

LES RENOUVELABLES : QUAND ON AIME ON NE COMPTE PAS

Rémy Prud'homme

(Version du 16.6.2017)

SOMMAIRE

| | |
|---|---------------------------------------|
| I – Introduction | |
| Contexte technologique : quatre distinctions | Erreur ! Signet non défini |
| Contexte politique : six objectifs | Contexte français : trois spécifiques |
| Plan de l'ouvrage : sept dimensions | |
| II – L'irruption des renouvelables | |
| Deux arguments fragiles | |
| Le discours amoureux | |
| Les résultats obtenus | |
| III – Trois études de cas | |
| Danemark, ou le champion dopé | |
| Espagne, ou le rêve brisé | |
| Allemagne, ou la passion en marche | |
| IV – L'intermittence des renouvelables | |
| Caractéristiques de l'intermittence | |
| Conséquences de l'intermittence | |
| Les palliatifs à l'intermittence | |
| V – Les coûts des renouvelables | |
| Tous les coûts sont permis | |
| Coûts directs | |
| Coûts indirects | |
| Subventions aux renouvelables | |
| Impacts sur les prix | |
| VI – Les renouvelables sur le pseudo-marché de l'électricité | |
| Le pseudo marché de l'électricité | |
| Le choc des renouvelables sur ce marché | |
| VII – Les industries des renouvelables | |
| Les acteurs du secteur | |
| L'économie du secteur | |
| Le complexe climato-industriel | |

VIII – Les avvenirs des renouvelables

L'avenir des renouvelables en France

L'avenir des renouvelables dans le monde **Erreur ! Signet non défini**

L'avenir des renouvelables à plus long terme

IX – Conclusion

Sources

Sigles & acronymes

Références

IX – CONCLUSION : ENERGIES ALTERNATIVES

« A quoi bon faire des livres pour instruire les hommes ? Les passions n'ont jamais lu ; il n'y a point d'expérience pour elles ; elles se lassent quelquefois, mais elles ne se corrigent guère, et voilà pourquoi tant d'évènements se répètent »

Marivaux, *Réflexions sur les hommes*

Cette enquête sur les renouvelables intermittents fait apparaître sept ou huit caractéristiques du secteur.

Une réalité très récente - Le soleil et le vent sont bien entendu présents dans l'imaginaire des hommes depuis toujours. Le soleil a longtemps été, chez les Egyptiens, les Grecs, les Aztèques, considéré comme un Dieu, parfois même comme le Dieu. Dans des vers célèbres, c'est à lui que la Phèdre de Racine s'adresse :

*Noble et brillant auteur d'une triste famille
Qui peut-être rougis du trouble où tu me vois
Soleil, je te viens voir pour la dernière fois !*

Il est la force et la vie. Louis XIV se fait appeler le roi-soleil. Le Japon est le pays du soleil levant. Le vent est aussi très présent dans la littérature et la poésie, de Homère à Conrad, en passant par Villon ou Chateaubriand. Mais il est plutôt associé à la destruction et à la mort. *L'Odyssée* est une histoire de tempêtes, qui jettent Ulysse sur des rivages tantôt hostiles et tantôt enchanteurs.

Mais nous sommes là dans le symbole, pas dans la réalité. Ces éléments dominent l'homme, ils ne sont pas dominés par lui. Ils sont implorés, célébrés, craints, vénérés – mais peu ou pas utilisés. Certes, les moulins à vent servent (après les esclaves et l'eau courante) à moudre la farine. Mais cette contribution reste peu importante. Et Don Quichotte, qui vit au 17^{ème} siècle mais se rêve dans un moyen-âge fantasmé, les prend encore pour des brigands plus ou moins mythiques.

La passion des renouvelables a un goût de revanche. L'homme était soumis au soleil et au vent ; il va les soumettre. Mais il faut attendre l'invention de l'électricité, dans la deuxième moitié du 19^{ème} siècle pour que cette mobilisation économique des renouvelables intermittents devienne possible. Pas d'électricité, pas d'énergie solaire ou éolienne. Et il s'écoulera encore plus d'un siècle avant que cette mobilisation passe du concept à la réalisation.

L'électricité éolienne et plus encore solaire est en effet extrêmement récente. Au niveau mondial, elle n'existe pratiquement pas encore en 1990, où elle assure 0,03% de l'électricité produite. Même en 2000, au début du 21^{ème} siècle, les renouvelables intermittents contribuent seulement pour 0,2% à la production mondiale d'électricité. Comme l'électricité ne représente que 40% de l'énergie (selon des conventions discutables), il faut diviser ces pourcentages par 2,5 pour apprécier la contribution des énergies renouvelables (intermittentes) à la consommation d'énergie du globe. Sous l'impulsion de l'Union Européenne, une poignée de pays européens (Danemark, Espagne, Allemagne, Royaume-Uni et Italie) se sont lancés avant les autres pays du monde dans cette aventure. Ils sont l'exception, une exception riche d'enseignements du reste, pas la règle. Le point important à souligner ici est que, au niveau mondial, la politique des énergies renouvelables n'a guère commencé qu'avec le 21^{ème} siècle. On pourrait même dire : seulement après 2010. A cette date très récente, les renouvelables intermittents ne comptent que pour 1,7% de la consommation d'électricité du globe et pour 0,7% de la consommation d'énergie du globe.

Un thème important - Ces petits chiffres pourraient donner à penser que le thème des renouvelables est secondaire. Il n'en est rien. Pour au moins trois raisons. La première est que ces moyennes cachent de grandes disparités entre pays. A côté de pays qui ignorent très largement les renouvelables, on a des pays, principalement en Europe, lourdement engagés dans ce secteur.

La deuxième est que ces chiffres grossissent très rapidement. Au cours des cinq dernières années, alors que la production d'électricité mondiale augmentait lentement (de 2,5% par an), la production d'électricité renouvelable intermittente a augmenté fortement (de 24% par an). Il en résulte que, en 2015, les renouvelables intermittents assurent 4,5% de l'électricité du globe. Le renouvelable est un enfant, mais un enfant qui grandit très vite.

La troisième, qui est la plus importante, est la dimension stratégique du secteur. La série de poupées russes emboîtées à considérer est la suivante :

Bien-être>énergie>électricité>renouvelables>intermittents

Les chiffres rendent mal compte des relations entre les composants de la séquence. Ces relations ne sont pas seulement d'inclusion. La contribution de l'énergie à l'économie, et par delà au bien-être, est multiple et féconde : plus d'énergie engendre plus de bien-être, par de multiples canaux. L'électricité n'est pas une énergie comme les autres : elle rend des services que le charbon ou le bois ne peuvent pas rendre, comme de faire fonctionner la télévision. Les renouvelables sont, au moins théoriquement, une filière électrique particulièrement recommandable, et celle qui peut être augmentée le plus facilement. Les intermittents (l'électricité éolienne et solaire), qui font d'ailleurs l'essentiel de l'électricité renouvelable (hors hydraulique), en sont la forme susceptible de croissance rapide, à la différence de l'hydraulique ou de la géothermie, par exemple. L'éolien et le solaire sont les chouchous des politiques. Ils constituent la meilleure des cibles, et bien souvent la seule, pour ceux qui veulent agir (quantitativement et qualitativement) sur l'énergie, ou sur l'électricité, ou sur les renouvelables. Comme le dit justement l'AIE (Agence Internationale de l'Énergie), « *l'énergie renouvelable est le pilier central de la transition énergétique* » (IEA 2016, 4^{ème} de couverture). C'est pourquoi des formules abstraites et ronflantes comme « engager la transition énergétique » se résument largement en pratique à un trivial « développer l'électricité éolienne et solaire ».

Des justifications fragiles - Les politiques favorisant les renouvelables s'appuient sur deux justifications, qui sont toutes les deux fragiles. La première est que les combustibles fossiles, longtemps (et encore aujourd'hui) la principale source d'électricité et d'énergie, sont en voie d'épuisement rapide, affirme-t-on. Le pétrole, le gaz, et même le charbon, seront bientôt hors de prix et/ou épuisés ;


et il nous faut les remplacer – par des renouvelables – ou nous préparer à disparaître. Beaucoup de prophètes à succès ont agité, et continuent d'agiter, cette menace. Elle figure en bonne place dans tous les manuels scolaires français. On sait maintenant qu'elle est largement bidon, au moins pour le futur prévisible.

La deuxième est que le remplacement des combustibles fossiles par des renouvelables intermittents est la seule façon de réduire les rejets de CO₂ qui menacent la survie de la planète. Elle n'est guère convaincante non plus. Tout d'abord, on peut réduire les rejets de CO₂ de bien d'autres façons : en remplaçant le charbon par le gaz, en récupérant le CO₂ émis par le charbon et le gaz, en développant le nucléaire, etc. Du reste, les amoureux des renouvelables ne semblent pas croire eux-mêmes à cet argument. En Allemagne, où ils sont nombreux et puissants, l'augmentation considérable des renouvelables a surtout servi à réduire l'électricité nucléaire, et n'a nullement diminué l'électricité thermique et ses rejets de CO₂. En France, on peut dire la même chose des décisions de la transition énergétique. Ensuite, la réalité, l'ampleur, et le calendrier de la menace que fait planer le CO₂ sont davantage assénées et répétées que véritablement assurées ; sans même parler des bienfaits du CO₂ sur la croissance des plantes et l'augmentation de la production agricole.

Ces deux soucis ne sont pas totalement illégitimes. Ils peuvent entraîner des attitudes prudentes de diversification des sources ou d'économies de consommation des énergies. Mais pas justifier des croisades ruineuses. Ces arguments font penser au « qui veut noyer son chien l'accuse de la rage » de la sagesse populaire plutôt qu'à l'impératif catégorique d'Emmanuel Kant.

Des inconvénients majeurs - Les renouvelables intermittents présentent trois inconvénients majeurs : des coûts directs élevés, bien que déclinants ; une électricité de piètre « qualité » ; et des coûts indirects sous-estimés.

Loin d'être gratuits (comme l'affirment ridiculement tous les manuels scolaires français), les coûts directs de production de l'électricité solaire et éolienne ont été, et restent, élevés, plus élevés que les autres formes d'électricité. C'est la raison pour laquelle elle ne s'est développée que grâce à des *subventions massives*. Sans subventions, pas de renouvelables. Lorsque l'Espagne a arrêté les subventions aux renouvelables, l'investissement dans le secteur s'est lui aussi arrêté. Il est vrai que ces coûts directs ont beaucoup diminué au cours des années récentes, et se rapprochent des coûts de production de



certaines autres sources. Mais cela n'empêche pas les producteurs de renouvelables de protester vivement contre les baisses de subventions.

L'électricité solaire et éolienne a le lourd handicap de l'*intermittence*. Elle n'est produite que lorsque le vent souffle (25% des heures de l'année) ou que le soleil brille (15% des heures). Surtout, cette intermittence est largement aléatoire et imprévisible ; elle est incontrôlable (on dit parfois : non pilotable). Rien ne garantit qu'elle sera disponible au moment où l'on en aura besoin. Si l'électricité se stockait (comme l'acier ou les chaussures), cet inconvénient ne serait pas trop grave. Mais ce n'est malheureusement, et pour le moment, pas le cas. C'est en ce sens qu'un MWh d'électricité renouvelable n'est pas égal à un MWh d'électricité thermique ou nucléaire ou hydraulique. Et donc que les comparaisons de coûts au MWh des différentes filières sont boiteuses, et potentiellement trompeuses.


Elles le sont d'autant plus que les coûts à considérer ne sont pas seulement les coûts directs de production mais également les *coûts indirects*. Ils comprennent, pour les renouvelables, les coûts de stockage, les coûts supplémentaires de raccordement au réseau, les coûts de transport supplémentaires, les coûts d'adaptation du réseau à la brutalité des variations de la production éolienne ou solaire, les coûts des investissements dans des centrales thermiques nécessaires pour pallier les défaillances possibles de l'intermittence, les surcoûts causés aux autres modes par la priorité donnée aux renouvelables (qui engendre une diminution de la durée de fonctionnement des centrales thermiques ou nucléaires, ce qui augmente sensiblement leurs coûts de production unitaires), ou encore les coûts des dommages environnementaux tels que l'atteinte aux paysages. La liste est longue. Ces coûts sont mal connus. Ce que l'on sait avec certitude, c'est qu'ils augmentent exponentiellement, pas linéairement, avec les taux de pénétration des renouvelables. Un doublement de ce taux entraîne un triplement ou un quadruplement de ces coûts.

Une désinformation grossière – Le domaine des renouvelables donne lieu à des avalanches d'affirmations inexactes ou mensongères, de la part des lobbys intéressés (dans les deux sens du terme intéressé), des médias et des politiques. Cela va du mensonge simple au mensonge par omission en passant par le mensonge par sélection. Ils sont tantôt dictés par l'ignorance et tantôt par la malice. On en a relevé un certain nombre au cours des chapitres précédents. On en citera trois, parmi mille.

Ce livre s'ouvre sur l'affirmation d'un rapport officiel signé par Corinne Lepage, ancienne ministre de l'Environnement, au nom d'un groupe de 27 « spécialistes » : « *En 2014, l'énergie solaire représente 10% de l'électricité du monde* ». Le chiffre exact est 0,8%, douze fois moins. On est là dans la gigadésinformation.

Plus subtile, mais guère moins pernicieuse, est celle qui provient de l'AIE, et se rapporte au taux de pénétration des renouvelables en 2040. Le *World Energy Outlook 2016* de cette institution, un rapport sérieux, évalue (p. 412) ce taux à 21%. Mais le *résumé pour décideurs*, la seule partie de ce rapport technique de 670 pages effectivement lue, écrit : « *environ 60% de la capacité nouvelle de production d'électricité d'ici 2040 proviendra des renouvelables* » (*op.cit.*, p. 24). Le lecteur pressé, journaliste ou politique, comprend, et retient, et répètera, que l'AIE, une institution sérieuse, prévoit un taux de pénétration « d'environ 60% » - trois fois plus que le taux effectivement calculé par l'AIE. Techniquement, l'affirmation du *résumé* est correcte. Mais son rédacteur, sous influence politique, a joué sur trois cordes. (i) Il parle de « capacité » c'est-à-dire de puissance (GW), plutôt que de production (TWh), alors qu'il sait très bien que c'est la production qui compte, et que le GW de renouvelable produit bien moins de TWh que le GW de thermique ou de nucléaire. (ii) Il parle de l'« augmentation » (de capacité) entre 2015 et 2040, annulant ainsi la réalité de 2015, qui déterminera en partie celle de 2040. Enfin, (iii) il parle de « renouvelables », incluant l'hydraulique, sachant très bien que beaucoup de lecteurs comprendront « éolien et solaire ». Et voilà comment on déguise 21% en 60%. C'est le mensonge qui s'avance appuyé sur la vérité.

Un troisième exemple de désinformativité est offert par Ségolène Royal, ministre de l'Environnement. Le 18 janvier 2017, lors d'une vague de froid, elle déclare par écrit : « *aujourd'hui, l'éolien et le solaire vont produire l'équivalent de 8 réacteurs nucléaires* ». C'est un triple mensonge. Un mensonge simple, d'abord. En réalité, ce jour-là, la production d'électricité éolienne et solaire a été celle de 4,3 réacteurs. Un mensonge par sélection ensuite. Le choix du 18 janvier était-il représentatif ? Non. Si l'on considère tous les jours de la semaine, on voit que la production des renouvelables a été en moyenne égale à celle de 3 réacteurs. Un mensonge par focalisation enfin. Le choix d'une journée entière était-il pertinent ? Non. Ce qui importait dans cette vague de froid, c'était de savoir si le système français allait bien être capable de faire face aux demandes de pointe, de 19h à 20h, à une heure où la production d'électricité solaire était nulle, et donc ce



qu'était la production d'électricité éolienne possible ou probable. Si l'on considère toutes les heures du mois, on voit que la médiane de cette production a été égale à celle de 2 réacteurs. On ne dira rien du mensonge par omission qui consiste à comparer renouvelables et nucléaire sans rien dire des coûts afférents.

Ces trois exemples de désinformation manifeste (que l'on pourrait multiplier à l'envi) ne sont pas des erreurs commises par des individus irresponsables ou mal informés. Elles sont au contraire le fait de groupes ou d'institutions, présentant un caractère officiel, jouissant de l'information et du concours de l'appareil d'Etat, et de surcroît exprimées par écrit. Elles ont toutes les apparences de la vérité. C'est d'ailleurs la raison pour laquelle elles sont reprises par les agences de presse et les médias, et répétées des centaines de fois. Bien entendu, le domaine qui nous occupe n'est pas le seul domaine dans lequel l'information officielle flirte avec la manipulation. L'économie, par exemple, en offre de jolis exemples. Mais rien de comparable avec l'ampleur de la désinformation en matière de renouvelables. Ici, ce n'est pas de flirt qu'il s'agit, c'est de stupre. La célèbre formule de Paul Valéry : « *Le mensonge et la crédulité s'accouplent et engendrent l'opinion* » semble avoir été imaginée pour décrire la désinformation relative aux renouvelables.


Un « *big business* » - L'image que répandent les tenants des renouvelables est celle d'une activité bucolique, presque artisanale, à taille humaine. Des manuels scolaires aux rapports d'activité internationaux, l'iconographie fait la part belle aux tournesols, et aux ruisseaux dans la montagne. La réalité est bien différente de ce cliché. Le secteur est hautement capitalistique, constitué de grandes entreprises internationales, épaulées et financées par de grandes banques et fonds également transnationaux. On n'y compte pas en millions de dollars, mais en milliards ou en dizaine de milliards de dollars. Une comparaison en témoigne : les investissements mondiaux annuels sont maintenant nettement plus élevés dans l'éolien et le solaire que dans l'industrie automobile, souvent considérée comme le parangon du grand capital oligopolistique manipulateur. Un signe qui ne trompe pas : Bloomberg, la puissante entreprise d'informations et d'analyses des grands groupes industriels et financiers (qui a fait la fortune de l'ancien maire démocrate de New York qui la possède) a considéré qu'il était opportun de créer une filiale, nommée BNEF (Bloomberg New Energy Finance) entièrement consacrée à notre secteur. BNEF publie d'ailleurs des informations de grande qualité fort utiles. Ce caractère capitalistique et financier des énergies renouvelables s'explique assez largement par le

rôle joué par les Etats dans la croissance du secteur. L'essentiel des recettes du secteur provient des subventions publiques décidées par les Parlements et les ministères. On s'y enrichit davantage en passant son temps dans les couloirs de ces institutions que dans les laboratoires ou les usines. La comparaison entre le complexe écolo-industriel et le célèbre complexe militaro-industriel s'impose assez naturellement.

Un contexte réglementaire lamentable – Le cas de l'Europe mérite une mention spéciale. Cette région est caractérisée par : (i) un système de marché de l'électricité très libéral, (ii) un taux de pénétration des renouvelables bien plus importants qu'ailleurs, et (iii) un paysage électrique catastrophique, avec des industriels en quasi-faillite malgré les prix aux consommateurs les plus élevés du monde. Y-a-t-il un rapport de cause à effet entre les deux premières caractéristiques et la troisième ? Hélas oui, même s'il n'est pas facile à expliquer. L'Union Européenne a imposé un marché unique à la fois inadapté et imparfait. Un marché inadapté parce que l'électricité est un secteur dans lequel les coûts de production marginaux sont généralement inférieurs aux coûts moyens, et donc dans lequel la vente (en gros) au coût marginal de production ne permet pas de couvrir les coûts de production. Un marché imparfait, parce que l'Union Européenne, violant ses propres principes, a simultanément introduit toutes sortes d'exceptions, et en particulier encouragé – pour ne pas dire prescrit – les subventions massives à l'électricité renouvelable.

Les producteurs d'électricité renouvelable ont naturellement répondu à cette incitation. Ils ont mis sur le marché de plus en plus d'électricité, avec un double effet. D'un côté, cette augmentation de l'offre a tiré les prix (de gros) vers le bas ; d'un autre côté, elle a tiré vers le haut les coûts unitaires des producteurs d'électricité non-renouvelable (en diminuant leur production). Vendre moins cher moins d'électricité plus coûteuse est une imparable recette de faillite. A peu près tous les producteurs européens sont dans le rouge. Pour sauver leur peau, ils se tournent vers les renouvelables subventionnés (dont la rentabilité est garantie par les Etats), vers les économies d'électricité (également subventionnées), vers le transport de l'électricité (monopoles tarifés convenablement), ou encore vers des pays lointains (pas encore contaminés par les folies de l'Union Européenne). EDF s'en tire plutôt moins mal que d'autres grâce à son important parc nucléaire amorti qui produit encore de l'électricité à un coût faible.

Le système de l'Union Européenne a deux autres conséquences, également déplorables. Primo, il fait grimper



les prix de vente au détail de l'électricité. C'est le paradoxe de prix de gros qui déclinent et de prix de détail qui augmentent. On a vu pourquoi les prix de gros baissaient du fait de l'irruption des renouvelables. Mais les subventions qui permettent cette irruption sont presque partout financées par des impôts sur les prix de l'électricité, et gonflent les factures payées par les consommateurs. Le gaspillage que représentent des centrales thermiques ou nucléaires fonctionnant de moins en moins d'heures par an est un coût, qui se retrouve lui aussi dans les factures. Les coûts supplémentaires engagés pour adapter les réseaux à l'intermittence des renouvelables sont également répercutés dans les prix. Le résultat est que le prix payé par les consommateurs est plus élevé et a augmenté plus rapidement, en Europe qu'ailleurs, et qu'il est d'autant plus élevé que le taux de pénétration des renouvelables est élevé. Trois chiffres (du prix de l'électricité aux consommateurs, en \$/MWh en 2015, selon le *Key World Energy Statistics* de l'AIE) illustrent ce propos : 130 aux Etats-Unis, 180 en France, 330 en Allemagne.

Secundo, ce système conduit à une impasse à moyen terme. Plus il y a de renouvelables et plus des centrales de non-renouvelables sont nécessaires. Elles constituent en effet un indispensable filet de sécurité pour pallier l'intermittence des renouvelables. Mais, comme on l'a vu, elles sont de moins en moins rentables. Leurs propriétaires sont donc incités à les fermer (et en ferment beaucoup), et en tout cas ils ne veulent pas et ne peuvent pas en construire de nouvelles. Dans le système mis en place par l'Union Européenne les renouvelables rendent le non-renouvelable à la fois nécessaire et impossible.


La situation est si désastreuse que l'Union Européenne, ou du moins la Commission Européenne, ont fini par en prendre conscience. Ils ont identifié les causes de la maladie : le système de marché généralisé, et les renouvelables imposés. Quels remèdes proposent-ils ? Davantage de marché, et davantage de renouvelable ! Ils cherchent à développer et à imposer un marché supplémentaire, dit de capacité, qui consiste à payer des entreprises pour créer et à entretenir des centrales d'électricité non-renouvelables afin d'être capables de fournir un peu d'électricité dans les seuls moments où soleil et vent font grève, afin d'éviter les grandes pannes qui nous menacent à moyen terme. Inutile de dire que cela se fera (ou ferait) à un coût économique, mis à la charge des consommateurs.

Un avenir incertain – Le taux de pénétration des renouvelables intermittents (solaire et éolien) est

actuellement dans le monde d'environ 5%, avec de très grandes différences entre pays. Que devrait-il être, que sera-t-il, demain et après-demain ?

La réponse n'est claire qu'en ce qui concerne le cas du désirable pour la France et le futur proche. Pour les années à venir, disons jusqu'en 2025, la demande d'électricité en France restera à son niveau. Elle est satisfaite à 94% par le nucléaire, l'hydraulique, et le thermique ; et à 5 ou 6% par les renouvelables intermittents. Comme il n'y a aucune raison de réduire l'électricité hydraulique (qui ne coûte presque rien) ou thermique (qui est faible et assure les pointes), davantage de renouvelable intermittent signifie moins de nucléaire. On ne peut guère avoir plus d'éolien et de solaire sans avoir moins de nucléaire. C'est bien ce que prévoit la loi de transition énergétique, qui réduit la production d'électricité nucléaire de 130 TWh et augmente d'autant la production de renouvelable intermittent. Cela porte le taux de pénétration du solaire et de l'éolien à 31%. Un tel taux n'est actuellement atteint dans aucun pays du monde, sauf au Danemark (dont on a vu qu'en matière d'électricité, il était davantage une province de l'Ensemble Nordique qu'un pays). Surtout, cela implique un investissement d'environ 250 milliards d'euros. En contrepartie, la fermeture de 20 centrales nucléaires en état de marche n'économise qu'une vingtaine de milliards de remises aux normes, et quelques milliards de combustibles. Le coût net de l'opération est d'au moins 25 milliards par an. Elle n'entraîne, faut-il le préciser, absolument aucune réduction de notre consommation de combustibles fossiles ni de nos rejets de CO₂ – les deux arguments brandis pour motiver le recours aux renouvelables intermittents. L'augmentation à 31% du taux de pénétration est désastreuse pour les consommateurs, juteuse pour les industriels et les financiers du renouvelable, et neutre pour l'environnement. Elle n'est pas désirable. La raison indique que la France d'aujourd'hui n'a nullement besoin de davantage d'électricité solaire et éolienne, et devrait, pour le moment, se contenter de son taux de pénétration de 5 ou 6%. Bien entendu, ce n'est pas ce qui va se passer, et la passion va l'emporter sur la raison. Ce taux va augmenter, et affaiblir notre niveau de vie et notre économie. Mais il ne va pas augmenter à la vitesse prévue par l'absurde loi de transition énergétique. Au mieux – c'est-à-dire au pire du point de vue de l'intérêt national – il pourrait atteindre 15% en 2025.

Cependant le cas de la France d'aujourd'hui n'est absolument pas généralisable. La France jouit d'une extraordinaire rente nucléaire : avec son parc nucléaire amorti, elle produit à bas coût une électricité décarbonée.



Très peu de pays bénéficient d'un tel avantage ; aucun n'en bénéficie autant que nous. Il ne durera pas. Dans quinze ou vingt ans, nos centrales nucléaires finiront bien par fermer. Il faudra alors les remplacer, soit par des installations éoliennes et solaires neuves, soit par des centrales nucléaires neuves. Ce choix (bien différent de celui qu'implique la transition énergétique française) est celui qui s'offre aujourd'hui à la plupart des pays du monde. Au Royaume-Uni, par exemple, la production d'électricité repose sur le thermique, le nucléaire et le renouvelable intermittent. Si ce pays veut réduire la part du thermique (polluant), il lui faut choisir entre augmenter celle du nucléaire (coûteux) ou celle des renouvelables (également coûteux).

Les prévisions les plus sérieuses sur les résultats auxquels conduiront les choix qui seront faits sont sans doute celles de l'AIE (Agence Internationale de l'Energie). Elles produisent des taux moyens de pénétration des renouvelables intermittents de 12-14% en 2025 et de 15-21% en 2040. On est assez loin des 31% (en 2025) de la loi de transition énergétique française, ou des 100% (en 2050) des scénarios des agences officielles du gouvernement français.

En réalité, il est très difficile, presque impossible, de prévoir les avens des renouvelables intermittents. Ces avens dépendent largement de deux forces très puissantes et très peu modélisables : la technologie et la passion.

Tout d'abord, le développement des renouvelables intermittents sera largement déterminé par les innovations et inventions technologiques des prochaines décennies. Le cas du stockage est le plus évident, mais il n'est pas le seul. Si l'on parvient à rendre possible le stockage de longue durée à bas coût de l'électricité, alors les inconvénients de l'intermittence seront largement effacés, et les taux de pénétration du solaire et de l'éolien feront un bond en avant. D'un côté, on cherche à stocker de l'électricité depuis déjà presque deux siècles, vainement, ce qui est décourageant. D'un autre côté, on cherche aujourd'hui avec des moyens décuplés ou centuplés, ce qui est un motif d'espoir.

Ensuite, ce développement est soutenu par une véritable passion. Des millions d'êtres humains sont persuadés que l'avenir de l'humanité est suspendu à l'avènement de l'électricité solaire et éolienne. Le cas de la France illustre bien le caractère religieux de cette passion : les justifications classiques (réduction du CO₂ et économie de combustibles fossiles) ne s'appliquent pas du tout, mais cela ne diminue en rien la ferveur des croyants. Le fait que

cette passion religieuse ou idéologique soit entretenue soigneusement par les financiers et les industriels du secteur ne change rien à l'affaire. Elle est. Les politiques sont à l'écoute de cette passion, et leur rôle est essentiel puisque les renouvelables se nourrissent des subventions qu'ils décident.

Pour deviner ce que sera l'avenir des renouvelables, mieux vaut peut être se tourner vers Baudelaire que vers les rapports de l'AIE, même si sa vision sombre n'est pas forcément la bonne:

*Notre âme est un trois-mâts cherchant son Icarie ;
Une voix retentit sur le pont : « ouvre l'œil ! »
Une voie de la hune, ardente et folle, crie :
« Amour... gloire... bonheur ! Enfer ! c'est un écueil !*

*Chaque îlot signalé par l'homme de vigie
Est un Eldorado promis par le Destin ;
L'imagination qui dresse son orgie
Ne trouve qu'un récif aux clartés du matin.*

SOURCES

Le domaine des renouvelables, même et surtout limité aux renouvelables intermittents, c'est-à-dire à l'électricité solaire et éolienne, est très chargé émotionnellement et parfois même politiquement. Beaucoup des textes, déclarations, affirmations, sont soit « pour » soit « contre ». Pour se protéger de ces influences a-scientifiques ou anti-scientifiques, on a choisi de marcher à l'abri des chiffres. Dans la mesure du possible, les analyses et les jugements présentés dans ce petit volume s'appuient sur des données statistiques.

Sur la plupart des questions abordées, l'auteur a cherché à rassembler et à structurer l'information disponible et à la présenter sous forme de tableaux. Ces tableaux, au nombre d'environ 50, sont le squelette de l'essai. Le lecteur pourra, ou non, être d'accord avec le commentaire, ou si l'on préfère le mode d'emploi, qui en est fait. L'auteur n'assène pas ses vérités, mais met les cartes sur la table, et donne le matériau nécessaire au lecteur pour forger sa propre opinion.

Chaque tableau contient des sources et des notes qui permettent au lecteur, s'il en a l'envie et le temps, de refaire le tableau. La reproductibilité est en effet une condition nécessaire (mais non suffisante) de la démarche scientifique.

Bien entendu, toutes les sources statistiques ne se valent pas. Pratiquement, tous les chiffres disponibles publiquement sont « vrais ». Mais ils sont souvent incomplets, ou choisis, ou ambigus, et de ce fait trompeurs – volontairement ou non. On pense à ce génial dessin de Steinberg montrant un homme qui parle ; de sa bouche sort un flot de petits « oui », qui finissent par dessiner un gros « non ». De ce point de vue, les données diffusées par les organismes professionnels (qui ont évidemment des intérêts à défendre) sont toujours à considérer avec précaution, même si elles sont parfois très utiles. Les principales sources sont les suivantes.


Sources internationales

AIE (Agence Internationale de l'Énergie) – L'AIE, une petite sœur de l'OCDE, créée en 1975, au lendemain du premier choc pétrolier, est une grosse productrice de statistiques et d'analyses sur tous les aspects de l'énergie. Ses rapports annuels sur les statistiques énergétiques (*World Energy Statistics 2016*, 789 p.), sur l'électricité (*Electricity Information 2016*, 650 p.), sur les renouvelables (*Renewables Information*, 477 p.) ou sur la prospective de l'énergie (*World Energy Outlook 2016*, 684p) font autorité. Ils sont malheureusement vendus, même en version informatique, à des prix de 150 à 200 euros pièce. De la part d'une institution qui prêche la tarification au coût marginal, cette pratique est surprenante (pour ne pas dire choquante) pour des documents diffusables électroniquement à un coût marginal nul. Elle met ces documents produits avec l'argent des contribuables hors de portée d'un chercheur indépendant non financé par des institutions ou des intérêts particuliers.

Eurostat – Eurostat, l'INSEE de la Communauté européenne, est assez pauvre en données sur l'électricité. On n'y trouve que des données très globales (par pays et par années) sur la production, la consommation, les importations/exportations, mais pratiquement rien sur le mélange électrique. Même dans un section intitulée «énergies renouvelables », hydraulique et intermittents sont regroupés. Eurostat est surtout utile pour ses données sur les prix de l'électricité dans les pays membres et leur évolution.

BP (British Petroleum) – Assez curieusement, le rapport annuel publié par la firme pétrolière (très active dans les énergies renouvelables) et intitulé *BP Statistical Review of World Energy* est l'une des meilleures sources de statistiques sur l'électricité et les renouvelables. C'est une source facilement accessible sur internet. Les données sont évidemment toutes issues de publications officielles. On y trouve, pour presque tous les pays du globe, et pour les vingt ou trente dernières années, une vingtaine de tableaux relatifs à la production et la consommation totale d'électricité, et par source (hydraulique, nucléaire, éolienne, solaire, autres renouvelables).

Bloomberg New Energy Finance – Le groupe d'information et d'analyse financières Bloomberg (propriété du milliardaire ancien maire démocrate de New York) a créé une filiale spécialisée dans la finance des énergies nouvelles, c'est-à-dire principalement éolienne et solaire. Cette filiale publie chaque année, en collaboration avec le PNUE (le Programme des Nations-Unies pour l'Environnement, UNEP en anglais), un rapport intitulé *Global Trends in Renewable*



Energy Investment (Tendances mondiales de l'investissement dans les renouvelables), qui contient les meilleurs chiffres (sans doute les seuls) disponibles sur les investissements annuels dans l'investissement dans les renouvelables, en distinguant les principaux pays ou groupes de pays.

Sources nationales

Pour la *France*, les très nombreuses publications du Ministère de l'Environnement et de l'énergie sont assez décevantes. Elles visent davantage à faire la publicité de l'action du ministère qu'à informer le public. On y trouve plus de lettres que de chiffres. Par exemple, dans la publication annuelle intitulée *Baromètre [2016] des énergies renouvelables électriques en France* on trouve des séries sur la puissance éolienne et solaire installée, sur les emplois de la filière (à l'unité près, ce qui est suspect), mais aucune série sur la production électrique solaire ou éolienne. Les deux sources statistiques les plus utiles sont sans doute RTE (Réseau de Transport de l'Electricité) et la CRE (Commission de Régulation de l'Energie. RTE publie chaque année un utile *Bilan de l'Electricité*. Il diffuse également un site intitulé *eco2mix* qui donne, demi-heure (ou quart d'heure) par demi-heure, la production d'électricité par filière et la consommation au cours des années passées, et jusqu'au moment où on le consulte. La CRE est la meilleure source d'informations chiffrées sur la CSPE (contribution au service public de l'électricité) et les subventions, même s'il n'est pas facile de les débusquer (dans une Annexe à une Délibération).

Pour les autres pays, il faut souvent avoir recours à des sources statistiques spécifiques. Les *Etats-Unis* ont une agence spécialisée, EIA (Energy Information Administration) sur le site de laquelle on trouve facilement ce que l'on cherche. Pour l'*Allemagne*, il faut consulter l'Office fédéral statistique (destatis.de Facts & Figures). Pour l'*Espagne*, Red Electrica de Espana, Balance electrico anual & Potencia instalada. Pour le *Royaume-Uni*, le site du BEIS (Business, Energy & Industrial Strategy) a une rubrique intitulée « Statistics at BEIS » qui offre en général l'information cherchée, et renvoie au chapitre « Electricité » du DUKES (Digest of UK Energy Statistics). Pour la *Chine*, on a au moins deux institutions qui diffusent des séries statistiques en anglais : la NEA (National Energy Administration) et le CEC (China Energy Council).

SIGLES & ACRONYMES

| | |
|-----------------|--|
| \$ | dollar des Etats-Unis |
| Δ | delta = variation |
| ABF | Architecte des Bâtiments de France |
| ADEME | Agence de l'Environnement et de la Maitrise de l'Energie |
| BEI | Banque Européenne d'Investissement |
| BNEF | Bloomberg New Energy Finance |
| BP | British Petroleum |
| CDNN | Contributions Déterminées au Niveau National |
| CO ₂ | dioxyde de carbone = gaz carbonique |
| CRE | Commission de Régulation de l'Energie |
| CSPE | Contribution pour le service public d'électricité |
| EdF | Electricité de France |
| EEG | Erneuerbare Energien Gesetz |
| ENEDIS | ex ERDF |
| ARENH | Accès Régulé à l'Electricité Nucléaire Historique |
| ENEL | Ente Nazionale per l'Energia Ellettrica |
| ERDF | Electricité Réseau Distribution France |
| GWh | gigawatt-heures |
| IEA | International Energy Agency (en français : AIE) |
| AIE | Agence Internationale de l'Energie IEA) |
| kWh | kilowatt-heures |
| MWh | mégawatt-heures |
| ONG | organisation non-gouvernementale |
| PIB | Produit Intérieur Brut |
| PNUE | Programme des Nations Unies pour l'Environnement |
| PSO | Public Service Obligations |
| PV | photovoltaïque |
| RTE | Réseau de Transport de l'Electricité |
| SER | Syndicat des Energies Renouvelables |
| Tep | tonnes équivalent pétrole |
| TWh | Terawatt-heures |

REFERENCES

Académie Nationale de Médecine. 2017. *Nuisances sanitaires des éoliennes terrestres*. Rapport d'un groupe de travail présidé par le Dr Tran-Ba-Huy. 26p.

ADEME. 2012a. *Contribution de l'ADEME à l'élaboration de versions énergétique 2030-2050*. 45p.

ADEME. 2012b. *Vision 2030-2050-Document technique*. 297p.

ADEME et al. 2013. *Etude sur le potentiel du stockage d'énergies*. 235p.

ADEME. *Un mix électrique 100% renouvelable ? Analyses et optimisation*. 158p.

ADEME. 2016 *Mix électrique 100% renouvelable à 2050*. 40p.

Bercoff, André. 2016. *Donald Trump : les raisons de la colère*. Edition First.

Bloomberg (New Energy Finance) & UNEP. 2016. *Global Trends in Renewable Energy Investment*

Bourdonnais, R. & Keppler, T. H. 2013. *Estimation de l'élasticité-prix de la demande d'électricité en France*. Univ; Paris Dauphine. 5p.

Bressand, Albert. 2016. *L'Europe face aux défis du pétro-solaire*. Fondation pour l'innovation politique. 33p.

CCA (Council of Canadian Academies). 2015. *Understanding the Evidence : Wind Turbine Noise*. 35p.

CGDD. 2015. *Chiffre-clés des énergies renouvelables - édition 2015*. 59p.

CRE. 2014a. *Coûts et rentabilité des énergies renouvelables en France métropolitaine*. 62p.

CRE. 2014b. *La CSPE : mécanisme, historique et prospective*. 144p.

CRE. 2013. *Eléments de méthode pour la valorisation des effacements de consommation d'électricité sur les marchés de l'énergie et sur le mécanisme d'ajustement*. 32p.

DGEC. L'industrie des énergies décarbonées.
EU (European Union). Annuel. *Energy in Figures. Statistical Pocket Book*

Fédération des EPL (Entreprises Publiques Locales) et SER. 2010. *Les EPL et l'éolien : modalité d'intervention des collectivités locales*. 35p.

Gerondeau, Christian. 2015. *Climat : j'accuse*. Ed. du Toucan. 175 p.

IEA (International Energy Agency). 2010. *Projected Costs of Generating Electricity – 2010 edition*. 213p.

IEA (International Energy Agency). 2015. *Projected Costs of Generating Electricity – 2015 edition*. ? p.

IEA. 2016. *Next Generation Wind and Solar Power*. 32p.

Jancovici, Jean-Marc & Alain Grandjean. 2006. *Le Plein s'il vous plait ! Le Seuil*. 185p.

Jancovici, Jean-Marc & Alain Grandjean. 2009. *C'est maintenant ! 3 ans pour sauver le monde*. Le Seuil. 285p.

Long Lam, Lee Branstetter, & Ines Azavedo. 2017. *Against the Wind : China's Struggle to Integrate Wind Energy in the National Grid*. Peterson Institute for International Economics Policy Brief 15-5.


Machenaud, Hervé. 2017. *La France dans le noir – Les méfaits de l'idéologie en politique énergétique*. Manitoba/Les Belles Lettres. 113 p.

MEDDE (Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable et de l'Energie). 2014. *Evolution des mécanismes de soutien aux installations sous obligations d'achat*. 25p.

négaWatt (Association). 2017. *Scénario négaWatt 2017-2050. Dossier de synthèse*. 48p.

NERA. 2015. *An Econometric Assessment of Electricity Demand in the US*. 15p.

OCDE/AEN. 2012. *Energie nucléaire et renouvelables, effets systémiques dans les réseaux électriques bas carbone. Synthèse*. 9p.



OECD (in collaboration with Climate Policy Initiative). 2015. *Climate Finance in 2013-2014 and the US\$ 100 Billion Goal*.

Percebois, Jacques. 2015 (2^{ème} ed.). *Energie : Economie & Politiques*. de Boeck. 780p.

Prud'homme, Rémy. 2015. *L'idéologie du réchauffement : Science molle et doctrine dure*. L'Artilleur. 281p.

RTE (Réseau de Transport de l'Electricité). 2016. *Schéma décennal de développement du réseau : édition 2016*.

SER (Syndicat des Energies Renouvelables). 2014. *Etat des coûts de production de l'éolien terrestre en France*. 22p.

URF (Union Routière de France). 2016. *Faits & chiffres 2016*. 139p.

Wahrenholt, Fritz. 2017. *Germany's Energiewende : A Disaster in the Making*. (Lecture at the House of Commons). GWPF. 13p.

Fils d'agriculteurs angevins, Rémy Prud'homme a fait ses études à HEC, à Harvard, à l'Université de Paris (doctorat), avant de devenir professeur des universités, en sciences économiques. Il a enseigné aux universités de Phnom-Penh, de Lille et Paris XII (où il est maintenant émérite), et à de nombreuses reprises au MIT, comme visiting professor. Il a passé plusieurs années à l'OCDE, à la direction de l'Environnement, comme directeur-adjoint ; et travaillé comme consultant pour de nombreuses institutions, en particulier pour la Banque Mondiale. Ses travaux ont porté sur les finances publiques, l'urbanisation, les transports et l'énergie.

