente une légère baisse sur 35 ans. Le changement du mix de production opère une diminution encore plus forte (-66%) de la consommation d'énergie primaire qui chute de 2 888 à 1 004 TWh en 2050 ! Les énergies renouvelables

► Graphe 3 : bilan en énergie finale dans les trois principaux secteurs

Source: négaWatt



## Deux piliers : les secteurs agricoles et forestiers

Les sols et la biomasse sont majeurs dans le scénario négaWatt et obligent à penser un nouvel équilibre entre leurs usages, sur la base du scénario Afterres 2050. En effet, la sobriété conduit à modifier les régimes alimentaires avec plus de produits complets, céréales, fruits, légumes et moins de produits raffinés, viandes et lait. La diminution des pertes et des gaspillages est aussi prônée. En conséquence, les productions sont réorientées : la production végétale augmente de 5 % mais le solde exportateur net baisse de 16 %. Les productions non alimentaires bondissent de +300 % et les infrastructures agroécologiques sont doublées. Les systèmes agricoles deviennent ainsi plus résilients, producteurs de biodiversité et réduisent de 56 % leurs émissions de CH<sub>4</sub> et N<sub>2</sub>O. La forêt reste productive, plutôt sur la base d'un scénario de sylviculture dynamique. Seul bémol incontournable : à l'horizon 2100, les sols et les forêts auront stocké tout le CO<sub>2</sub> qu'ils peuvent donc le puits de carbone qu'ils représentent disparaît.

Côté bioénergies, c'est la récupération des sous-produits et des déchets de la filière bois (notamment pour la construction) qui crée de nouveaux matériaux à valoriser. Il n'y a donc pas de surface dédiée à la production d'énergie. Les 4 000 PJ d'énergie primaire contenus dans la production agricole primaire (végétaux) restent quasiment les mêmes en 2050 mais avec moins de pertes du côté de l'alimentation animaux via la récupération de la matière organique pour la méthanisation. Ainsi, à un rythme montant jusqu'à 500 méthaniseurs installés par an vers 2030, on arrive à un total d'environ 10 000 méthaniseurs en France. La méthanisation est pourvoyeuse de biogaz, d'engrais naturels, mais aussi de CO<sub>2</sub> pour la méthanation. Le scénario envisage aussi, mais pour des développements plus tardifs, la mobilisation de biocarburants de 2<sup>e</sup> génération et d'algues.

Surtout, cet avenir sans énergies fossiles permet de diviser par 17 les émissions annuelles de CO<sub>2</sub> de la France, de 358 à 21 Mt. Cette conséquence heureuse, déjà formalisée dans le scénario 2011, prend encore plus d'ampleur ici car tous les GES ont été calculés dans le nouveau scénario. Les diminutions sont moins évidentes à réaliser sur le méthane et les oxydes d'azote mais les émissions de ces deux gaz sont quand même, respectivement, réduites d'un facteur 2,2 et 2. Tous GES confondus, le facteur 2 est atteint en 2031, le facteur 4 en 2040, pour finir à un facteur 6,8 en 2050. Si on prend les émissions cumulées au fil du temps, cette décarbonation

progressive fait que le "budget carbone" de la France plafonne à 5 GtCO<sub>2</sub>eq et reste stable plusieurs décennies après 2050, tant que les puits de carbone (forêts, prairies) compensent les émissions résiduelles<sup>(4)</sup>. Si le scénario nW est appliqué avec un retard de 10 ans, on arriverait à un niveau de 10 GtCO<sub>2</sub>eq, bien au-delà de ce qu'il faut pour contenir le réchauffement climatique. Pour cette seule raison, la transition, c'est maintenant ! ●

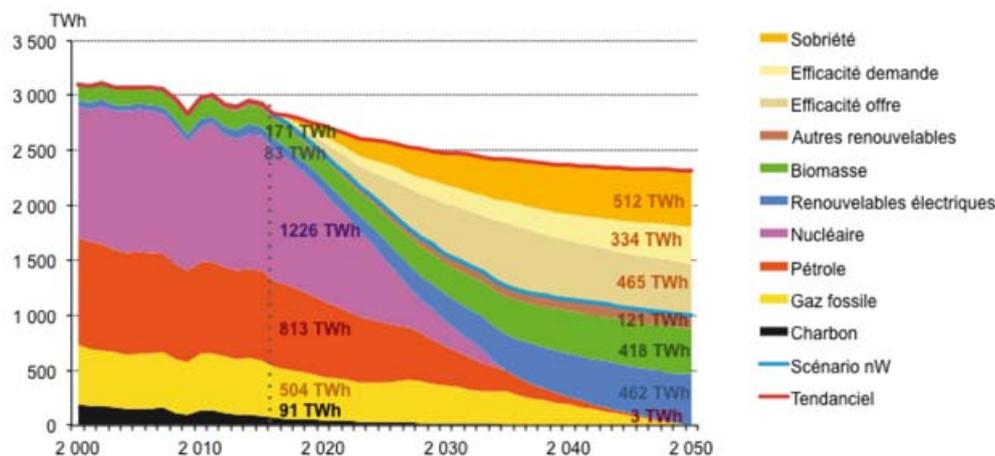
Stéphane Signoret

► Plus d'informations sur <https://negawatt.org/Scenario-negaWatt-2017>

► peuvent alors satisfaire la demande, en multipliant par 3,4 leur production actuelle (voir graphe 4). Presque la moitié par le vecteur électrique et plus de 40 % par la biomasse. Ces ressources sont produites sur le territoire national, assurant ainsi l'indépendance énergétique, et apportent donc de l'activité. D'ailleurs, l'association nW envisage de décliner son scénario à l'échelle régionale<sup>(3)</sup> comme elle a déjà pu le faire en Centre-Val de Loire. Bien sûr, certaines filières professionnelles verront leurs emplois diminuer (nucléaire, transport, etc.). Mais l'économiste Philippe Quirion (CNRS-Cired) a actualisé l'étude qu'il avait faite sur le scénario 2011 et confirme l'effet positif du nouveau scénario : le solde net serait positif de 379 000 ETP en 2030 et dépasserait 500 000 ETP en 2050. Le coût global de cette transition énergétique ne serait pas très différent du scénario tendanciel jusqu'en 2030 mais ensuite il devient plus faible jusqu'en 2050, dégageant ainsi une économie cumulée de 370 milliards d'euros. Autres effets positifs de l'avenir façon négaWatt : la rénovation thermique des logements permettrait de diviser par 8 le nombre de personnes en situation de précarité énergétique. Les modifications dans le secteur du transport et dans l'habitat permettraient également de réduire la pollution par les particules fines (PM<sub>10</sub>), au moins d'un facteur 3 pour le seul transport.

### ► Graphe 4 : bilan en énergie primaire, par ressource

Source : négaWatt



(1) Ont participé à la présentation du scénario : Christian Couturier, Thierry Salomon, Yves Marignac, Thomas Letz, Emmanuel Rozier, Marc Jedliczka, Stéphane Chatelin.

(2) Stabilisation à 42 m<sup>2</sup> par personne en moyenne pour les logements, croissance limitée dans le tertiaire pour arriver à 1,1 milliard m<sup>2</sup> tertiaire en 2050, contre 950 millions aujourd'hui. Le scénario est bâti sur l'hypothèse démographique de l'Insee : 72 millions d'habitants en 2050.

(3) Les schémas régionaux d'aménagement et de développement durable du territoire pourraient être des supports pour concrétiser ce genre d'approche.

(4) Si ce rythme de réduction des émissions était appliqué au niveau mondial, le budget carbone de tous les pays plafonnerait à 800 GtCO<sub>2</sub>eq en 2100, soit 80 % de chances d'être en dessous d'un réchauffement planétaire de 2°C, selon les données du Giec.