

— ÉTUDES MARINES —

ÉNERGIES

N°16 – Juin 2019
Centre d'études stratégiques de la Marine

SOMMAIRE

PRÉFACE

Capitaine de vaisseau Yves Postec 6

« La transition énergétique suppose de prendre en compte l'ensemble des paramètres... »

Entretien avec Arnaud Leroy 8

La mer, milieu clef du domaine énergétique

Dr. Nicolas Mazzucchi 16

Le gaz naturel liquéfié, une composante maritime essentielle de la géopolitique des hydrocarbures

Capitaine de vaisseau (RC) Jérôme Ferrier 30

Les énergies marines renouvelables, porteuses d'une ambition énergétique et industrielle pour la France

Anne Georgelin 40

« La demande en électricité ne cessera de croître... » Entretien avec Philippe Sauquet	54
Énergies renouvelables : l'enjeu des ressources minérales Patrice Christmann	62
Dépendance énergétique : développement et protection des flux stratégiques maritimes Capitaine de frégate Franck Maire	80
« Le bateau-atelier, un retour aux sources » Entretien avec Titouan Lamazou	90

« La demande en électricité ne cessera de croître... »

Entretien avec Philippe SAUQUET

Directeur général Gas, Renewables & Power et

Directeur général Strategy-Innovation - Groupe Total

Études Marines: Nous avons suivi avec intérêt l'évolution du groupe *Total* ces dernières années. Votre PDG, Patrick Pouyanné, annonce que l'électricité sera l'énergie du XXI^e siècle, vous investissez dans le GNL, le solaire, l'éolien en mer... Sur quels éléments se fonde cette évolution ?

Philippe Sauquet: Pour bien comprendre l'évolution de *Total* et les choix que nous opérons aujourd'hui, il faut en réalité revenir un petit peu en arrière, et plus précisément à la décennie 1970. À l'époque, il y a les fameuses prévisions du Club de Rome annonçant qu'il n'y aura plus une goutte de pétrole en l'an 2000 et, même si cela s'est avéré être complètement faux, nous avons alors des inquiétudes réelles. C'est la raison pour laquelle, dès les années 1970, le groupe s'investit dans différents types d'énergie. Le gaz bien entendu, puisque quand on trouve du pétrole, on trouve du gaz et inversement, mais aussi dans les mines d'uranium – ce qui nous a amenés, par exemple, à prendre une participation dans la *COGEMA* –, les mines de charbon, mais aussi le solaire. C'est donc dans cette période, il y a plus de 40 ans maintenant, que nous posons les bases d'une évolution vers un métier d'énergéticien.

Puis vient le début des années 2000 et de nouvelles inquiétudes liées à l'envol de la consommation d'hydrocarbures du fait du décollage économique de la Chine. Nous observons une demande qui augmente année après année dans des proportions jamais vues et l'on se dit qu'avec un maximum de 40 ans de réserves de pétrole devant nous, le *peak oil* pourrait arriver beaucoup plus vite que prévu. C'est ce qui nous pousse à nous tourner de nouveau vers d'autres types d'énergie. Le gaz est, là encore, une évidence, mais aussi le charbon et bien entendu le solaire. Puis arrive la fin de la décennie 2000-2010 et un nouveau changement de paradigme avec la révolution du pétrole et du gaz « non conventionnels » couplée à la crise financière de 2009. La production d'hydrocarbures augmente, leur consommation diminue et, dans le même temps, l'impératif de la lutte contre le changement climatique s'impose vraiment, avec un volet supplémentaire: la pollution de l'air qui devient une préoccupation fondamentale en Chine et interroge sur le devenir du charbon. Je n'oublie pas Fukushima qui fait planer de sérieuses questions sur le nucléaire. Ce panorama nous a conduits à nous reposer des questions un peu fondamentales qui, avec la nomination de notre nouveau PDG, se sont traduites par une vision et une stratégie nouvelles.

Stratégie qui passe donc par l'électricité...

En fait, tout part de la demande en énergie que nous voyons croître de manière toujours importante, l'Inde, le continent africain, une bonne partie de l'Asie ayant

encore des besoins considérables. Ce diagnostic posé, nous savons qu'il va nous falloir arrêter le charbon – nous en sommes sortis totalement en 2015 –, facteur de pollution désormais insoutenable dans les mégapoles chinoises ou indiennes, et proposer une alternative qui ne sera pas le nucléaire, aussi bien pour des raisons de coûts que de prolifération.

Étant un acteur mondial, il faut en outre que nous déclinions notre stratégie à travers les continents en prenant bien soin de différencier nos solutions selon que les pays sont développés, donc en capacité d'augmenter le coût de l'énergie *via* des taxes, ou en voie de développement, avec pour priorité un accès à l'énergie à un prix abordable. C'est ce facteur prix qui explique que l'on voie la demande en pétrole continuer à augmenter de 1 ou 1,5 % par an malgré la pression pour le climat. C'est en effet une source d'énergie qui peut faire le tour de la planète pour un ou deux dollars et dont les réserves sont suffisamment importantes pour ne pas craindre un *peak oil*. En parallèle, nous pensons que la demande en électricité ne cessera de croître, à la fois car elle correspond à une manière facile et propre de consommer de l'énergie, mais aussi parce que sa production est très flexible, votre réseau pouvant être alimenté par des renouvelables, du gaz, de l'hydro ou du charbon quand vous ne pouvez pas faire autrement. C'est la raison pour laquelle nous avons décidé de nous investir de façon massive dans l'électricité en la générant à partir de gaz ou de renouvelables, les deux étant totalement liés.

En quoi gaz et renouvelables sont-ils liés ?

Ce qu'il faut bien comprendre, c'est que tous les systèmes électriques, européens comme mondiaux, se sont construits sur une capacité fondée sur la demande de pointe. La plupart du temps, la demande est plus faible et les opérateurs vont pouvoir choisir quel type de génération électrique ils vont privilégier : renouvelable, au gaz, nucléaire, autre. Mais, en période de pointe, et sachant que l'électricité ne se stocke pas et que celle d'origine renouvelable est intermittente, le seul choix possible dans la plupart des pays du monde est de recourir aux centrales thermiques fonctionnant soit au charbon, soit au gaz.

La problématique est alors une problématique de coût. Dans les pays développés, comme en Europe où les centrales à gaz et à charbon coexistent, vous pouvez orienter le choix en jouant sur les taxes. Ainsi le charbon, historiquement moins cher que le gaz, était privilégié au Royaume-Uni jusqu'à ce que se mette en place une taxe sur le CO₂. En période de pointe, les centrales à gaz ont dès lors été le

premier recours et vous avez pu constater une baisse conséquente des émissions de CO₂ dans ce pays, sans augmentation significative du prix de l'électricité. Pour les pays en développement, la problématique est différente et l'on peut dire qu'ils se séparent en deux : ceux qui ont du gaz à proximité et ceux qui n'en ont pas. Dans les premiers, de ce point de vue, le phénomène est d'ailleurs similaire dans les pays développés, le gaz est clairement la solution la plus économique. On l'a vu de manière presque caricaturale aux États-Unis avec le développement du gaz non conventionnel : du jour au lendemain, l'électricité a été générée à base de gaz et le charbon a été écarté. Donald Trump peut ensuite faire la promotion du charbon, ce n'est plus le sujet, car en coût de production, le gaz est meilleur marché que le charbon. Là où il y a concurrence avec le charbon, c'est quand il y a transport, quand vous devez importer du gaz. Le charbon est un solide et un solide n'est pas cher à convoier. Vous avez la possibilité de l'importer d'Afrique du Sud, d'Australie, d'Indonésie sur de très grandes distances. Le gaz, à l'inverse, est plus cher à transporter. Il a peu de densité énergétique, il occupe de l'espace, donc quand vous transportez du gaz, vous transportez beaucoup d'espace, ce qui renchérit son coût. Il n'en demeure pas moins que le gaz, en se substituant à la génération électrique au charbon, représente à nos yeux le moyen le plus rapide et le plus économique de réduire les émissions de CO₂.

C'est la raison pour laquelle vous avez investi de façon importante dans le gaz naturel liquéfié (GNL) ?

Le GNL est en effet absolument indispensable pour promouvoir le gaz sur l'ensemble de la planète, pour lui donner une dimension mondiale. Et là encore, pour un motif de coût. Un gazoduc nécessite de gros tuyaux, beaucoup plus gros que les *pipelines* de pétrole, ce qui est relativement onéreux. La façon la plus économique de transporter du gaz sur grandes distances est en fait le GNL : en le refroidissant à -160 degrés Celsius, on le transforme en liquide, ce qui diminue son volume par 600 et permet le transport par bateau. Ce qui coûte cher ici, c'est la liquéfaction : le transport par méthanier n'est pas prohibitif et, pour le regazéifier, il suffit de le laisser se réchauffer, ce qui n'est pas très compliqué. C'est donc aujourd'hui la technique permettant de ravitailler n'importe quel pays doté d'une façade maritime de façon économique et sûre tout en s'affranchissant des contraintes géopolitiques. Car, et c'est la grande nouveauté, il y a aujourd'hui, de multiples sources de GNL possibles, entre les États-Unis, la Russie, le Qatar, l'Australie, le Nigeria ou l'Iran un jour, s'il revient dans la communauté internationale. C'est une vraie rupture par rapport à une époque où les pays avaient

des craintes vis-à-vis d'un approvisionnement en gaz du fait d'une dépendance géographique liée à une production majoritairement concentrée au Moyen-Orient, mais aussi à une solution de transport par gazoducs qui vous met dans la main des pays de transit. C'est la raison pour laquelle, si l'évidence économique d'un gazoduc entre la production iranienne et les besoins indiens apparaît patente, le projet ne se réalisera sans doute jamais, le transit devant s'effectuer par le Pakistan.

C'est donc grâce au GNL que le gaz est devenu une vraie option économique et géostratégique et une meilleure option que le charbon qui va se renchérir de plus en plus sous l'effet des taxes sur le CO₂ mais aussi des coûts de production, avec des banquiers de plus en plus réticents à investir dans des projets miniers. C'est la raison pour laquelle, enfin, nous jouons notre rôle de promoteur du gaz et de la composante renouvelable, convaincus que les deux sont liés, et ce d'autant plus dans les pays en voie de développement où l'on trouve du soleil, du vent et suffisamment d'espace pour éviter les problèmes rencontrés en France, où l'éolien engendre toujours des contestations à proximité des habitats.

Vous avez pourtant candidaté à l'appel d'offres pour le parc éolien *offshore* de Dunkerque: y attendez-vous moins de contestations?

Ce n'est certainement pas le motif! Non, nous avons candidaté parce que nous croyons désormais à cette technologie et que son coût est arrivé à un niveau acceptable. En ce domaine, nous sommes passés par une phase de scepticisme, pas tellement concernant la réduction des coûts – qui nous semblait devoir venir naturellement avec le gigantisme croissant des éoliennes –, mais du point de vue de la maintenance et de l'entretien, interventions qui, en mer, sont toujours complexes. Comme en plus on ne pouvait investir dans tous les domaines, nous nous sommes contentés d'un rôle d'observateur. Une fois que nous avons été convaincus que la courbe de décroissance des coûts était engagée, que la technologie était mature, l'autre sujet était de savoir à quel moment nous allions rentrer sur le marché. À 150/200 euros par mégawattheure, ce n'était pas forcément pertinent; maintenant que nous sommes parvenus à des niveaux de prix comparables aux autres énergies renouvelables intermittentes, que nous ne sommes pas très loin des prix du marché, cela fait sens pour nous, d'où notre candidature. La frontière suivante sera l'éolien flottant... qui offre un énorme potentiel. Dans l'exploitation pétrolière et gazière, nous sommes passés par les mêmes étapes: nous avons commencé par nous poser sur le fond de la mer puis, quand on a voulu dépasser quelques centaines de mètres, nous sommes passés à des structures flottantes ancrées. C'est la même idée pour les

éoliennes *offshore* mais, du point de vue du coût, il y a encore des marges. Si j'insiste sur ce paramètre de coût, c'est parce que dans notre industrie, il est fondamental. Dans le parfum, si vous montez le prix de 10 %, les clients seront toujours là, le prix n'étant pas le critère prioritaire. Si en revanche vous augmentez le prix de l'énergie de 10 % sur la planète, vous avez des répercussions immédiates sur la croissance mondiale. Le vrai défi, pour nous, est d'arriver à faire baisser les coûts des énergies renouvelables ce qui suppose, vu la somme des investissements, de ne pas se tromper de filière, d'être à peu près certains que nos paris technologiques déboucheront sur des filières énergétiques optimisées.

Dans le domaine du solaire, on a le sentiment que le pari est en train d'être gagné...

Il est gagné depuis longtemps si l'on considère que toute l'énergie qui est sur Terre vient du soleil... même si elle met parfois un peu de temps à se transformer, quelques fois des millions d'années, quelques fois instantanément. En ce domaine, nous avons des bases, posées dès les années 1970, sur lesquelles nous avons pu construire lorsque nous avons décidé d'investir de façon importante, en gros il y a une dizaine d'années. À l'époque, on produisait de l'électricité *via* des panneaux voltaïques à un coût tournant autour de 500 euros par mégawattheure, mais nous étions persuadés qu'il y avait un potentiel de baisse de prix important. Nous avons donc investi dans les cellules, les panneaux solaire : les coûts ont été divisés par dix, nous sommes même devenus numéro deux mondial... et la Chine s'est emparée de la quasi-totalité du marché ! Pourquoi ? Parce que le choix a été fait à un moment donné de développer à marche forcée le photovoltaïque dans les pays développés en autorisant l'importation sans barrières douanières de panneaux chinois, moins onéreux car subventionnés.

Et c'est ce qui risque de se passer dans un autre secteur fondamental pour les énergies renouvelables, celui du stockage, des batteries...

Sur le stockage, il faut avoir à l'esprit que c'est un sujet relativement nouveau : tant que votre mix électrique n'est constitué que de 5 % de renouvelables intermittents, ce n'est pas un sujet. Là où cela le devient, c'est quand vous voulez que votre mix comprenne 10 %, 15 %, 20 % ou 30 % d'énergie renouvelable. Car à ce niveau, sachant que l'enjeu pour les opérateurs est de pouvoir couvrir les pointes de consommation, vous avez besoin d'électricité : pas uniquement quand il y a du

vent, qu'il fait beau ou jour, vous en avez besoin à l'instant T et immédiatement. C'est là que la question du stockage devient un vrai sujet.

En ce domaine, la solution a longtemps reposé sur les barrages, mais avec le défaut qu'ils ne peuvent servir que de façon saisonnière : une fois que vous avez libéré l'eau, généralement en hiver, au moment de la pointe d'électricité, vous ne pouvez plus y recourir. Nous avons donc travaillé sur le potentiel des batteries qui sont des êtres complexes, notamment sur le volet de la restitution de l'énergie que vous y avez stockée. C'est ce qui explique, au passage, le problème sur lequel butent pour le moment les constructeurs automobiles pour obtenir des rayons d'action optimaux pour leurs véhicules, problème qui se pose avec encore plus d'acuité dans le contexte des nouvelles normes d'émissions de CO₂ de l'Union européenne. Les constructeurs sont contraints de passer aux véhicules électriques, ce qui rebat totalement les cartes du *leadership* dans ce secteur. L'industrie automobile européenne, à la pointe dans le moteur thermique, se retrouve en effet à la traîne dans le moteur électrique.

Contrairement à un moteur à combustion thermique qui est une œuvre d'art, un moteur électrique est lui extrêmement basique – en gros c'est une batterie avec des roues –, ce qui signifie que la valeur ajoutée du véhicule résidera dans sa batterie. Les constructeurs qui seront capables de proposer une batterie pouvant se charger extrêmement rapidement et dotée d'une autonomie très longue feront la différence. Et en ce domaine, la technologie la plus prometteuse en matière de densité énergétique est la batterie lithium-ion, dans laquelle les acteurs asiatiques – chinois, coréens et japonais – ont pris de bonnes longueurs d'avance. C'est ce qui explique le projet « d'*Airbus* de la batterie » porté par les gouvernements européens qui réalisent qu'il y a urgence à faire émerger un ou des champions en ce domaine. Car si rien n'est fait, il y a de fortes chances que l'industrie des batteries lithium-ion soit 100 % asiatique et 90 % chinoise, avec le risque de voir dans nos rues demain des véhicules, certes électriques, mais majoritairement asiatiques, à l'image de ce qui s'est passé dans le domaine des cellules et des panneaux photovoltaïques.

Concernant le stockage, il y a un vieux rêve, l'hydrogène: est-ce un sujet que vous suivez ?

L'hydrogène a beaucoup d'avantages mais aussi beaucoup d'inconvénients. L'avantage le plus évident est bien entendu qu'au moment de la combustion, seule de la vapeur d'eau est générée. En revanche, il y a beaucoup d'inconvénients, au premier rang desquels le fait qu'il faille le produire. C'est un sujet que nous

connaissons bien, puisque nous en sommes un des utilisateurs principaux pour nos raffineries, pour désulfurer nos produits et le problème, c'est que quand on en produit, on émet du CO₂. Un autre inconvénient réside dans le fait que l'hydrogène soit un gaz, or qui dit gaz dit coût de transport, d'autant que sa densité est beaucoup moins forte que celle du méthane, nous obligeant à le comprimer, ce qui n'est pas anodin en matière de sécurité. On peut réaliser des véhicules fonctionnant au gaz naturel comprimé: si vous allez en Argentine par exemple, que vous ouvrez le coffre des taxis, vous verrez une bonbonne de gaz qui est à une pression de quelques bars et ne pose pas de problème. Si vous voulez avoir la même quantité d'énergie dans votre coffre avec de l'hydrogène, il faudra par contre en passer par des centaines de bars, ce qui n'est pas anodin... Il y a toujours des solutions technologiques, mais cela coûte cher.

La civilisation de l'hydrogène dont on rêve parfois n'est donc pas impossible à trouver mais, à mon sens, ce n'est pas pour demain. Il faut se donner le temps de la rêver et c'est pourquoi il me semble essentiel de continuer à explorer le sujet, notamment dans deux directions: la production et le transport. Il faut travailler à produire de l'hydrogène vert, utiliser de l'électricité à base de renouvelables pour, à partir d'eau, séparer l'hydrogène de l'oxygène. Le problème aujourd'hui c'est que cela demande beaucoup d'énergie et faire de la recherche sur ce sujet, cela a un sens, parvenir à des électrolyseurs abordables, cela a du sens. Un deuxième sujet à creuser se trouve du côté des électrolyseurs de petite taille, pour réduire les problèmes de transport d'hydrogène. On peut imaginer une station-service abritant votre électrolyseur dans une borne, borne dans laquelle vous mettriez de l'eau pour réaliser votre électrolyse et charger votre véhicule. J'ai vu cela à Boston et cela mérite d'être approfondi car, avec l'hydrogène, vous pouvez compter sur une autonomie de 500 km, ce qu'attend le conducteur habitué au moteur thermique.

Le terme de transition s'applique assez bien à notre secteur en définitive: il a le mérite d'indiquer que nous sommes sur un chemin, qu'il ne faut pas forcément vouloir résoudre tous les problèmes du futur dès aujourd'hui, au risque de faire des bêtises. Notre étalon de référence est aujourd'hui le remplacement du charbon par le gaz, car on sait que cela fonctionne, mais nous continuons en parallèle à explorer le potentiel de l'hydrogène, car un jour, il y aura des applications, des solutions à moindre coût. Mais pour l'heure, nous en sommes encore à la transition énergétique.

Propos recueillis par l'ASP Marion Soller, l'ASP Mahmut Sarp et Cyrille P. Coutansais

Les numéros publiés :

N°1 - *L'action de l'État en mer et la sécurité des espaces maritimes. La place de l'autorité judiciaire.* Octobre 2011

N°2 - *Planète Mer. Les richesses des océans.* Juillet 2012

N°3 - *Mer agitée. La maritimisation des tensions régionales.* Janvier 2013

N°4 - *L'histoire d'une révolution. La Marine depuis 1870.* Mars 2013

N°5 - *La Terre est bleue.* Novembre 2013

N°6 - *Les larmes de nos souverains. La pensée stratégique navale française...* Mai 2014

N°7 - *Union européenne: le défi maritime.* Décembre 2014

N°8 - *Abysses.* Juin 2015

N°9 - *Outre-mer.* Décembre 2015

N°10 - *Marines d'ailleurs.* Juin 2016

Hors série - *Ambition navale au XXI^e siècle.* Octobre 2016

N°11 - *Littoral.* Décembre 2016

Hors série - *La mer dans l'Histoire.* Mars 2017

N°12 - *Ruptures.* Juin 2017

N°13 - *Marins.* Décembre 2017

N°14 - *Liberté.* Juin 2018

Hors série - *La Marine dans la Grande Guerre.* Novembre 2018

N°15 - *Nourrir.* Janvier 2019

LES PUBLICATIONS DU CESM

Centre de réflexion stratégique, le CESM diffuse quatre publications régulières sur la stratégie navale et les principaux enjeux maritimes.

Études marines

Chaque semestre, des regards croisés sur un sujet maritime, de géopolitique, d'économie, d'histoire...

Cargo Marine

Des études apportant une connaissance approfondie d'une problématique navale ou maritime.

Brèves Marines

Diffusée par mail, cette publication offre chaque mois un point de vue à la fois concis et argumenté sur une thématique maritime d'actualité.

Les @mers du CESM

Cette revue de veille bihebdomadaire, également diffusée par mail, compile les dernières actualités concernant le domaine naval et maritime.

Ces publications sont disponibles en ligne à l'adresse suivante :

cesm.marine.defense.gouv.fr

Vous pouvez également vous abonner sur simple demande à :

cesm.editions.fct@intradef.gouv.fr

ÉNERGIES

« Réfléchissez au mouvement des vagues, au flux et reflux, au va-et-vient des marées. Qu'est-ce que l'océan ? Une énorme force perdue. Comme la terre est bête ! Ne pas employer l'océan ! »

Si Victor Hugo pestait dans *Quatre-vingt-treize* face à l'incapacité des hommes à exploiter l'énergie des océans, on peut gager que son regard ne serait pas le même de nos jours. La mer est désormais parsemée de plates-formes *offshore* allant puiser gaz et pétrole à plus de 3 000 mètres de profondeur... Sillonnée de méthaniers qui transportent d'un point à l'autre de la planète du gaz naturel liquéfié. Elle voit fleurir enfin des champs d'éoliennes sur les littoraux des continents européens, américains ou asiatiques.

Ressources, production, flux : si les océans sont un nouvel eldorado énergétique, ils deviennent également une source de tensions géopolitiques et géostratégiques nouvelles...



N°16 – Juin 2019
Centre d'études stratégiques de la Marine

