

INTRODUCTION

Le moteur de l'intelligence

Une planète nommée *Energy Observer*

C'est un superbe catamaran de 30 m de long pour 12 m de large, qui voyagera pendant six ans autour du monde. Il n'a ni mât ni voiles. Ni moteur au fuel lourd, à l'inverse de la plupart des navires de commerce qui sillonnent les océans. Que voit-on à la place? Couvrant le pont et les infrastructures, des panneaux solaires de toutes formes. À l'arrière de ses flotteurs, deux éoliennes à axe vertical. Cela suffirait-il à propulser un tel engin sur toutes les mers du globe? Nullement. Les vrais ressorts sont cachés.

Une partie des 141 m² de panneaux solaires ont un plus: ils sont à double face, pour profiter de la réverbération de la lumière. Dans les entrailles du navire, on trouve des batteries lithium-ion, pour stocker immédiatement ces énergies renouvelables. Mais d'autres appareils intriguent: voici une centrale de désalinisation de

L'ÉNERGIE EFFICACE

l'eau de mer. Moins pour la boire que pour procéder à une électrolyse qui donnera de l'hydrogène, stocké dans huit réservoirs, qui restituent de l'électricité à la demande, en quantité suffisante, grâce à une pile à combustible. Les batteries et l'hydrogène: ces deux formes complémentaires de stockage de l'électricité assurent la sécurité énergétique des traversées. Cela suffirait-il enfin à rendre notre navire autonome et à faire voguer ses trente tonnes? Pas tout à fait.

À ces deux premiers moteurs que sont la production et le stockage de l'énergie s'ajoute un troisième, mais non le moindre, l'intelligence, c'est-à-dire l'intégration dynamique de multiples systèmes. Cette intelligence, c'est tout d'abord celle de l'architecture du navire: *Energy Observer* est issu de la reconversion et de l'agrandissement d'un catamaran à voile de course au large ayant remporté le trophée Jules-Verne grâce à ses qualités hydro- et aérodynamiques. C'est un bon départ! Au cœur du système, ensuite, un logiciel de routage détermine l'itinéraire optimal du point de vue des conditions de navigation (courants, vagues) et des conditions de production de l'énergie à bord (ensoleillement, couverture nuageuse, état des stockages). Enfin, l'équilibre entre production et consommation est assuré par un monitoring permanent et les moteurs de propulsion sont à très haut rendement.

Ce navire est un démonstrateur énergétique en perpétuelle quête de perfection: de port en port, il vise à sensibiliser l'opinion à la mixité énergétique optimisée, aux énergies renouvelables (ENR) et au

LE MOTEUR DE L'INTELLIGENCE

potentiel de l'hydrogène. À mes yeux, il devrait être tout autant un démonstrateur d'*efficacité énergétique*, car l'intelligence de l'énergie est son moteur véritable, sous l'égide de tous ceux qui l'ont conçu: architectes navals, marins et ingénieurs de toutes spécialités. Cette prime à l'intelligence se vérifiera chaque fois qu'il se perfectionnera. Il n'augmentera pas la surface de ses panneaux solaires, ni le nombre de ses éoliennes... En revanche, ses sources d'énergie propres et leur stockage font l'objet d'une optimisation permanente. Les rendements progressent sans cesse. Les fluides et leurs températures se mutualisent pour maîtriser les consommations. C'est la mise en œuvre coordonnée et optimisée de tous ces savoirs, leur intégration, qui en fait un démonstrateur du futur énergétique.

Ce qui est vrai de ce catamaran d'exception l'est encore plus pour le vaisseau spatial Terre. Notre planète va connaître une augmentation sans précédent de ses besoins en énergie: la Chine, l'Inde, l'Afrique, l'Amérique du Sud veulent, comme nous, assurer à leurs citoyens un accès à l'énergie qui est tout sauf du luxe. Car, avec elle, c'est tout le progrès social et économique qui est rendu possible: hygiène, santé, éducation, culture, émancipation, liberté. L'accès à l'énergie n'est pas qu'une question technique, c'est même avant tout une question de civilisation, d'équité et de justice au niveau mondial.

Or la communauté scientifique est unanime: continuer l'exploitation des énergies fossiles traditionnelles

L'ÉNERGIE EFFICACE

au rythme actuel nous condamnerait au chaos climatique.

Face à l'explosion annoncée des besoins, le réflexe naturel est d'accroître les capacités de production. Cela est compréhensible, légitime, et explique le besoin de développer au plus vite les énergies renouvelables au niveau mondial. Les concepteurs d'*Energy Observer* ont suivi la même démarche: ils ont augmenté la surface de leurs panneaux photovoltaïques et testé de nombreuses nouvelles sources. Mais en se gardant d'entrer dans une spirale infernale qui veut que plus de puissance demande plus de stockage et de poids, et donc encore plus de puissance!

Même chose pour le vaisseau Terre. L'Asie et l'Afrique, zones où la population mondiale va le plus augmenter, mettent déjà tout en œuvre, encore souvent à partir d'énergies fossiles, pour répondre à la demande, portée à la fois par la croissance démographique et l'élévation du niveau de vie. Pour beaucoup d'observateurs, cet effort ne suffira pourtant pas à couvrir les besoins, et les effets sur les volumes d'émissions de gaz à effet de serre (GES) seront gigantesques. Depuis quelques années, les énergies renouvelables prennent de plus en plus de place dans les plans de développement énergétique de ces pays. Éolien, solaire, géothermie, biomasse, hydraulique, biogaz... Tout cela est nécessaire, urgent et vertueux, mais insuffisant.

L'énergie la plus abondante est la plus méconnue

Une autre énergie existe, celle que l'on peut éviter de consommer. Il peut paraître paradoxal de parler d'économies d'énergie comme d'une source à part entière, de parler de « négawatts » comme on parle de mégawatts. C'est pourtant une réalité. Si un téléphone ou une voiture consomment 30% de moins, on peut s'en servir davantage, plus longtemps, à ressources égales, ou, bien mieux, libérer des ressources pour ceux qui en ont le plus besoin.

Cette « non-énergie » est la plus verte. C'est la plus inépuisable, car elle n'a comme frontières que celles de l'intelligence et de l'imagination humaines. C'est la plus réaliste, du fait que, cette dernière décennie, l'efficacité énergétique a déjà permis d'économiser davantage d'énergie que n'en ont produit toutes les nouvelles sources renouvelables. C'est celle qui permet les avancées les plus rapides et les moins coûteuses. Et tout indique que son potentiel reste considérable.

Avec les meilleures intentions du monde, celles de répondre aux besoins de l'humanité à venir, dans leur grande majorité les politiques, les médias, les producteurs ainsi que l'opinion publique passent à côté du gisement le plus important : celui de l'efficacité énergétique - c'est même le premier dans l'ordre des priorités.

Peut-être se disent-ils que cela revient à de simples économies, qu'économiser l'énergie n'est

L'ÉNERGIE EFFICACE

guère moderne ni désirable, qu'il y suffit de quelques gestes de bon sens et que le gain sera marginal. En m'appuyant sur ma propre expérience et celle de milliers de collaborateurs, je souhaiterais, dans cet ouvrage, démontrer tout le contraire. Les nouvelles ENR et les technologies ont permis des progrès considérables, mais leur déploiement rapide au niveau mondial et l'investissement frénétique qui l'accompagne ne résoudront pas à eux seuls l'équation de l'augmentation de la demande. Je soutiens qu'elles ne peuvent être ni la solution unique, ni même la première solution au défi énergétique. Chaque pays, chaque continent va s'orienter vers un bouquet d'énergies sur mesure, adapté aux ressources locales, à ses besoins. Mais c'est en investissant d'abord dans l'efficacité énergétique qu'il abaissera le niveau de capacité minimum pour répondre aux besoins, qui, eux, ne risquent pas de diminuer. Seul un pilotage intelligent de ce bouquet pourra transformer l'essai, de la production à la consommation en passant par la distribution, dans tous les secteurs économiques.

L'efficacité ne se réduit pas à des économies, à du « moins ». Le « consommer moins » est certes la finalité, mais le moyen, c'est le mieux. Tout le monde peut baisser son chauffage, couper sa climatisation, mais alors il fait trop froid ou trop chaud. Ce n'est pas de l'intelligence ! L'efficacité commence quand on diminue la consommation d'énergie à usage constant, à confort égal ou supérieur. Comme nous l'avons fait pour nos voitures, nos téléphones, nos bateaux, nos réfrigérateurs, nos maisons, nos processus

LE MOTEUR DE L'INTELLIGENCE

industriels: depuis le début de l'aviation commerciale, la consommation des moteurs a ainsi chuté de moitié! La Volkswagen Golf de 1979 consommait 15 litres aux 100 km pour une puissance de 70 ch. Trente ans plus tard, celle de 2012 revendique 4 litres pour une puissance de 100 ch, avec des équipements, de la sécurité et du confort en plus... et, entre-temps, l'essence est devenue sans plomb.

L'efficacité ne rime pas avec privation ou pénurie. Elle va de pair avec innovation, performance, confort. Elle multiplie et orchestre comme jamais les sources d'énergie. Elle valorise la digitalisation, l'intelligence artificielle, le *big data*. Le digital nous rendra capable de connaître et de piloter au plus près nos productions et consommations d'énergie, à l'échelle d'une chambre, d'une maison, d'un quartier, d'une ville, d'une usine, d'une centrale ou d'un réseau continental. Le simple bon sens individuel est augmenté par l'intelligence collective des réseaux. L'efficacité énergétique nous ouvre à un nouvel Internet, ce que l'essayiste Jeremy Rifkin a appelé un «Internet de l'énergie». L'énergie y circulera avec la même précision et la même pertinence que dans les réseaux de communication. Le nouveau visage de l'efficacité énergétique, c'est l'énergie digitale, communicante et abondante.

Ce nouveau paradigme révolutionne déjà nos métiers d'énergéticiens, la chaîne de production verticale traditionnelle, les habitudes des consommateurs, ainsi que la chaîne de valeur. Dans certains

L'ÉNERGIE EFFICACE

pays, la réglementation fait que l'énergie économisée acquiert une valeur à part entière, à l'égal de l'énergie produite et consommée. Grâce à cet aiguillon, les citoyens et les entreprises profiteront de performances accrues à coût égal ou inférieur, avec une empreinte écologique bien plus faible. C'est aussi, très souvent, une révolution des habitudes et des comportements, qui évoluent vers l'énergie juste, plutôt que vers le toujours plus.

C'est donc à un changement de perspective que vous invite cet ouvrage, une redéfinition des priorités et des moyens pour accompagner le progrès, tant il est vrai que l'énergie est consubstantielle à l'épanouissement de notre humanité.

* * *

CHAPITRE 1

Mieux et moins font plus

CHAPITRE 1

Mieux et moins font plus

La demande en énergie va considérablement augmenter au cours du siècle, principalement dans les pays émergents. Parallèlement, un compte à rebours s'est engagé pour réduire les émissions de gaz à effet de serre, ce qui disqualifie à terme les énergies fossiles. Pour répondre à ces injonctions contradictoires, les ENR sont-elles réellement l'unique priorité ?

L'énergie, condition de la modernité

L'histoire de l'humanité est largement celle de ses sources et de sa consommation d'énergie. Que pèsent tel changement de dynastie, telle modification de frontières ou telle bataille devant les bouleversements majeurs d'approvisionnement en énergie qu'ont été la découverte du feu au Néolithique, les moulins à eau et à vent, l'invention de la machine

L'ÉNERGIE EFFICACE

à vapeur à l'orée de la révolution industrielle et l'utilisation massive des énergies fossiles (charbon, gaz, pétrole) à partir des Trente Glorieuses? Nous sommes devenus des sociétés «énergivores»: avec le carburant de nos voitures, le gaz ou le charbon de notre chauffage, l'électricité (quelle que soit son origine) des lampes qui nous éclairent, sans compter le kérosène de nos voyages en avion, nous disposons, dans les pays riches, de plus d'énergie que les plus grands souverains des siècles passés. Cette hausse de la consommation d'énergie par habitant n'a pas été pour autant un luxe: elle a permis au plus grand nombre une meilleure qualité de vie, une plus grande longévité, plus de progrès. L'énergie est donc omniprésente, indispensable, elle se doit d'être toujours disponible.

À l'époque moderne, le grand bouleversement a été non seulement l'explosion de la consommation d'énergie (de 0,1 tonne équivalent pétrole¹ par personne, estimée au Néolithique, à 7 aux États-Unis, de nos jours), mais aussi la diversification des sources. L'humanité s'est très longtemps contentée de brûler du bois et des déchets organiques, ce qu'on appelle aujourd'hui la «biomasse», puis de recourir à la traction animale pour le transport et le labour. Mobilisées massivement à partir du XVIII^e siècle, de

1. Une tonne équivalent pétrole (tep) est une unité permettant de mesurer entre elles différentes formes d'énergie en les ramenant à l'énergie contenue dans une tonne de pétrole brut, environ 11 630 kWh ou 41,868 gigajoules. Voir <https://www.insee.fr/fr/metadonnees/definition/c1355>

nouvelles énergies apparaissent et changent tout: le charbon (extrait de mines), suivi progressivement par le pétrole, le gaz, l'hydroélectricité et le nucléaire. L'énergie mondiale repose donc à présent sur ces cinq piliers, d'importance très variable selon les pays. Bien qu'en fort développement, les nouvelles énergies renouvelables (ENR), soit l'éolien, le solaire et la géothermie, sont encore quantité négligeable au niveau global.

Les énergies fossiles constituent toujours plus de 80% de la consommation mondiale d'énergie primaire². S'étant formées dans les couches géologiques profondes, pendant des millions d'années, elles ont eu l'immense mérite d'offrir une énergie bon marché, d'une densité inégalée, facilement transportable et stockable. Le développement de nos villes, notre niveau et notre style de vie auraient été inconcevables sans la puissance et la disponibilité du charbon, du pétrole et du gaz. Le nucléaire, quant à lui, repose sur l'uranium. Du fait qu'elles se présentent en quantités limitées, ces énergies sont aussi qualifiées d'«énergies». Le nucléaire est en effet la seule énergie de stock non carbonée. Les énergies de stock se distinguent de celles dites «de

2. La plupart des données sont tirées des rapports annuels de l'Agence internationale de l'énergie. Une *énergie primaire* est une énergie présente disponible dans la nature, avant sa transformation et sa mise en œuvre en tant qu'*énergie finale* disponible à la consommation: eau des fleuves, rayons du soleil, pétrole souterrain, souffle du vent, etc. Le passage de l'énergie primaire à l'énergie finale implique toujours une perte.

flux», qui correspondent à une circulation d'énergie naturelle (chaleur, vent, eau).

Des énergies fossiles non soutenables

L'inconvénient majeur des énergies fossiles est qu'elles sont carbonées, puisqu'elles émettent, lors de leur combustion, des gaz à effet de serre (GES) et des particules fines. Les GES, principalement du dioxyde de carbone, provoquent le réchauffement de l'atmosphère terrestre en empêchant les rayonnements solaire et infrarouge de se dissiper. Au niveau international, la prise de conscience du danger date officiellement de 1988, avec la création du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, le fameux GIEC. Tous les rapports publiés par ce groupe de travail depuis sa création confirment l'hypothèse de départ: la température terrestre ne cesse d'augmenter depuis le début du XX^e siècle, en raison de gaz à effet de serre liés aux activités humaines. De scientifique, l'affaire devient politique, puisqu'un cycle de négociations climatiques internationales est lancé lors du Sommet de la Terre de Rio, en 1992. Le cadre juridique permanent en sera la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (CCNUCC), qui a pour objectif d'éviter « toute perturbation anthropique dangereuse du système climatique ». Si l'humanité est responsable d'une telle perturbation, le principe est acquis que cette responsabilité est « commune mais différenciée ». Les pays occidentaux industrialisés ont été, historiquement,

MIEUX ET MOINS FONT PLUS

les principaux émetteurs, donc les principaux ou premiers responsables de cette dérive climatique. En 1997, le Protocole de Kyoto est le premier instrument juridique visant à contraindre les pays signataires à réduire leurs émissions de GES avant 2012, avec l'objectif commun, formalisé dans l'Accord de Copenhague de 2009, de ne pas dépasser le seuil d'une augmentation de la température globale de 2 °C par rapport à l'ère pré-industrielle.

Avec vingt ans de recul, le processus de cette diplomatie climatique ne peut être qualifié de franc succès, même s'il a permis une prise de conscience réelle, qui dépasse les seuls pays développés. Récemment, l'ONU a dénoncé « l'écart catastrophique » entre les promesses des États et la nécessaire limitation à 2 °C de réchauffement³. Celle-ci semble en voie d'être dépassée, et nous pourrions même, selon les prévisions les plus pessimistes du GIEC⁴, atteindre + 4,8 °C à l'horizon 2100. Pendant ce temps, certains pays, à commencer par les États-Unis, le second plus grand émetteur de la planète, quittent le cadre de négociations internationales ou sont tentés de le faire. Pourtant, ce n'est plus du futur dont il s'agit. La fréquence et l'intensité des événements extrêmes (ouragans, inondations, sécheresses), l'acidification des océans, la montée des eaux, la diminution des rendements agricoles suscitent l'inquiétude. Pire encore, certains

3. http://www.liberation.fr/planete/2017/10/31/climat-l-onu-alerte-sur-l-ecart-catastrophique-entre-les-promesses-des-etats-et-l-objectif-de-2c_1607014

4. http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/syr/SYR_AR5_FINAL_full_fr.pdf

agitent la menace d'une évolution qui pourrait ne plus être linéaire mais exponentielle, en vertu des boucles de rétroaction positives: la fonte du permafrost, par exemple, libérera d'énormes quantités de CO₂ que les océans, saturés, ne pourront absorber. Pour nommer cette condition inédite, le Prix Nobel de chimie Paul Crutzen a même proposé, en 2002, de changer le nom de l'ère géologique en cours, l'Holocène, pour «Anthropocène», ère dans laquelle l'humanité est devenue le facteur majeur d'évolution de la biosphère terrestre.

L'urgence climatique

Que l'on soit ou non écologiste, on peut légitimement parler d'un état d'urgence écologique que chacun peut constater, *de visu* ou à travers des dizaines de rapports internationaux, de la Banque mondiale à l'OCDE, en passant par les grandes compagnies d'assurances qui cherchent à évaluer les risques, ou encore le Programme des Nations Unies pour le Développement. Comme le rappelle Isabelle Kocher, la directrice générale d'Engie, « le changement climatique transforme tout. Il nous entraîne dans un monde différent de celui que nous connaissons, où, cette fois, personne ne peut dire: "Ce n'est pas mon problème." Nous sommes tous concernés, car cette rupture invite chacun à réévaluer son mode de vie⁵ ».

5. <https://www.engie.com/groupe/opinions/transition-energetique-climat/isabelle-kocher-le-monde-fin-energies-fossiles/>

Tout doit donc être fait pour baisser aussi rapidement que possible les émissions de GES de l'humanité, sans quoi nous nous exposons à un chaos climatique, écologique, social et politique dont personne n'est assuré de sortir indemne. Selon la Banque mondiale, la hausse du niveau des mers, la baisse des rendements agricoles et les pénuries d'eau pourraient pousser 143 millions de personnes à migrer d'ici 2050, principalement en Afrique subsaharienne, en Asie du Sud et en Amérique latine. Dans ce cadre, il ne faut pas pour autant désespérer de l'échelon politique, même s'il s'est avéré insuffisant jusqu'ici. Sans des sommets internationaux très médiatisés, sans la pression des opinions, sans l'émergence d'une prise de conscience au sein de la société civile chinoise ou indienne, la situation serait bien pire encore. Les progrès sont lents, mais réels. Il faut continuer l'éducation au développement durable. Dans cette impasse climatique, nous n'avons pas encore fait demi-tour, mais nous ralentissons!

Le rôle des entreprises

Dans la plupart des pays industrialisés, c'est la consommation d'énergie qui est à l'origine de la grande majorité des émissions de GES. C'est notamment le cas de la France, où 70% des émissions proviennent de notre consommation énergétique⁶.

6. http://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/fileadmin/documents/Produits_editoriaux/Publications/Datalab/2017/datalab-27-CC-climat-nov2017-b.pdf

L'ÉNERGIE EFFICACE

L'usage, les quantités et le type d'énergie utilisée sont donc cruciaux dans le processus de réduction des GES, que ce soit du côté de la consommation ou de celui de la production.

Les entreprises ont leur rôle à jouer, et elles sont souvent plus en avance que les États⁷. Dans la responsabilité environnementale, elles ont vu d'abord une forme de philanthropie, puis une contrainte réglementaire. Elles y ont compris ensuite leur intérêt – un gain d'image – puis trouvé un investissement créateur de valeur (en évitant ou non le *greenwashing*), enfin, plus récemment, un argument dans le recrutement de salariés authentiquement sensibilisés et un réel bénéfice économique.

Dans l'économie, l'énergie est à la fois un secteur spécifique, avec des énergéticiens bien connus – extracteurs de ressources ou producteurs d'énergie – comme ExxonMobil, E.ON, Total, EDF ou Engie, mais surtout une ressource stratégique et transversale qui rend possible la production. L'industrie, le bâtiment, les transports, l'agriculture, les commerces et les services dépendent, chacun à leur façon, d'un approvisionnement sûr et abordable en énergie. Sans production massive d'énergie, au XXI^e siècle, il n'y a ni progrès, ni développement, ni production, ni consommation. Les énergéticiens ont une responsabilité particulière, puisque du type d'énergie et des

7. « Émissions de CO₂ : 14 entreprises françaises reçoivent la meilleure note », *Les Échos*, 25 octobre 2016.

services qu'ils fournissent dépend la teneur en GES des usages énergétiques de la société et donc leur impact sur l'environnement. En réinventant la façon de produire, de distribuer et de consommer l'énergie, ils peuvent contribuer à relever le défi du changement climatique.

Une explosion annoncée des besoins

Pour ce faire, il faut se défier des moyennes mondiales et réaliser à quel point la situation énergétique est contrastée selon les continents, les pays et les régions du monde. Les Européens mènent une politique pionnière de diminution de la consommation d'énergie: en 2008, dans son « Paquet Énergie Climat », l'Union européenne s'était engagée à réduire sa consommation d'énergie de 20% en 2020, par rapport à 1990. En 2015, elle était presque parvenue à cet objectif, grâce à l'augmentation des efforts en matière d'efficacité énergétique⁸. L'impact sur les émissions de GES est significatif: - 23% en 2015 par rapport à 1990 pour l'Union à Vingt-huit, et - 16% pour la France⁹.

Cette volonté politique européenne vertueuse ne doit pas faire oublier, d'une part, l'augmentation de

8. http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Consumption_of_energy/fr

9. http://www.statistiques.developpementdurable.gouv.fr/fileadmin/documents/Produits_editoriaux/Publications/Datalab/2016/chiffres-cles-du-climat-edition2017-2016-12-05-fr.pdf

L'ÉNERGIE EFFICACE

58% des émissions de GES au niveau mondial sur la même période (1990-2015), d'autre part, la colossale hausse programmée de la consommation, donc de la production d'énergie, dans les pays émergents. Ces pays représentent l'essentiel de l'humanité actuelle et à venir, avec les BRIC (Brésil, Inde, Chine, Russie), mais aussi l'Afrique et son développement démographique rapide. Un fossé sépare la consommation d'énergie d'un Allemand de celle d'un Indien, encore plus celle d'un Nord-Américain de celle d'un Africain¹⁰. Le facteur est de 1 à 10, voire davantage!

Quand l'opinion publique de nos contrées conteste le nucléaire, dénonce le charbon allemand ou polonais, prend soin de son empreinte carbone dans son alimentation ou son logement, l'Inde comme la Chine se préparent à un changement d'échelle jamais vu dans la production et la consommation d'énergie par habitant, en n'excluant aucune source, aussi contradictoires soient-elles du point de vue environnemental. La Chine est – de loin – le premier producteur de charbon, mais aussi le premier producteur d'électricité et de panneaux solaires. Son programme de construction de réacteurs nucléaires prévoit des dizaines d'installations dans tout le pays. L'Inde, qui deviendra bientôt le pays le plus peuplé du monde, n'est pas en reste avec ses «Ultra Mega Power Projects», neuf mégaprojets de centrales au charbon, mais aussi avec le nucléaire.

10. B. Barré et B. Mérenne-Schoumaker, *Atlas des énergies mondiales*, 4^e éd., Éd. Autrement, 2017, p. 11.

MIEUX ET MOINS FONT PLUS

Comment et au nom de quoi leur donner tort? Un milliard d'habitants dans le monde n'ont pas accès à de l'énergie en réseau et subsistent en brûlant de la biomasse (bois, déjections animales et déchets agricoles). De ce point de vue, l'Afrique est certes, avec le bois combustible, la championne des ENR (48% de sa consommation primaire d'énergie¹¹), mais pour une pénibilité sans pareille, une pollution intérieure majeure et des rendements dérisoires: 0,67 tep par an et par habitant, contre 7 pour un Américain du Nord. À l'échelle mondiale, 12,6% de la population mondiale n'ont pas accès à l'électricité¹², principalement en Afrique subsaharienne, avec, bien sûr, de grands contrastes entre les villes et les zones rurales.

Selon le scénario de référence de l'Agence américaine de l'énergie¹³, la consommation mondiale d'énergie augmentera de 28% entre 2015 et 2040, majoritairement dans les pays émergents (pays hors OCDE). Dans ces derniers, l'augmentation sera même de 41% sur la même période, contre 9% seulement dans les pays de l'OCDE. Cela s'explique évidemment par leur dynamisme démographique (notamment en Afrique et en Inde), une forte croissance économique

11. AIE, World Energy Outlook 2017. Voir 4^e Forum international sur les perspectives africaines, Banque africaine de développement, OCDE, <http://www.oecd.org/fr/dev/emoa/33936714.pdf>. Voir également Chiffres clés des ENR, Ministère de l'Environnement, 2017, p. 62. http://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/fileadmin/documents/Produits_editoriaux/Publications/Datalab/2017/Datalab-8-CC-des-energies-renouvelables-edition-2016-fevrier2017.pdf

12. <https://donnees.banquemondiales.org/indicateur/EG.ELC.ACCS.ZS>

13. IEO, International Energy Outlook 2017.

et le développement à marche forcée de l'offre d'énergie qui les accompagne. Le rattrapage énergétique de ces continents entiers est une magnifique nouvelle: il contribuera à sortir des centaines de millions de personnes de la précarité, de l'ignorance, de la maladie et de la pauvreté. Quantitativement, du point de vue d'un énergéticien, on ne crée au niveau mondial rien moins que deux Europe en quinze ans, avec toutes les infrastructures et les réseaux correspondants!

L'avenir du climat entre les mains des pays émergents

Aussitôt, nous nous trouvons face à une injonction contradictoire: ces pays doivent pouvoir satisfaire la demande en énergie de leurs populations, mais en même temps limiter leurs émissions de GES, causes d'un dérèglement climatique dont ils seraient les premières victimes. Tel est notamment le cas du Bangladesh, où la population pourrait être poussée à l'exil en cas de montée du niveau des océans ou d'inondations chroniques¹⁴. Que faire? L'objectif est nécessairement qu'ils se développent, que, le cas échéant, nous les y aidions, sans pour autant que nous nous retrouvions tous au niveau de consommation énergétique des États-Unis, pays emblématique du mode de vie occidental. Plusieurs Terres n'y

14. « Climat: la Banque asiatique de développement lance un cri d'alarme », *Le Monde*, 16 juillet 2017.

MIEUX ET MOINS FONT PLUS

suffiraient pas, comme l'ont montré les estimations de l'empreinte écologique¹⁵. Mais la montée de leur consommation est inéluctable, et même souhaitable, puisque tirée par leur développement et alimentant ce dernier.

L'exemple de Pékin est emblématique. Le récent développement, ultrarapide, de cette mégapole aux six boulevards périphériques (bientôt sept) s'est accompagné de la mise en route de centrales thermiques à charbon nécessaires pour approvisionner une population de plus 20 millions d'habitants à l'activité frénétique. Les industries se sont elles-mêmes retrouvées «piégées» au sein des habitations. L'ensemble a provoqué un épais brouillard sur la ville et s'est traduit par des niveaux de particules très inquiétants. Il a fallu des décisions drastiques du gouvernement pour fermer les centrales les plus proches et développer de nouvelles productions.

Pour des raisons d'équité énergétique et politique, l'horizon de la réduction doit être commun à tous les pays: consommer mieux et moins, pour un service équivalent, voire meilleur. Les pays riches devront donner l'exemple, mais, aussi vertueux soient-ils, les choix énergétiques occidentaux n'auront qu'un impact mineur sur le climat que nous léguerons à nos petits-enfants. Sauf à renoncer au niveau de vie, de

15. Global Footprint Network, cité dans « Depuis aujourd'hui, l'humanité vit à crédit », *Le Monde*, 1^{er} août 2017. Voir également WWF cité dans « La France creuse sa dette écologique », *Le Monde*, 4 mai 2018.

L'ÉNERGIE EFFICACE

progrès, de confort auxquels ils sont parvenus, ce qui serait bien évidemment inacceptable pour l'opinion publique et donc, pour l'heure, pas réaliste.

De fait, c'est dans les pays émergents que se fera la différence à l'échelle planétaire. C'est eux qui déterminent les ordres de grandeur en jeu. À côté ou en complément de nos efforts nécessaires, ce sont eux qui doivent en priorité choisir des solutions pour diminuer leurs émissions en GES et parfois les inventer, non pas pour nous plaire, mais pour éviter à leurs populations des catastrophes écologiques et sociales. C'est avec eux qu'il faut collaborer. C'est l'intérêt objectif des pays développés de soutenir les pays émergents dans ces choix.

Prenons le cas du parc automobile mondial, destiné à tripler d'ici 2050. Le passage à l'électrique s'accélère et la Chine affiche déjà les objectifs les plus ambitieux au monde dans la production de batteries et de véhicules électriques, puisqu'elle impose à ses constructeurs automobiles un quota de 10% de véhicules hybrides ou électriques d'ici 2019, et de 12% dès 2020¹⁶. Dans le premier marché automobile du monde, toujours en croissance avec plus de 25 millions de véhicules vendus par an, thermiques comme électriques, un tel volontarisme laisse loin derrière les pays occidentaux. De leur côté, l'Europe et le Japon ont accompli des progrès considérables quant à l'efficacité et à la propreté de leurs moteurs

16. *Les Échos*, 28 septembre 2017.

traditionnels. Mais il est évident qu'en restant sur le modèle de la voiture individuelle, avec un taux d'occupation de 1,25 personne en moyenne, on se retrouvera rapidement dans une impasse énergétique et urbanistique, à l'image des congestions du trafic, déjà monstrueuses dans les grandes métropoles asiatiques ou africaines. Si nous ne modifions pas nos pratiques, même devenues électriques les nouvelles voitures ne pourront trouver ni toutes les terres rares (métaux) nécessaires aux batteries, ni les réseaux pour les charger, ni les routes où rouler. Les transports en commun, les véhicules partagés et mutualisés, électriques, à gaz ou à hydrogène, devront devenir la règle si l'on veut que chacun puisse prendre sa part du progrès technologique. Dans tous les domaines, une révolution des usages énergétiques doit advenir pour que personne ne soit exposé à la pénurie.

La pénurie n'est pas une option

Ce point est crucial à mes yeux: dans ce grand bouleversement de la donne énergétique, personne ne veut ni ne doit faire maigre. Personne ne doit être puni. Dans nos pays, la pénurie énergétique est impensable et doit le rester. Dans les pays émergents, où les coupures s'avèrent fréquentes et intempêtes, elles doivent, et vont, disparaître. Lors des crises pétrolières des années 1970, la pénurie a été « acceptée » - ou, plutôt, subie. Puis elle a été vite occultée. Les gouvernements et les populations ont

préféré payer plus cher et consommer plus, et se sont vite organisés pour cela. Pour ne priver personne, il faut donc réinventer le progrès: plus harmonieux, avec des modes de consommation vertueux. Il faut miser sur des innovations techniques mais aussi sociales qui nous permettront de consommer mieux pour consommer tous, à service équivalent ou supérieur. Consommer mieux, c'est-à-dire plus vert, plus durable, plus efficace et selon une meilleure répartition.

Une disruption peut toujours changer la donne énergétique

Dans ce débat, parler de réductions des GES conduit souvent à parler des nouvelles ENR, qui incarneraient à elles seules la transition énergétique. Mais, si elles sont indispensables, elles ne sont pas la seule façon de décarboner l'économie. Tout dépend d'un ensemble de choix et de priorités qu'on se donne. Tout dépend également des technologies disponibles: s'il faut certes pouvoir planifier des scénarios, plus on se projette dans l'avenir et moins on est à l'abri d'une bonne nouvelle – autrement dit, d'une technologie potentiellement révolutionnaire, d'une disruption majeure, comme l'amélioration brutale de la performance des technologies de stockage ou de production d'électricité ou d'hydrogène renouvelable. La prospective, souvent prise en défaut, nous oblige à la prudence. Cela fait des dizaines d'années que l'on prédit tour à tour la fin du charbon, du bois, du

MIEUX ET MOINS FONT PLUS

pétrole! Dans cet ouvrage, nous raisonnerons donc à progrès technologique constant, mais en gardant à l'esprit la possibilité, et même la probabilité, d'un progrès fulgurant.

Notons toutefois que même la découverte d'une source d'énergie infinie ne serait pas la solution à tous nos problèmes. On le voit avec le photovoltaïque: le soleil est, à notre échelle, une source d'énergie infinie, mais, hormis pour la chaleur et la photosynthèse en agriculture, ou encore sur la plage, il ne se consomme pas tel quel! Les panneaux et fermes solaires, le transport et l'acheminement de l'électricité et la gestion de son intermittence requièrent, eux, de l'espace et des infrastructures. Les ressources en cuivre et aluminium pour fabriquer les câbles électriques ne sont pas infinies. Une offre énergétique ne se réduit pas à sa source primaire, mais doit intégrer tous les facteurs limitants de sa chaîne de production et de distribution. Par ailleurs, même une énergie infinie issue de la fusion nucléaire, comme celle visée par le programme ITER, ne résoudrait pas pour autant le problème de la production de chaleur qu'entraîne toute utilisation d'énergie, selon les lois bien établies de la thermodynamique. L'énergie illimitée, gratuite et sans contrainte pourrait être le plus sûr chemin vers un réchauffement climatique accéléré! Nous n'échapperons pas à une réflexion sur nos besoins et nos usages.

Alors que la demande augmente inéluctablement, il est donc essentiel d'optimiser la production et la

L'ÉNERGIE EFFICACE

consommation, de réaliser des économies, d'augmenter l'efficacité énergétique, tout autant que de chercher des sources d'énergie propres. Où donc trouver, au Nord mais surtout au Sud, les gisements non seulement d'économies d'énergie, mais aussi de réduction des émissions de GES? Quels sont les problèmes et les obstacles rencontrés? Prenons le cas français, parce que nous sommes directement concernés mais aussi pour mesurer le chemin qu'il nous reste à parcourir pour tenir les engagements que nous avons pris lors de la COP21 où nous avons à cœur de montrer la voie.

Émissions de GES par secteur en France

Notre pays est le deuxième d'Europe le plus en retard par rapport à l'objectif européen de 23% d'énergie renouvelable dans la consommation d'énergie finale en 2020¹⁷, alors même que celui-ci a été récemment revu à la hausse: 32% en 2030, dont 14% de renouvelable dans le secteur des transports¹⁸.

Par ailleurs, la France détient quelques records qui interpellent, telle la prépondérance du diesel dans notre parc automobile, source de graves pollutions urbaines, ou encore le poids de notre filière nucléaire, qui, bien que démontrant un brillant savoir-faire et nous garantissant jusqu'ici l'électricité la moins

17. Juste devant les Pays-Bas. Source : Eurostat 2018.

18. « L'Europe trouve un accord sur les ENR », *Le Monde*, 14 juin 2018.

MIEUX ET MOINS FONT PLUS

chère d'Europe, joue incontestablement un rôle anesthésiant dans le développement des ENR, et pose toujours le problème de la prolifération de déchets radioactifs.

Tout cela nous conduit, pour l'instant, assez loin des objectifs que nous avons défendus devant le monde entier lors de la COP21 parisienne, en 2015, et surtout de la loi relative à la transition énergétique et à la croissance verte, adoptée la même année, avec ses deux outils de pilotage que sont la Stratégie nationale bas carbone (SNBC) et la Programmation pluriannuelle de l'énergie (PPE)¹⁹. Nous avons manqué de 3,6 % nos objectifs en 2016. Nos voisins nous observent et attendent davantage de nous...

Pour s'en convaincre, passons en revue les quatre principaux secteurs de l'économie, qui présentent des caractéristiques et des trajectoires très contrastées. L'industrie consomme 16,9 % de l'énergie finale et produit 21,3 % des GES²⁰. Sa trajectoire d'émissions s'avère très vertueuse depuis 1990, en raison d'une meilleure productivité et d'une meilleure efficacité, mais aussi à cause de la désindustrialisation progressive que vit notre pays depuis des décennies. Au fil des ans, nous avons beaucoup délocalisé notre production, d'où un écart considérable entre l'empreinte carbone de notre consommation (en hausse)

19. « GES : la France sur la mauvaise pente », *Le Monde*, 23 janvier 2018.

20. Citepa, Sncb, MTES : voir « Transition énergétique, où en est-on? », *Alternatives économiques*, février 2018.

et celle de la production réalisée sur notre territoire (en baisse)²¹. Un des objectifs de la nouvelle stratégie bas carbone et de la loi de 2015 est justement de «prendre en compte l'empreinte carbone pour le suivi de ses politiques publiques». Politiquement, socialement et écologiquement, on ne peut donc demander les plus grands efforts à l'industrie, même si elle recèle encore de fortes potentialités d'efficacité énergétique.

Le secteur du bâtiment (résidentiel-tertiaire) est le plus gros consommateur d'énergie, avec 42,9% du total, avec une tendance à la hausse depuis 1990²². Ses émissions représentent 19,5% du total, avec toutefois une tendance à la baisse de 2% entre 2012 et 2016, ce qui est encourageant mais insuffisant. Ce pourcentage, remarquablement faible, est le résultat d'un chauffage électrique hypertrophié en France, soutenu par un parc électro-nucléaire considérable. Étant donné les volumes en jeu, le potentiel de réductions des GES y est le plus important. Plus de la moitié du parc de logements date d'avant 1975²³: il est sans isolation. C'est un gisement formidable d'amélioration de l'efficacité de nos bâtiments. Tout comme les 20% de la population en proie à une forme de précarité énergétique.

21. Commissariat général au développement durable, *L'empreinte carbone, les émissions «cachées» de notre consommation*, novembre 2015.

22. http://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/energie-climat/r/con consommations-secteur-residentiel-tertiaire.html?tx_ttnews%5Btt_news%5D=21063&Hash=9f0e986e0a2dd7b05e0cfb6e782ac795

23. Insee, recensement.

MIEUX ET MOINS FONT PLUS

Les plans de rénovation thermique des bâtiments prennent la bonne direction, mais ils n'ont pas encore atteint le niveau requis, ni même celui prévu par la loi, soit 500 000 logements par an. On est plus proche aujourd'hui des 400 000 logements²⁴. En matière de bâtiments publics – secteur crucial –, un plan de rénovation doté de 4,8 milliards d'euros a été annoncé en 2017, concernant 380 millions de mètres carrés, dont 280 relèvent des collectivités locales²⁵. La très grande majorité de ces bâtiments sont très anciens et beaucoup s'apparentent à de véritables « passoires thermiques ».

Les transports sont le point noir du tableau: ils pèsent pour près de 30% des GES, 28,5% de la consommation énergétique totale. Le plus grave est que leurs émissions continuent d'augmenter et dépassent le niveau de référence de 1990. Ce sont les plus impactantes, du fait que concentrées, en plus de l'effet de serre, elles polluent l'air des villes et menacent directement la santé de millions de citoyens. Comme on l'a vu, la voiture électrique ne constituera qu'une partie de la solution, il faudra développer d'autres techniques pour l'utilisation intensive, mais c'est une révolution des usages qui s'impose.

24. Chiffres 2015, ministère de l'Écologie.

25. <http://www.maire-info.com/urbanisme-habitat-logement/transition-energetique/renovation-thermique-des-batiments-publics-il-y-aura-deux-milliards-de-prts-pour-les-collectivites-article-21846>. Voir également le Plan de rénovation énergétique des bâtiments (avril 2018): <https://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/renovation-energetique-des-batiments-plan-accelerer-mobilisation-generale>

L'ÉNERGIE EFFICACE

Vient enfin l'agriculture, un secteur très particulier puisque peu gourmand en énergie (2,9%) mais très émetteur de GES, avec 19,7% du total, soit l'équivalent du résidentiel ou de l'industrie²⁶! L'élevage et les rejets d'azote expliquent ces émissions. Les innovations technologiques se multiplient, minimisant les impacts environnementaux, mais à ce jour, elles ne suffiront pas. Il faut envisager des changements dans les pratiques agricoles (passage à des modes de culture raisonnés ou biologiques) et dans les habitudes alimentaires (valorisation des protéines végétales).

Un récent avis du Conseil économique, social et environnemental se faisait l'écho du retard français: « On constate en particulier que les émissions de GES et la consommation énergétique des transports ne fléchissent pas, que dans le secteur du logement et du tertiaire les objectifs annuels de rénovation énergétique pourtant fixés depuis la loi Grenelle de 2008 sont très loin d'être atteints et que la France demeure un des pays d'Europe les plus en retard sur les objectifs fixés pour 2020 en matière de déploiement des ENR²⁷. » L'accent est mis sur un manque de pilotage au niveau national, un manque d'implication des territoires (villes et régions pour lesquelles c'est d'abord un coût immédiat), et la nécessaire simplification des

26. <http://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/lessentiel/ar/199/1080/emissions-gaz-effet-serre-secteur-france.html>

27. G. Duval, M. Charru, *Comment accélérer la transition énergétique?*, Avis du CESE, février 2018.

démarches pour développer les ENR. Beaucoup reste à faire dans le pays hôte de la COP21!

Chaque pays doit inventer sa trajectoire de réduction des GES

Chaque pays possède un paysage énergétique qui lui est propre, des gisements d'économies d'énergie et de réductions de GES spécifiques, un contexte politique et culturel particulier. Forte de ses capacités industrielles et de son volontarisme, la Chine va de l'avant en développant simultanément le nucléaire, le solaire, l'éolien, le gaz naturel, mais reste tributaire du charbon et du pétrole. Grâce à ses fleuves et ses forêts, le Brésil est un géant de l'hydroélectricité et de la biomasse, avec le plus grand parc automobile roulant à l'alcool de canne à sucre, mais il reste très dépendant du pétrole²⁸. L'Islande a massivement valorisé ses ressources géothermiques et continue de le faire. Le Danemark a déployé un étonnant parc éolien, profitant d'une géographie favorable, d'un littoral peu profond et peu exploité, et d'une densité démographique relativement faible.

Chacun est confronté, à son échelle, au même défi: pour chaque habitant, produire autant (pour les pays riches) ou plus (pour les pays émergents), tout en émettant moins. Le recours massif aux énergies fossiles à la façon du siècle dernier n'est pas tenable.

28. Agence internationale de l'énergie.