

## **Transition énergétique, emploi et compétitivité : modèles français, leçons allemandes.**

par  
Alain Lipietz

En ce mois de mai 2013, et pour la première fois depuis 2 millions d'années, la concentration de gaz carbonique dans l'atmosphère de l'hémisphère nord va dépasser 400 parties par million. Ce gaz à effet de serre (GES) et d'autres gaz d'effet encore plus puissant, comme le méthane, sont émis essentiellement par l'activité humaine depuis un siècle et demi. Leur effet de serre, deviné par Fourier puis démontré en laboratoire par Arrhenius au XIXe siècle, s'ajoute aux fluctuations beaucoup plus lentes et géographiquement parfois divergentes d'origine astronomique ou volcanique. Il a fait plus chaud en Europe au premier siècle de l'ère chrétienne, plus chaud en Antarctique au VIe siècle que maintenant. Mais le monde a connu une tendance générale à la baisse à partir de 1200, atteignant de 1600 à 1850 un minimum historique, jusqu'à une brutale remontée qui se généralise vers 1950 et depuis ne s'arrête pas. La période 1970-2000 est globalement plus chaude que les quatorze siècles précédents, et plus froide que la première décennie du XXIe siècle.<sup>1</sup>

Toute l'argumentation climatosceptique, soutenue par les industries qui refusent les coûts de la transition énergétique, se fonde, quand elle se résigne à admettre la réalité du réchauffement brutal contemporain, sur l'hypothèse que d'autres causes pourraient contribuer à ce réchauffement. Argument sans pertinence, car en tout état de cause l'effet de serre anthropique s'ajoute à ces causes mystérieuses et contribue toujours à modifier le climat dans un sens de plus en plus périlleux pour la géopolitique mondiale.<sup>2</sup>

Mais, parallèlement, les espoirs placés dans le nucléaire au milieu du siècle dernier ont été brisés par l'absence de solution au problème des déchets, par les risques de prolifération vers l'armement nucléaire qu'illustrent actuellement la Corée du Nord et l'Iran, et par la fréquence des accidents. Une règle de trois, appliquée aux accidents de niveau 7 (fusion du cœur type Tchernobyl-Fukushima) rapportés au nombre d'années-réacteurs de l'histoire de cette industrie, suggère que la probabilité d'un tel accident en France dans les 10 prochaines années est d'une chance sur six.<sup>3</sup>

Enfin, la FAO ne cesse de critiquer, depuis l'ouverture de la crise alimentaire mondiale en 2006, le rôle des agrocarburants. Leur progression, qui s'ajoute à l'extension des cultures pour nourrir le bétail et à l'urbanisation des sols, se fait au détriment des surfaces réservées à la sauvegarde de la biodiversité (forêts et zones humides) et surtout de la surface accordée à la nourriture directe des humains, elle même menacée par les accidents climatiques qui frappent à une cadence accélérée l'un ou l'autre des greniers à grain de la planète (Australie, Russie, Ukraine, Amérique du Nord, Brésil), cela dans une période d'inflation démographique qui ne se calmera pas avant le milieu du siècle. Il s'agit de biocarburants de première génération, qui

---

<sup>1</sup> Pour les deux derniers millénaires, voir Pages Consortium <http://www.pages-igbp.org/products/latest/673-continental-scale-temperature-variability-during-the-past-two-millennia> ; pour les 30 dernières années le rapport de la Banque mondiale 2012 [http://climatechange.worldbank.org/sites/default/files/Turn\\_Down\\_the\\_heat\\_Why\\_a\\_4\\_degree\\_centrigrade\\_warmer\\_world\\_must\\_be\\_avoided.pdf](http://climatechange.worldbank.org/sites/default/files/Turn_Down_the_heat_Why_a_4_degree_centrigrade_warmer_world_must_be_avoided.pdf)

<sup>2</sup> Voir mon texte *La décadence des climatosceptiques*, <http://lipietz.net/spip.php?article2929>.

<sup>3</sup> Voir mon livre *Green Deal. La crise du libéral-productivisme et la réponse écologiste*, La Découverte, 2012.

n'accroissent le rendement de l'énergie fossile qu'ils consomment que de 20%. L'Académie des sciences française, dans son rapport de 2011<sup>4</sup>, recommande donc de les abandonner en attendant la seconde génération, permise par la fermentation de la lignine (déjà réalisée au Brésil pour les tiges de la canne à sucre, en portant le rendement à 8), voire la 3<sup>e</sup> génération (« gavage » au soleil des micro-algues à huile par injection de gaz carbonique). Les biocarburants, comme moyen de capter l'énergie solaire, ont un présent intéressant (mais limité à la fermentation des déchets) et un avenir brillant, mais pour le moment ils accélèrent la crise alimentaire.

L'humanité se trouve donc actuellement coincée dans le « triangle des risques énergétiques » : risques climatiques, risques du nucléaire, conflits pour l'usage des sols. Je ne citerais pas l'épuisement des réserves fossiles, car il s'agit d'un débat largement surdéterminé à court terme par l'acceptation ou non des gaz de schistes et pétrole bitumineux. Leur mise en exploitation est susceptible de différer, mais à un coup élevé, l'épuisement inéluctable des réserves fossiles, mais elle accélère (plus que le charbon) la production de gaz à effet de serre, et se heurte à la résistance des populations concernées.

L'issue est alors la sortie de ce triangle par le fameux triptyque : sobriété-efficacité-énergies renouvelables (celles ci étant très majoritairement, en dernière analyse, d'origine solaire). L'association Négawatt recommande de partager l'effort à peu près également selon ces trois axes. Ce qui nous intéresse, du point de vue de l'emploi, de l'investissement et de la recherche technologique (la « transition énergétique » proprement dite), ce sont évidemment les deux derniers, encore que la sobriété énergétique libère du pouvoir d'achat pour la demande d'autres biens... et le remboursement des dettes publiques et privées.

Les études sur les gains en emplois de la transition énergétique en France sont de plus en plus nombreuses et convergent vers un chiffre de 650000 emplois supplémentaires par rapport aux scénarios « au fil de l'eau », à l'horizon 20 ans. Ce n'est évidemment pas suffisant pour vaincre le chômage, mais cet objectif n'est qu'un « second dividende », le premier étant, faut-il le rappeler, la sortie du triangle des risques énergétiques !

Ces chiffres découlent de deux modèles économétriques fondés sur l'hypothèse d'absence de percée technologique (leurs coefficients techniques étant donc ceux du temps présent). Il s'agit du modèle ThreeMe développé par Gaël Callonec et autres pour l'Ofce-Ademe,<sup>5</sup> et du modèle construit par Philippe Quirion au Cired-Cnrs<sup>6</sup>. Ils sont multisectoriels, travaillent en « net » (on retranche les emplois supprimés des emplois créés par la transition énergétique) et intègrent les effets macroéconomiques : les économies sur les dépenses en énergie sont « recyclées » vers d'autres dépenses, avec des emplois « induits ». Ils distinguent les emplois directs (activités productrices d'efficacité ou d'énergies renouvelables) et indirectes (production de l'équipement et matériaux de ces industries).

Les résultats dépendent crucialement de plusieurs hypothèses : stabilité à un haut niveau du prix du pétrole, objectifs à 20 ans (réduction des gaz à effet de serre émis, fermeture de centrales nucléaires). Les résultats les plus favorables correspondent aux variantes supposant la fermeture des centrales nucléaires à 30 ans de vie, et à la réduction de 40 % des GES. Mais

---

<sup>4</sup> Académie des Sciences, *Démographie, climat et alimentation mondiale*, 2011, <http://www.bibsciences.org/bibsup/acad-sc/common/articles/rapport12.pdf>

<sup>5</sup> Voir <http://www.ofce.sciences-po.fr/pdf/documents/threeme/doc1.pdf>

<sup>6</sup> Voir sur le site du Cired les études réalisées pour WWF, ou sur le scénario Négawatt.

un troisième facteur joue crucialement : les conditions de financement. Le meilleur résultat est obtenu si la moitié de l'investissement est financée à crédit (sinon l'augmentation des impôts efface les emplois induits).

Techniquement, les mesures d'efficacité portent sur l'isolation des bâtiments et l'extension des transports en commun : il s'agit de techniques déjà mûres. Les équipements et les matériaux sont disponibles en France et peu délocalisables, la mise en œuvre est par définition locale, décentralisée, et réalisée par des PME. Autant d'arguments qui devraient en faciliter la généralisation, avec un seul (mais important) obstacle, outre le financement déjà cité : la formation de la main d'œuvre.

Dans la production d'énergies renouvelables, au contraire, l'industrie française démarre « assise » à la suite de plusieurs décennies de dumping par le nucléaire Edf. Il s'agit essentiellement de l'éolien et du solaire direct (thermique ou photovoltaïque). Alors que, dès les années 1980, les écologistes plaidaient qu'il s'agissait là d'un champ majeur de reconversion pour la chaudronnerie, la mécanique et l'électromécanique lourdes de la construction navale ou des industries d'armements, très peu a été fait pour doter la France d'une industrie des éoliennes, ni d'ailleurs d'une industrie des capteurs solaires. Résultat : l'offre a été monopolisée, dans le premier cas, par l'Allemagne et l'Espagne, dans le second cas par l'Allemagne et aujourd'hui la Chine, voire la Turquie (pour le solaire thermique).

Cela n'est pas irréversible, d'autant que ces techniques ne sont pas encore matures. Un mot sur les cellules chinoises : la Chine s'est pris les pieds dans son propre dumping, avec une énorme surcapacité par rapport au rythme d'absorption mondial, fortement croissant mais encore modeste, et sa plus grosse firme est en faillite ! Cela dit, il ne faut jamais oublier que la principale source d'emplois photovoltaïques est tout de même directe et locale : c'est le montage et l'installation des systèmes de panneaux solaires. D'où les réticences des installateurs français devant les projets protectionnistes européens contre les cellules chinoises à prix cassé.

Reste la recherche et le développement du biogaz, d'autant plus importants que, comme le souligne Négawatt, le gaz sera aussi une forme particulièrement commode de stockage de l'énergie renouvelable, largement produite en été et consommée en hiver. La France n'est pas trop mal placée, à condition de ne plus gaspiller de ressources à subventionner la première génération.

Pour mesurer les enjeux économiques de cette révolution et les défis lancés à la France, quelques mots du succès de nos voisins allemands, qui ont fait le choix de la sortie rapide du nucléaire (en 9 ans et en fermant des centrales avant amortissement complet), et de l'abandon du charbon et de la lignite, avec « lissage » de la transition par le recours au gaz.<sup>7</sup> Quoique l'effort allemand dans le domaine de l'efficacité soit colossal (généralisation de la Ventilation Double-Flux etc), je m'en tiendrai ici au troisième axe, les renouvelables.

---

<sup>7</sup> Tous les chiffres qui suivent sont tirés de : Cédric Philibert, « L'énergie solaire en passe de devenir compétitive », *La Recherche*, Juin 2012, <http://www.larecherche.fr/idees/entretien-du-mois/energie-solaire-passe-devenir-competitive-01-06-2012-91053>, et de Bärbel Höhn, « Germany's Energy Transition : a Success Story with Challenges Ahead », Greens/EFA conference *Energising Europe Sustainably*, Madrid, May 10<sup>th</sup>, 2013.

Entre 2010 à 2012, huit réacteurs nucléaires ont été fermés et la part de renouvelables est passée de 17 à 23 %. Curieusement, dans ce pays nordique où le cout du kwh solaire est le double de celui du Maghreb, mais qui n'a que peu de façade maritime, les investissements sont désormais majoritairement solaires : en 2012, 12 milliards d'euros, contre 3,8 pour l'éolien, 2,6 pour la bio-énergie. Partie de quasi rien en 2001, la production photovoltaïque a atteint 11,7 GWh (GigaWatt-heure) en 2010 et 28 GWh en 2012. De la fin 2008 à la fin 2012, le prix du système photovoltaïque installé sur le toit des particuliers a chuté de 4,4 à 1,7 euros par Watt-crête (hors taxe et subventions) : c'est la contrepartie positive de l'écroulement du prix des cellules.

Traduction en termes d'emplois : l'éolien, parti plus tôt, est passé de 64 000 emplois en 2004 à 96 000 en 2010, 101 000 en 2011 et 118 000 en 2012 : croissance continue. Le solaire est passé de 25 000 emplois en 2004 à 121 000 en 2010, 125 000 en 2011... et 100 000 en 2012. On mesure l'effet brutal mais limité de l'éclatement de la bulle photovoltaïque d'origine chinoise : elle a brisé l'élan de la production de cellules en Allemagne, mais pas l'activité de montage des systèmes. Du coup, l'éolien, dont l'Allemagne exporte les équipements, qui avait été dépassé (en termes d'emplois) par le solaire en 2010, a retrouvé la primauté. Cependant, c'est encore la biomasse-énergie qui est la plus pourvoyeuse d'emplois : 129 000 en 2012.

Un autre intérêt des renouvelables allemands : la domination de la petite production. Sur la 53 GW installés (chiffre 2010), 40% appartiennent à des particuliers, 11% à des fermiers, 14% à des investisseurs sur projets et seulement 6,5 % aux quatre majors de l'industrie allemande de l'énergie.

Quant aux prix de cette énergie : de 64 € à la veille de Fukushima, le MWh allemand a bondi à 73 € d'avril à septembre 2011, puis amorcé une baisse régulière. En mars 2013 il est bien au dessous du niveau pré-Fukushima : 51 euros.

Bien entendu, les renouvelables n'ont pas encore remplacé le nucléaire et le fossile ! La question du transfert de l'énergie dans le temps (et toujours dans l'espace) est devenue un enjeu crucial. Par exemple, en 2012, au cours de la « 33<sup>e</sup> semaine » (mi-août), la plus favorable aux renouvelables, celles-ci n'ont dépassé la demande totale d'électricité à la mi-journée que le mardi (grâce à un éolien offshore particulièrement fort) et le jeudi (grâce à un pic d'ensoleillement). On note, toute cette semaine-là, que l'excès de demande diurne, par rapport à la demande nocturne, est à peu près couvert par la production solaire, du moins le matin. Le solaire est une énergie « fatale » et cyclique, mais finalement bien adaptée à la demande humaine... à moins que ce ne soit l'inverse, et depuis l'aube de l'humanité, avec une dérive de la civilisation urbaine vers l'activité vespérale que ne corrige pas l'heure d'été !

A noter aussi que la nuit du lundi au mardi, les renouvelables (essentiellement l'éolien) ont dépassé la demande autour de minuit, mais c'était loin d'être le cas au creux hebdomadaire, la nuit du samedi au dimanche... A ce moment-là, comme toujours, ce sont les sources classiques d'énergie qui prennent le relais, le bio-gaz et l'hydraulique restant toujours de faibles pourvoyeurs d'appoint, alors que ce devrait être la forme de stockage la plus naturelle...

Encore plus impressionnants sont, comme d'habitude, les succès allemands à l'exportation, et pas seulement en matériel. Les ricanements français avaient accueilli à l'été 2011 l'annonce de la sortie du nucléaire allemand. Chez lez adversaires de la transition énergétique, on se

réjouissait à l'avance de voir, quand la bise serait venue, la cigale allemande venir mendier le nucléaire de la fourmi française !

Faiblement exportatrice d'énergie début 2011 (1 à 2 TeraWatt-heure par mois), l'Allemagne a bien sûr souffert de l'arrêt précipité de ses réacteurs au milieu de l'année, important de 2 à 3 TWh par mois pendant l'été. Mais dès février 2012 la situation était rétablie (avec 8 réacteurs nucléaires de moins, rappelons-le !) et, en mars 2013, avec plus de 4 TWh vendus, l'Allemagne pulvérise ses records à l'export.

Le 8 février 2012, en plein hiver, les renouvelables allemands clouent le bec du nucléaire français. La France atteint son pic historique de consommation électrique (100 GWh) et doit importer 9 GWh d'Allemagne, sur les 10 produits ce même jour par le solaire allemand. Ce jour-là, les firmes électriques allemandes, qui achètent l'électricité solaire à 240 euros le mégawattheure aux particuliers, l'ont revendu aux enchères jusqu'à 1 700 euros sur le marché européen...

La compétitivité allemande vient de loin. Mais, contemporaine, il y a aussi le choix de la transition énergétique. Pour la France, il est peut-être plus tard qu'on ne le pense.