

# LA CHIMÈRE DU 100% RENOUELABLE

Avec la fin de l'exploitation du pétrole, la plus grande innovation sera l'efficacité énergétique et la réduction massive de notre consommation — Par Matthieu Auzanneau

**N**ous sommes plus que jamais « accro » aux énergies fossiles non renouvelables. Pétrole, gaz naturel et charbon fournissent plus de 80 % de l'énergie que nous consommons, ou que nous consomons, en l'occurrence. Malgré un développement rapide, les sources nouvelles d'énergies renouvelables (l'éolien, le solaire, la géothermie...) occupent encore une place infinitésimale à l'échelle mondiale : elles génèrent à peine un centième de l'énergie qu'ingurgite chaque jour l'économie.

Mais voilà, dans moins de cinquante ans, il ne devrait plus rester de pétrole exploitable sur Terre. D'ici là, faute de réserves suffisantes, les extractions de brut menacent de décliner inexorablement, sans doute à partir de la prochaine décennie. Peut-être plus tôt, redoutent certains.

Face à ce spectre du « pic pétrolier », l'énergie d'avenir n'est pour l'heure ni l'éolien, ni le solaire, encore moins le nucléaire. La source d'énergie qui connaît aujourd'hui le plus fort développement, c'est le charbon, notamment à cause de la voracité de la croissance chinoise. Le vieux roi est en passe de redevenir dès 2017 la première source d'énergie, devant le pétrole ; 2017, c'est également la date à laquelle « la porte » qui pourrait permettre

d'empêcher un réchauffement du climat supérieur à 2 °C « sera fermée pour toujours », annonce l'Agence internationale de l'énergie. Nous sommes très, très loin du compte, donc.

Avance rapide jusqu'en 2050. Plus de pétrole. Déjà manifestes au début des années 2010, les limites techniques de la « séquestration » du CO<sub>2</sub> émis par le charbon et le gaz naturel se sont confirmées. L'inflation des coûts de sécurité du nucléaire (confinement, retraitement, démantèlement) a fait enfler comme une grenouille irradiée le prix du kilowattheure atomique. Ne restent donc plus que les renouvelables pour faire tourner la boutique. Gageure ? Très certainement, si le monde persiste à devenir ce qu'il est. Et sinon ?

Le paysage aura bien changé. Pas tellement à cause de la présence sur le toit des maisons de panneaux solaires photovoltaïques et thermiques devenus parfaitement banals. Leur prix a continué à baisser au cours des années 2010, et l'avance de l'Allemagne, où plus d'un million de familles étaient alors déjà équipées, a été peu à peu rattrapée. Il n'y a pas eu de miracle technologique : dans leur grande majorité, les cellules photovoltaïques sont toujours fabriquées avec du bon vieux silicium... et donc aussi avec du charbon, toujours compétitif pour réduire chaque année des kilotonnes de silice, malgré la concurrence des usines fonctionnant aux copeaux de bois. En théorie très prometteuses, les cellules photovoltaïques « en couches minces » ont vu leur développement à peu près stoppé par la pénurie chronique des terres rares en provenance de Chine, indispensables à leur fabrication.

L'omniprésence des éoliennes est beaucoup plus déconcertante que celle des panneaux solaires. Elles sont partout, des petits moulins vrombissants au fond des jardins jusqu'aux aérogénérateurs géants, dont les pales dépassent



Ivanpah Solar Electric Generating System est un projet de centrale solaire thermique d'une capacité de 370 mégawatts en cours de construction dans le désert de Mojave, en Californie. La fin du chantier est prévue courant 2013 et pourrait servir de modèle pour les centrales solaires du futur.

désormais soixante mètres de longueur. Au pied de ces derniers s'étalent des « fermes » solaires. L'éclat des lentilles et des miroirs focalisant la lumière du soleil brille aussi souvent au-dessus d'anciennes décharges et de friches industrielles (une ferme solaire recouvre désormais le site de la vieille centrale atomique de Fessenheim).

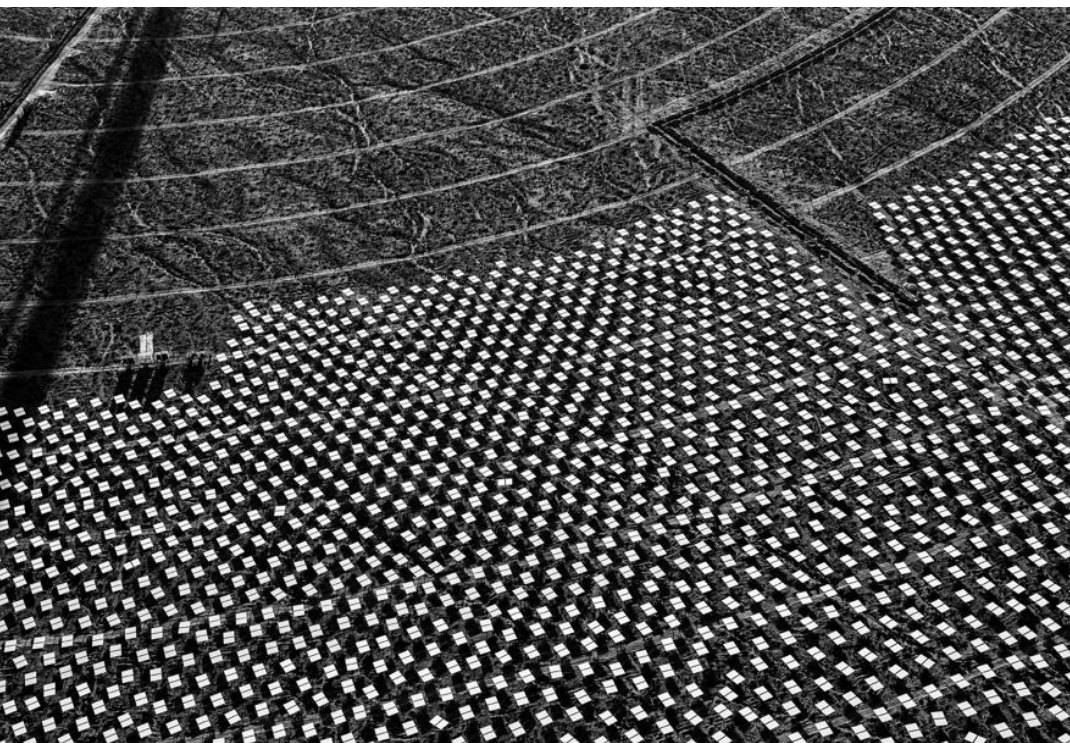
Le bouleversement est plus frappant encore le long des côtes. C'est en mer, là où le vent est plus fort et plus régulier, qu'on a cherché en priorité à capter la puissance du vent. Des champs d'éoliennes ancrées au fond de l'eau, et même flottantes, ont été déployés de plus en plus loin vers le large. La navigation a dû être proscrite sur des zones beaucoup plus vastes que celles naguère occupées par les plates-formes pétrolières de la

mer du Nord. La plupart des éoliennes flottantes ont maintenant un axe de rotation vertical. Plus stables, elles ressemblent à un diapason qui aurait trois ou quatre branches, ou bien à un parapluie retourné et sans toile.

Si les éoliennes font encore débat, ce n'est plus tellement à cause de la place qu'elles accaparent dans le paysage (les vieux ne s'en consolent pas, mais beaucoup ont admis que c'était là un mal inévitable). C'est l'efficacité de l'énergie du vent qui est en cause. En France, où l'on a choisi d'en faire l'outil principal de la sortie du pétrole et du nucléaire, des dizaines de milliers d'éoliennes ont été érigées, sans que personne n'ait jamais espéré qu'elles puissent couvrir le quart de la consommation d'électricité atteinte dans les années 2010.

Les contraintes de maintenance pèsent lourd. Il a été nécessaire de creuser en montagne un grand nombre de Stations de transfert d'énergie par pompage (STEP) : des bassins d'eau artificiels indispensables pour stocker l'énergie nécessaire pour les périodes sans vent. Beaucoup en France ont souri lorsqu'en janvier 2013, la Belgique a fait connaître son intention de bâtir une île artificielle dans les eaux peu profondes de la mer du Nord, pour y installer une STEP. La construction et l'entretien coûteux de ces « îles », sans cesse plus imposantes, sont désormais la difficulté majeure posée par les parcs d'aérogénérateurs offshore, après la corrosion. Pour réussir à acheminer (et à stocker) le courant éolien et solaire, il a fallu aussi renforcer les réseaux de lignes à haute





Le projet Ivanpah, composé de trois centrales, s'étendra sur 1 600 hectares et comportera 170 000 miroirs héliostats.

► tension, et y adosser les puissants calculateurs et les infrastructures d'aiguillage nécessaires aux nouveaux « réseaux intelligents » de distribution d'énergie : les fameux et parfois capricieux « smart grids » et, à l'échelle continentale, les « super smart grids ».

Malgré d'amples ressources, l'exploitation du bois et des déchets végétaux est restée longtemps négligée en France. Sur Terre, la biomasse demeure pourtant de loin la première source d'énergie renouvelable en 2050, pour le chauffage traditionnel bien sûr, mais aussi pour alimenter des filières industrielles sophistiquées. L'Allemagne tirait déjà en 2012 la majeure partie de son énergie renouvelable d'énormes usines de fermentation de déchets agricoles. De la paille au purin, ces déchets permettent de produire du méthane destiné à la « cogénération » d'électricité et de chaleur, ou à servir de carburant pour les tracteurs et les autobus. Les Allemands, en particulier les agriculteurs, ont poursuivi leurs investissements dans les « digesteurs » de biomasse, dont l'aspect rappelle les réservoirs des raffineries de brut. L'impact sur le climat de ce cycle du « biogaz » est présenté comme nul ou faible, dans la mesure où les végétaux absorbent du CO<sub>2</sub> durant leur croissance.

Le méthane est précieux pour maintenir la clef de voûte des très complexes réseaux de distribution (et de stockage) d'énergies renouvelables. Là encore, de nombreux pays ont emboîté le pas de l'Allemagne, qui s'est lancée dans la « méthanation » dès les années 2000. Les flux d'énergie fournis par le vent, le soleil et l'eau sont par nature irréguliers. Il faut pouvoir en garder de côté pour les mauvais jours. La méthanation sert à cela, tout comme les STEP. Ce procédé industriel consiste à récupérer les surplus ponctuels d'électricité

fournis par les éoliennes ou des panneaux solaires afin de fabriquer de l'hydrogène par électrolyse. Cet hydrogène, en réagissant avec du CO<sub>2</sub> (lequel peut avoir été capturé à la sortie d'une centrale au charbon ou au gaz), génère du méthane, autrement dit un stock d'énergie réinjectable à souhait dans les usines de cogénération.

Parties de presque rien, d'autres filières industrielles d'énergies renouvelables ont connu une forte expansion, sans réussir à occuper la place prépondérante de l'éolien et du solaire. La géothermie profonde, qui nécessite souvent de recourir à la fracturation de la roche, tout comme pour les gaz de schiste, mais pour faire circuler de l'eau chaude

## D'autres filières d'énergies renouvelables ont connu une forte expansion, sans réussir à occuper la place de l'éolien et du solaire

et non des hydrocarbures, ne peut être implantée partout pour fournir de l'électricité. L'exploitation de l'énergie des courants marins et des mouvements de la houle reste coûteuse, pour des bénéfices assez modestes. Un succès isolé : les hydroliennes immergées dans les puissantes marées de la Manche. Au large de l'île de Bréhat ou dans le raz Blanchard, face à l'usine de retraitement de déchets radioactifs de La Hague, installée là précisément à cause des courants, des centaines de turbines sous-marines fournissent une puissance équivalente à celle de deux réacteurs nucléaires, voire de quatre réacteurs durant les vives-eaux.

D'autres solutions continuent d'être expérimentées, tout en restant marginales. Il existe divers prototypes de conversion de l'énergie

thermique des océans : des pompes à chaleur exploitant la différence de température entre les eaux chaudes de surface et les eaux plus froides pompées en profondeur. Mais les échangeurs thermiques de ces installations supportent mal de cohabiter avec le plancton, et leur rendement reste médiocre, à part dans les îles montagneuses et tropicales.

Les projets de centrales photovoltaïques en orbite, capables de renvoyer par micro-ondes l'énergie solaire captée dans l'espace, manquent toujours d'investisseurs. La géothermie très profonde, qui doit permettre de s'approcher de la chaleur du magma, offre de meilleures perspectives, malgré les nombreux incidents rencontrés par les prototypes. Tout cela a-t-il suffi à compenser la mise à l'écart, de gré ou de force, des énergies fossiles et de l'uranium ? Bien sûr que non.

Retour en 2013. Le physicien américain David Fridley, du Laboratoire national Lawrence Berkeley, constate que les technologies qui pourront être développées à une échelle significative au cours des trente prochaines années sont celles qui sont déjà à notre disposition. « *La nature nous a offert les énergies fossiles, qui sont des réservoirs concentrés d'énergie solaire ancienne* », rappelle David Fridley. « *Puisque plus de 80 % de l'énergie que nous consommons sont fournis par ces réservoirs vieux de millions d'années, il est improbable que nous soyons capables de capturer en une seule année autant d'énergie solaire afin de fournir la même quantité de travail* », conclut Fridley, membre du Post Carbon Institute, un groupe de réflexion implanté en Californie.

Et même si c'était techniquement faisable, la chandelle en vaudrait-elle le jeu ? Pas du point de vue de David MacKay, qui a dirigé le conseil scienti-

fique du ministère de l'énergie britannique. Ce professeur de Cambridge a calculé, par exemple, que même en recouvrant de fermes photovoltaïques 5 % du territoire de la Grande-Bretagne, on parviendrait à satisfaire à peine un quart de la consommation d'énergie actuelle des Britanniques. « *Et nous aboutirions à une industrialisation de l'environnement à peine imaginable* », tranche-t-il.

En 2050, comme en 2013, la solution passe par une amélioration profonde de l'efficacité énergétique : priorité aux transports en commun, isolation parfaite des bâtiments, etc. Pour la quasi-totalité des spécialistes qui militent en faveur de la transition énergétique, la grande innovation s'appelle la « sobriété » : une réduction massive de notre consommation. ❌