

Politiques de filières : le cas de l'Énergie

Par Olivier APPERT

Membre de l'Académie des technologies, président de France Brevets et conseiller du centre Énergie de l'IFRI

Et Patrice GEOFFRON

Professeur à l'Université Paris-Dauphine

Si la transition bas carbone déplace les équilibres au sein du « trilemme énergétique » vers les impératifs environnementaux, les enjeux industriels en forment néanmoins une composante essentielle. Sans engager ici une large discussion sectorielle, nous proposons de revenir sur les conditions de structuration au XX^e siècle de deux filières énergétiques, celles du pétrole et du nucléaire, et de poser ensuite quelques éléments d'un cahier des charges en vue de l'émergence d'une filière de l'hydrogène au XXI^e siècle. Cet « exercice » permet à la fois de révéler des permanences (un effort continu sur l'ensemble de la filière, formation comprise) et des différences (les règles de la concurrence au sein de l'Europe et dans un monde globalisé). Au-delà de la France, si les Européens disposent déjà d'atouts industriels, la construction d'une filière de l'hydrogène impliquera pour eux un effort sur le très long terme, alors même que ses effets sur la concrétisation des objectifs environnementaux de l'Union européenne à l'horizon 2030 seront limités. Notre conviction est que la construction d'une filière hydrogène tiendra lieu de test de la capacité de cette Union, en quête de souveraineté, à s'inscrire avec constance dans le temps long.

Introduction : la politique énergétique est aussi une affaire de filières

L'organisation d'une politique énergétique repose sur la coordination d'objectifs multiples. La disponibilité d'une énergie abondante et sûre constitue l'enjeu fondamental pour toute économie, au même titre que l'accès à une énergie bon marché, qui influe à la fois sur le bien-être des populations et sur la compétitivité des entreprises. Et, depuis plusieurs décennies, la soutenabilité environnementale est venue s'ajouter au cahier des charges des politiques énergétiques, contribuant plus encore à les densifier. La combinaison de ces trois objectifs forme le désormais traditionnel « trilemme énergétique » (voir WEC, 2020).

La France s'est avérée plutôt performante face à ce triple impératif, comme le confirment les classements internationaux qui la situent généralement très haut, y compris pour les plus récents (WEC, 2020 ; WEF, 2021). Mais force est de constater que notre pays n'est pas parvenu depuis le début de ce siècle à déployer des filières fortes dans certaines technologies vertes (dans le photovoltaïque, en particulier) et que sa compétitivité n'est pas assurée sur celles qui sont en cours d'émerger (les batteries). Ces ob-

servations débouchent sur des questionnements concernant la capacité de la France à rester parmi les économies performantes dans le cadre de la transition énergétique.

L'objectif n'est pas ici d'engager une large discussion sur les politiques de transition. Nous proposons, plus prosaïquement, d'opérer un rapide détour *via* le XX^e siècle pour comprendre comment à l'époque se sont structurées des filières énergétiques majeures (pétrole et nucléaire) et extraire quelques clés de compréhension et quelques préconisations. Cela afin d'éclairer ensuite le processus de construction d'une filière de l'hydrogène. Pour les deux prochaines décennies, l'enjeu est de concourir à la décarbonation de l'industrie et des transports lourds *via* le vecteur hydrogène. Au-delà, la perspective est d'accompagner la « transition électrique » (caractérisée notamment par la montée des renouvelables non pilotables). Et il importe de souligner que les perspectives à long terme de l'hydrogène sont d'un intérêt spécifique sur un continent particulièrement dépendant en importation de ressources fossiles ; il s'agit là d'un autre sommet du « trilemme ».

La filière pétrolière

Jusqu'au début du XX^e siècle, la dépendance totale de la France aux importations de pétrole est un sujet secon-

daire. Mais la guerre de 1914-1918 impose l'utilisation massive de moteurs thermiques, de sorte que cette problématique prend une dimension politique. En particulier, les contraintes d'approvisionnement en carburants lors de la bataille de Verdun créent un choc dans l'ensemble de la classe politique française. Georges Clémenceau écrit alors au président américain Thomas Woodrow Wilson que « dans les batailles de demain, l'essence sera aussi nécessaire que le sang ».

Pendant des décennies, un consensus politique s'établit en France pour développer une filière pétrolière nationale. Une première étape est franchie lors du traité de San Remo, en 1920, avec la récupération des actifs pétroliers turcs au sein de l'Irak Petroleum Company. La Compagnie française des pétroles est créée en 1924, avec comme mission première de sécuriser les approvisionnements et de constituer des stocks stratégiques. La loi de 1928 (l'une des premières dans le champ énergétique) confère à l'État un monopole dans le raffinage et la distribution pétrolière qu'il délègue à des entreprises privées pour une durée limitée.

Il apparaît, au-delà de l'organisation des flux d'importations, qu'il convient également de développer le potentiel minier du sous-sol de la France, mais aussi celui de ses colonies. Pour ce faire, le gouvernement crée en 1939 la Régie autonome des pétroles pour exploiter le gisement de Saint-Marcet qui vient d'être découvert. Sont ensuite créés la Société nationale des pétroles d'Aquitaine (1941) et le Bureau de recherche de pétrole (1945) qui permettent les découvertes majeures de Lacq (1951) et d'Hassi Messaoud (1956). Un engagement de la diplomatie française ouvre aux opérateurs nationaux des perspectives de développement en Afrique et au Moyen-Orient.

En parallèle, il devient indispensable d'établir des compétences technologiques et industrielles afin de ne pas dépendre des leaders du secteur, pour la plupart américains. Ainsi, est créé, après la guerre, l'Institut français du pétrole qui apporte à la filière française les technologies et ressources humaines qui lui manquent. En parallèle, à l'initiative du gouvernement et avec l'appui des opérateurs nationaux, se développe un tissu de sociétés de services (Technip, Compagnie générale de géophysique, Coflexip...) qui les accompagnent dans leurs projets internationaux. Un siècle après l'appel de Clémenceau, la France, grâce à une politique forte et continue, a réussi à créer une filière intégrée, *a fortiori* compétitive au niveau mondial.

La filière nucléaire

Quelques années avant la Deuxième Guerre mondiale, Frédéric Joliot-Curie découvre le principe de la réaction nucléaire en chaîne et ses possibles applications dans l'armement. Durant le conflit, les scientifiques français expatriés à Montréal ont connaissance du projet Manhattan impulsé par les États-Unis pour produire la première bombe atomique. Au lendemain de la Libération, ils convainquent le général Charles de Gaulle de créer le Commissariat à l'énergie atomique (CEA), qui voit le jour en octobre 1945 et réunit l'ensemble des compétences scientifiques natio-

nales. Certes, cette décision avait une dimension militaire prépondérante, mais dès l'origine le CEA se lance dans la construction de réacteurs de recherche : ainsi, la pile Zoé entre en fonctionnement dès la fin 1948.

En 1952, le Parlement adopte un premier « plan quinquennal de l'énergie atomique » et la France s'engage alors dans la construction de réacteurs nucléaires de technologie graphite-gaz. En 1958, la société Framatome est créée par Schneider, Merlin Gerin et Westinghouse Electric pour exploiter la licence de cette dernière dans le domaine des réacteurs à eau pressurisée. Par ailleurs, dès 1956, EDF commence à s'intéresser à l'énergie nucléaire, puis fait le choix stratégique en 1969 de la technologie à eau pressurisée. Elle engage une politique de structuration de la filière en liaison notamment avec Alsthom et Creusot-Loire. En parallèle, le CEA se lance dans l'exploration de l'uranium et dans son enrichissement : en 1973, ces activités sont reprises par une société nouvellement créée, la Cogema.

La survenue du choc pétrolier en 1973 n'est pas la première menace perçue par la France en matière de sécurité d'approvisionnement. L'impact national de la crise de Suez en 1956 et, plus tard, l'indépendance de l'Algérie en 1962, qui a restreint l'accès aux réserves pétrolières du Sahara, ont renforcé ses préoccupations sécuritaires. Dans ce contexte, envisager l'énergie nucléaire comme une réponse potentielle représentait un choix logique, et, au moment de la survenue du choc, six réacteurs étaient déjà en service, fournissant 5 % de l'électricité produite en France. Le Premier ministre Pierre Messmer annonce alors une accélération du programme d'énergie nucléaire reposant sur le modèle américain des réacteurs à eau pressurisée. En 1974, les prévisions énergétiques pour 1985, telles que définies en 1970 par le Sixième plan, sont totalement révisées : la part du pétrole est réduite de 63 à 40 %, tandis que celle de l'électricité nucléaire passe de 14 à 25 %. Au travers de cinq contrats conclus entre 1974 et 1980, EDF a commandé plus de cinquante réacteurs.

La France a complété cet « écosystème » en créant une agence dédiée à la gestion des déchets, l'Agence nationale pour la gestion des déchets radioactifs (ANDRA) dès 1979, puis un Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN, issu de l'IPSN datant de 1976) en 2001 et, enfin, une Autorité de sûreté nucléaire (ASN, agence indépendante, issue de l'Inspection des installations nucléaires de base et du Service central de sûreté des installations nucléaires) en 2006.

Finalement, ce choix qui n'avait pas été dicté par des considérations environnementales permettra à la France de se doter d'un système électrique parmi les moins carbonés des grandes nations industrielles et aboutira à la fourniture de kilowattheures (kWh) à des prix plus avantageux pour les ménages et les industriels que chez la plupart de ses voisins européens.



Photo © François Henry/REA

Station de distribution d'hydrogène « bleu » gérée par la société d'économie mixte locale GEG (Gaz Électricité de Grenoble).

« L'objectif est de produire en masse un hydrogène par électrolyse de l'eau, grâce à une électricité décarbonée (éolien, photovoltaïque, hydraulique, nucléaire, etc.). »

Quelle sera la pertinence des facteurs clés des succès d'hier pour ceux de demain ?

Quelles leçons peut-on tirer de ces deux exemples de structuration de filières dans le secteur de l'énergie ? D'abord, une implication forte et durable du gouvernement est impérative, avec une perspective industrielle couvrant l'ensemble de la chaîne de valeur, jusqu'au consommateur final. La maîtrise technologique est certes incontournable, mais il ne faut pas oublier les enjeux de formation (la menace d'une perte de compétences étant, en particulier, un enjeu essentiel pour engager un nouveau cycle d'investissement nucléaire).

Mais la limite de ce regard rétrospectif tient aux changements intervenus dans le contexte économique et réglementaire. Ainsi le développement du marché intérieur européen introduit-il des contraintes fortes sur l'implication des pouvoirs publics. Cela est d'autant plus important qu'à Bruxelles, la politique de la concurrence prime sur une politique industrielle qui est restée longtemps balbutiante. Par ailleurs, la mondialisation de l'économie impose d'atteindre rapidement une taille critique face à une concurrence qui inclut désormais de nouveaux acteurs majeurs, dont la Chine. Une politique de filière est donc nécessairement une articulation d'initiatives nationales et européennes, observation à laquelle n'échappe pas l'hydrogène.

Les conditions de la structuration d'une filière de l'hydrogène

Élément chimique le plus abondant de l'univers, l'hydrogène est source d'espoirs depuis deux siècles. Mais l'ère post-carbone, où l'hydrogène aura contribué à évincer les énergies fossiles, n'est pas encore advenue. Pour l'heure, ses usages sont certes très concentrés sur l'industrie chimique (production d'ammoniac pour la fabrication des engrais) ou la pétrochimie (pour le raffinage). Mais cet hydrogène est encore très « gris », du fait qu'il est produit à 95 % à partir de gaz et de charbon (la molécule H_2 n'étant pas disponible à l'état naturel).

Mais l'Union européenne, qui vise la neutralité carbone d'ici à 2050, ravive un espoir d'émergence d'une économie de l'hydrogène propre dans son Green Deal : ce à quoi la France fait écho – ainsi que l'Allemagne et l'Italie – en prévoyant des milliards d'euros pour construire une filière dans ce domaine. L'objectif est de produire en masse un hydrogène par électrolyse de l'eau, grâce à une électricité décarbonée (éolien, photovoltaïque, hydraulique, nucléaire, etc.), ou un hydrogène dont les émissions seraient captées et stockées. Au-delà de la lutte contre le réchauffement climatique, l'enjeu est d'améliorer la qualité de l'air et la sécurité des approvisionnements énergétiques, tout en ancrant en Europe les emplois et la valeur ajoutée industrielle correspondants.

Mais la production décarbonée est beaucoup plus onéreuse que celle de l'hydrogène « gris » issu du vapo-reformage, à des fins industrielles. Certes, l'élan politique de ce début de décennie contribuera à une baisse des coûts, mais il est peu probable que l'hydrogène décarboné devienne rapidement compétitif. Réduire les coûts de production à l'horizon 2030 implique notamment d'adopter une approche de neutralité technologique au regard des différentes formes d'hydrogène décarboné (vert, jaune, voire bleu⁽¹⁾) et, par ailleurs, de poursuivre les soutiens apportés à la recherche et au développement des technologies de production de rupture (électrolyse à haute température, torche à plasma).

Le développement d'une filière de l'hydrogène dépendra aussi des usages les plus pertinents sur le plan économique de celui-ci à l'échéance 2030, ainsi que de leur phasage dans le temps et du développement des infrastructures associées. La priorité doit être donnée au remplacement de l'hydrogène « gris » actuellement consommé dans l'industrie, puis à celui utilisé dans les transports lourds. L'accélération passera par la création de *hubs* territoriaux multi-usages à proximité des zones industrialo-portuaires et des grands axes européens de transport lourd. C'est seulement ensuite que se posera la question de l'interconnexion de ces *hubs* locaux grâce à des réseaux de transport de l'hydrogène.

Si la France est bien positionnée dans la course internationale à la technologie hydrogène qui se profile, la vigilance de celle-ci sera indispensable pour ne pas reproduire la situation malheureuse qu'a connue l'industrie française dans les domaines des panneaux solaires et des éoliennes. La situation actuelle est encourageante, car les industriels français sont présents sur toute la chaîne de valeur de l'hydrogène, caractérisée par un écosystème d'entreprises dynamiques de taille moyenne ou intermédiaire et par l'engagement de grands groupes intégrateurs : Air Liquide est spécialiste mondial de l'hydrogène ; EDF qui, à travers sa filiale dédiée Hynamics, vise l'industrie et la mobilité et prend des participations capitalistiques dans le secteur ; Engie est présent sur le *power-to-gas* avec des projets d'injection de l'hydrogène produit dans les réseaux ou de stockage de celui-ci dans les cavités salines avec Storengy ; Total, qui privilégie la voie du reformage d'un hydrogène décarboné grâce au CCS, avec des projets en Norvège et aux Pays-Bas.

Les pouvoirs publics doivent mettre en œuvre une stratégie intelligente de soutien aux producteurs et fabricants nationaux qui fournissent certains composants essentiels (électrolyseurs, piles à combustible, réservoirs, électronique de puissance et embarquée), mais aussi des composants élémentaires à valeur ajoutée ou stratégiques. Les *stacks* (assemblages de cellules) des électrolyseurs et des piles à combustible sont ainsi constitués de deux composants clés : des électrodes à membrane (MEA) et des plaques bipolaires, obtenues par une technologie

simple et accessible. Ces composants doivent ensuite être assemblés. Si DuPont de Nemours possède une maîtrise de la fabrication de MEA avec le Nafion, des petits fabricants nationaux peuvent également émerger. La France doit également pouvoir se doter de fabricants de plaques bipolaires et d'une *gigafactory* d'assemblage. Les catalyseurs des électrolyseurs apparaissent également comme des composants clés.

Les pouvoirs publics doivent mobiliser l'écosystème français et européen pour le mettre au service de ces fabricants de composants. Ces derniers sont souvent des petites entreprises qui ont besoin d'augmenter leur capacité de production pour diminuer leurs coûts et améliorer leur potentiel à l'export. Or, les grands groupes ont des comportements classiques, privilégiant l'achat des composants les moins chers sur les marchés internationaux, ce qui risque d'empêcher tout effet d'entraînement pour les petits fabricants. Certains projets en cours de développement sur le territoire français privilégient ainsi le recours à des technologies chinoises.

Le projet important d'intérêt européen commun (PIIEC) en cours de montage dans le secteur de l'hydrogène ainsi que le soutien national à l'achat d'hydrogène décarboné annoncé lors de la présentation du plan de relance pourraient conduire à accorder une attention particulière à ces fabricants français et européens de composants essentiels, qui sont bénéficiaires par ailleurs d'aides ciblées (aides à l'exportation, aides de la BPI). En outre, les acteurs publics pourraient favoriser l'approvisionnement en composants français et européens dans le cadre de la commande publique (par exemple, en renforçant les critères environnementaux ou d'impact sur la structuration de la filière nationale) ou des appels à projets auxquels ces fabricants répondent. Des rapprochements entre ces derniers et les autres acteurs, par exemple les constructeurs de PAC, les fabricants de camions et les acheteurs de poids lourds à travers la FNTR, pourraient être favorisés, que ce soit au sein des différents comités stratégiques de filière qui intègrent l'hydrogène dans leur feuille de route ou du Conseil national de l'hydrogène. La filière française pourrait en outre se montrer davantage active dans les comités de normalisation afin de promouvoir ses propres normes.

Toutefois, si la France est bien positionnée, elle doit aussi faire face à la concurrence américaine, allemande et, surtout, chinoise. Ce dernier pays a en effet lancé en 2020 une stratégie hydrogène ambitieuse et pourrait produire rapidement des composants compétitifs. L'État doit donc également protéger la filière de la concurrence déloyale d'autres pays. Il convient d'être vigilant quant au *dumping* de la Chine et d'activer, si nécessaire, les outils de protection au niveau européen. Les entreprises produisant les technologies les plus prometteuses pourraient être protégées vis-à-vis d'acquéreurs étrangers au titre du décret de mai 2014 relatif aux investissements étrangers soumis à autorisation préalable.

Enfin, il existe un risque sur l'approvisionnement en matières premières. La ressource en nickel est indispensable pour la fabrication des catalyseurs équipant les électroly-

(1) Produit à partir d'une électricité renouvelable (vert), à dominante nucléaire (jaune), ou bien en captant et en stockant les émissions de CO₂ d'un hydrogène d'origine fossile (bleu).

seurs alcalins. Si ce métal connaît aujourd'hui une surproduction, l'absence d'investissement dans la construction de nouvelles usines risque de créer des tensions d'ici à cinq ans. Les ressources en nickel de la Nouvelle-Calédonie représentent pour notre pays un atout à mobiliser. Le platine pour les PAC et surtout l'iridium pour les électrolyseurs PEM sont des matières premières encore plus critiques. Enfin, il existe une menace sur l'utilisation en Europe de produits fluorés, à l'instar de la membrane en PFSA qui est utilisée dans les PAC et les électrolyseurs PEM. Pour faire face aux risques pesant sur ces métaux, mais aussi pour accompagner les industriels, un très fort soutien en termes de R&D est indispensable aussi bien au niveau français qu'europpéen.

Pour conclure, soulignons qu'une politique de filière doit intégrer la problématique des risques. L'hydrogène est usité de longue date par beaucoup de secteurs industriels lourds qui ont acquis une bonne maîtrise des différentes propriétés de ce gaz. L'Institut national de l'environnement industriel et des risques (Ineris) souligne d'ailleurs le peu d'accidentalité dans ces secteurs. Toutefois, l'extension de l'hydrogène à de nouveaux usages, par des acteurs non

nécessairement formés, nécessite des travaux d'ampleur pour une meilleure compréhension des risques, une redéfinition de l'architecture des systèmes de sécurité spécifiques, une amélioration de la fiabilité et de la robustesse des composants, de la formation de la main-d'œuvre et, enfin, pour faire évoluer le cadre réglementaire. Car rien ne saurait plus nuire à une expansion des usages du vecteur hydrogène que la survenue d'accidents qui en réduirait l'acceptabilité dans la société.

Références

APPERT O. & GEOFFRON P. (2021), « Le vecteur hydrogène », Comité de Prospective de la CRE.

PERCEBOIS J. (2020), *L'énergie racontée à travers quelques destins tragiques*, Éditions Campus Ouvert.

Fondation Groupe EDF (2021), *Sources électriques : 1946-2021, EDF a 75 ans*.

World Economic Forum (2021), "Fostering Effective Energy Transition".

World Energy Council (2020), "World Energy Trilemma Index".