

— 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

---

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

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

Entretien avec Arnaud LEROY

*Président du conseil d'administration de l'Agence de l'environnement  
et de la maîtrise de l'énergie (ADEME)*

***Études Marines*: À lire les rapports annuels de l'Agence internationale de l'énergie, on a le sentiment que le tournant des énergies renouvelables est en train d'être pris. Est-ce une vraie tendance de fond?**

**Arnaud Leroy**: Plus que les chiffres de croissance des énergies renouvelables, je crois que l'élément marquant est l'effondrement des coûts. Le photovoltaïque, l'éolien – en mer comme à terre – produisent aujourd'hui une électricité au prix du marché, ce qui est une vraie révolution. Le prix est un élément décisif dans les équations énergétiques: il y a aujourd'hui toute une série de solutions matures technologiquement, mais que l'on ne développe pas car elles ne sont pas économiquement viables. Or le vrai élément déterminant est quand même le coût pour les collectivités. Cette révolution concernant le prix est due à des rendements en très forte hausse – pour l'éolien en mer, les turbines délivraient 450 kW en 1991, nous en sommes aujourd'hui à 9,5 MW – et à des innovations multiples. Si vous prenez le photovoltaïque, nous arrivons aujourd'hui à des films très légers qui épousent les formes, et par conséquent offrent la possibilité d'équiper des structures un peu plus anciennes. Nous avons aussi des tuiles qui ne se différencient quasiment pas des tuiles ordinaires et permettraient, pour peu que les bâtiments de France soient un tout petit peu plus souples, d'intervenir intelligemment sur une partie du patrimoine historique. Nous avons donc des solutions compétitives en matière d'énergies renouvelables, mais il faut cependant se garder d'une vision un peu radicale en pensant que nous allons passer au tout renouvelable en un claquement de doigts. La transition énergétique suppose en effet de prendre en compte l'ensemble des paramètres – changement climatique, impact économique, social, géopolitique –, ce qui rend les choses extrêmement complexes.

Prenez l'exemple du charbon, qui est le sujet prioritaire aujourd'hui car extrêmement polluant et le plus fortement émetteur de gaz à effet de serre: sa suppression n'est pas si simple. Tout d'abord parce qu'il demeure, malgré tout, la source d'énergie la plus développée et performante économiquement, ce qui explique au passage son niveau toujours très élevé dans le mix énergétique mondial. Et s'en passer a des effets induits non négligeables, dans le domaine économique comme dans le domaine social ou géopolitique. Si vous prenez l'Australie, le charbon représente son premier poste à l'export et, si l'on tire le fil du maritime, on prend conscience que l'ensemble de la marine marchande subira les conséquences de son arrêt, les vraquiers au premier chef. La Pologne, de son côté, le voit comme un moyen de ne pas dépendre du gaz russe, un vecteur de souveraineté, mais aussi comme un secteur économique à part entière, avec des milliers d'emplois à la clef. On parle là de plusieurs dizaines de milliers de mineurs,

très localisés dans des territoires qui, dans leurs structures, correspondent à peu de choses près à nos anciennes régions minières du Nord et de l'Est. Et, compte tenu de notre expérience française, on sait très exactement ce qu'il ne faut pas faire, à savoir arrêter la production d'un coup, sans accompagnement des territoires, des hommes, avec pour résultat un chômage de très longue durée, parfois de génération en génération, et des régions en déshérence. Nous avons du recul désormais. Tout le monde, à des degrés divers, est donc confronté à certaines difficultés dans ce passage à un nouveau mix énergétique, même si tout le monde est convaincu, pour différentes raisons, qu'il est nécessaire.

### **Vu de l'extérieur, il semble pourtant que l'unanimité n'est pas de mise en ce domaine, l'Accord de Paris est contesté...**

Il faut en réalité distinguer deux choses : l'Accord de Paris, qui est un peu notre boussole, qui nous indique la direction, l'objectif à atteindre en matière de réduction de gaz à effet de serre, et le mix énergétique. Et de ce point de vue, tout le monde a intérêt à pouvoir compter sur une palette de solutions équilibrée afin de réduire ses fragilités. Si, comme en France, vous êtes sur une électricité provenant à 75 % de l'énergie nucléaire, vous êtes à la merci de difficultés sur une centrale ou sur votre approvisionnement en uranium qui est, on l'oublie trop souvent, massivement importé. Sans compter les coûts, par exemple le démantèlement de notre parc dans les années à venir ou encore le stockage des déchets, qui vont peser sur nos budgets de façon non négligeable. De la même façon, le tout charbon de la Chine a rendu ses villes irrespirables et la pousse aujourd'hui à diversifier son mix énergétique à travers des renouvelables, du nucléaire, du gaz. Et le prix, là encore, est un facteur essentiel : Donald Trump a beau sortir de l'Accord de Paris, mettre en avant le charbon, que se passe-t-il en réalité aux États-Unis ? « *King Coal* » est sur le déclin, remplacé par un gaz de schiste beaucoup plus compétitif, même si ses impacts sur l'environnement sont majeurs, ou encore l'éolien dans certains États hier charbonniers.

### **Comparée aux États-Unis, la France ne dispose pas de la même palette de solutions...**

Détrompez-vous : nous pouvons compter sur toute une gamme de solutions, mais que nous avons trop longtemps ignorées. Nous soutenons par exemple la filière du gaz vert, ce qui, au passage, n'est pas négligeable en matière de souveraineté : cela permet de s'affranchir en partie d'approvisionnements extérieurs, russes ou autres...

Et là, nous avons des gisements, notamment dans les résidus agricoles. Il y a certes aujourd'hui un surcoût, qui tient en partie au raccordement au réseau, à sa prise en charge financière, mais aussi une question de production, qui doit être stable, pérenne. Nous faisons en sorte d'aider la filière à se structurer et je suis convaincu que demain vous ne verrez pas de différence en termes de motorisation entre du gaz vert ou du gaz naturel pour le transport de produits lourds. Nous sommes aussi en train de travailler sur son adaptation à des péniches, à certains navires.

De manière générale, il faut que l'on prenne conscience que la biomasse peut être un gisement très intéressant pour notre pays, et notamment pour nos outre-mer, dont l'électricité est pour le moment essentiellement issue de génératrices diesel ou fioul. Entre parenthèses, cette évolution est à prendre là aussi dans sa globalité : fermer la porte à l'importation de ces carburants va entraîner des recettes fiscales en baisse – octroi de mer, etc. –, il faudra trouver des compensations. Toujours est-il que ces territoires ont une obligation et un horizon : être autonomes énergétiquement en 2030. C'est dans ce cadre que nous travaillons autour de la biomasse, sur une valorisation des déchets de coco à Wallis par exemple, sur celle de la bagasse, issue de la canne à sucre, dans les Antilles. Nous conduisons aussi tout un travail autour de l'isolation. Les économies d'énergie, et plus globalement l'efficacité énergétique, sont un sujet absolument fondamental.

### **Travaillez-vous aussi autour de la chaleur « fatale », celle qui est perdue par les usines, les incinérateurs ?**

Oui, c'est un grand chantier, très lié à l'économie circulaire, l'écologie industrielle. La chaleur perdue aujourd'hui par les usines et les incinérateurs en France équivaut à l'énergie de six réacteurs nucléaires et ne fera que s'accroître avec l'expansion des *data centers*. Le développement de nouveaux usages numériques, le *streaming* par exemple, a un impact sur la bande passante, donc sur la consommation, considérable. Ce n'est d'ailleurs pas un hasard si les GAFAM mettent en avant leur démarche tendant à une énergie 100 % verte : ils sont tout à fait conscients qu'ils sont dans un des domaines les plus énergivores de nos jours, quand beaucoup d'autres secteurs sont engagés dans une tendance baissière. Et puis il y a les impacts à l'autre bout de la chaîne, les désastres écologiques liés à l'accès aux terres rares, aux mines, le travail forcé. Ce secteur ne se résume pas simplement à Steve Jobs dans son garage qui invente le *Mac*, il est marqué aussi par un coût social, environnemental trop longtemps sous-estimé. Pour en revenir à l'insertion des *data centers* dans leur environnement, à l'écologie industrielle, nous en sommes

au tout début de l'histoire. Il existe quelques projets pilotes en région, la chaleur dégagée par certaines unités va être dirigée vers des logements, des piscines, mais cela demeure, à ce stade, assez anecdotique. C'est un domaine que nous avons identifié au sein de l'Agence, nous avons mis une petite équipe dessus et je serai en mesure de vous en parler un peu plus longuement dans quelque temps. Un autre point à avoir en tête sur cette question est l'alimentation en énergie, notamment en énergie renouvelable, les *data centers* se prêtant par exemple très bien à l'installation de panneaux photovoltaïques.

**Une des grandes problématiques liées aux énergies renouvelables est la question du stockage, de l'intermittence de ces solutions ; pensez-vous que ce soit un domaine dans lequel il y aura des avancées à moyen terme ?**

C'est bien entendu un point important mais, du point de vue de l'ADEME, un faux sujet car nous avons aujourd'hui la chance de disposer d'un réseau électrique qui a la capacité technique d'absorber ces intermittences, des interconnexions qui permettent de stopper la production électrique et sa consommation, bref d'un réseau flexible. D'autant plus flexible que nous avons la chance de pouvoir compter sur un pilotage européen de l'ensemble des réseaux des États membres, d'un marché de l'électricité déjà très coordonné. Toutes nos analyses montrent que nous aurons de vrais besoins de stockage aux alentours de 2030, soit quasiment dix ans d'innovation devant nous, en sachant que, dans certains domaines, nous avons déjà des bases extrêmement solides. Prenez l'hydrogène par exemple : qui aurait imaginé, il y a encore dix ans, qu'une flotte de taxis, celle de *Hype*, fonctionnerait sur ce modèle en plein Paris ? Qui aurait imaginé encore que l'on verrait en Allemagne, en Basse-Saxe, le *Coradia iLint* d'*Alstom* ? Voilà tout de même une motrice qui peut parcourir 1 000 kilomètres avec un plein en émettant uniquement de la vapeur d'eau ! Je suis convaincu que nous aurons des évolutions majeures dans tout le secteur de l'énergie si, du moins, nous sommes en capacité de nous associer à d'autres pays, dans le cadre européen notamment. Car si le réseau est bien coordonné au niveau communautaire, reste à faire naître une Union européenne de l'énergie, c'est-à-dire une capacité à construire de manière coordonnée les solutions de production d'énergie. On a vu les difficultés que cela a pu poser avec la décision unilatérale allemande de quitter le nucléaire sans consulter personne et on le constate encore avec le choix de Berlin du gazoduc *Nord Stream 2* qui pose problème à certains États membres du fait d'une trop grande dépendance gazière vis-à-vis de la Russie. Il y a donc encore des points sur lesquels avancer mais, quand on regarde la question du stockage, on peut se dire que l'initiative franco-allemande



à laquelle s'est ralliée la Pologne, dans le secteur de la batterie va plutôt dans le bon sens. Une industrie européenne en ce domaine, par-delà son intérêt économique, peut en effet permettre de développer des batteries moins gourmandes en métaux rares, ce qui est un vrai sujet, stratégique comme environnemental.

### **En matière de métaux, vous intéressez-vous aux ressources minérales marines?**

Cela fait partie de l'équation, mais plus que la question du stock disponible, ce qui nous intéresse est la question de la gestion des ressources avec, là encore, un facteur prix incontournable. De ce point de vue, les nodules polymétalliques et autres amas sulfurés partent de loin : il s'agit dans un premier temps de disposer d'une cartographie précise, qui permette de cerner le volume et la profondeur à laquelle se situent ces ressources, de développer en parallèle les outils techniques aptes à aller les chercher, autant d'éléments qui permettront de définir un coût d'exploitation. Nous sommes plus avancés dans le domaine du recyclage, même si nous butons sur le facteur prix : collecter les différents produits finis qui contiennent des métaux rares, puis les valoriser, demeure aujourd'hui beaucoup plus cher que d'aller chercher des matières vierges. Les progrès techniques ou technologiques nous permettront certainement de progresser mais, pour le moment, nous nous efforçons de dresser un inventaire des différents gisements – aussi bien au sujet de leur localisation que du type de métal – en France. À terre comme en mer.

### **Concernant la mer justement, vous avez été la cheville ouvrière de la loi « économie bleue » du 20 juin 2016. Quel bilan en tirez-vous à ce stade?**

Déjà, elle existe ! Vous savez, cette loi est née au départ d'un énième rapport qui m'avait été commandé sur le sujet et dont je ne voulais pas qu'il connaisse le même destin que 90 % de ses congénères : finir dans un placard. J'ai eu la chance de pouvoir compter sur une bonne entente transpartisane : avec Didier Mandelli, rapporteur au Sénat, nous sommes parvenus à bâtir un ensemble cohérent par lequel nous avons touché aussi bien la gouvernance stratégique, avec le rôle du Secrétariat général de la mer, que celle des ports ou la problématique de l'emploi maritime. Nous nous sommes efforcés aussi de combler des lacunes juridiques, à l'image du statut ou de la mise en œuvre des drones. C'était un exercice intéressant aussi du point de vue de la fabrique de la loi : j'ai passé ma dernière année de mandat à m'assurer que les décrets sortent et que ces décrets s'inscrivent dans la même logique que la loi. Trois ans après, je pense que le bilan est positif,

notamment sur l'approche qui a consisté à doper notre compétitivité par rapport à nos partenaires européens et non par rapport à des pavillons vis-à-vis desquels nous ne serons jamais compétitifs. Et je crois que l'enjeu pour les années à venir est là : il ne faut pas que cette loi demeure un point d'arrivée, il faut la remettre sur le métier, la reprendre sans cesse pour continuer à la mettre en accord avec nos partenaires et concurrents européens, ne pas prendre de retard.

### **Cet enjeu maritime, vous efforcez-vous de le porter au sein de l'ADEME ?**

Nous sommes bien entendu présents dans le secteur maritime, mais nous n'avons pas vocation à devenir une agence de la mer : notre rôle est de mettre des outils au service des professionnels, qui doivent ensuite s'en saisir. Aujourd'hui, nous avons trois axes principaux : la mobilité, la question des déchets et les énergies marines renouvelables. La mobilité est un axe important, car il s'insère aussi dans le plan *France logistique 2025* qui vise, à cette date, à faire entrer notre pays dans le top 5 mondial quand nous sommes aujourd'hui au 18<sup>e</sup> rang, ce qui est un léger problème pour un pays de transit... Or nous avons des atouts, notamment de l'espace dans nos ports qui peut nous permettre de déployer des solutions énergétiques intéressantes tout en travaillant sur la décarbonation du secteur, qui est un enjeu important. Un exemple parmi d'autres est le navire à hydrogène dont le test intéresse certains territoires comme la Bretagne. La question des déchets est pour nous un enjeu important, à la fois dans la phase d'embarquement – comment faire en sorte de charger moins de plastique à bord par exemple – mais surtout dans celle de débarquement. C'est une question qui se pose avec de plus en plus d'acuité à mesure que la France accueille un nombre croissant de navires de croisière. Ce type de bâtiments va générer à Bordeaux ou à Marseille une quantité impressionnante de déchets qu'il va falloir traiter, valoriser. C'est ici toute la problématique de l'écologie industrielle territoriale qui vise la valorisation des déchets à l'échelle d'un territoire et, de ce point de vue, nous commençons à avoir de bons retours d'expérience, notamment à La Rochelle. Je n'oublie pas, bien entendu, l'enjeu important des déchets marins, qui est avant tout une problématique de déchets terrestres partis en mer. Le CIMer nous a chargés d'une mission sur le sujet des déchets plastiques dans l'océan, visant notamment à agir avec les ONG actives en la matière pour recueillir des données scientifiques et participer à la question de l'éducation, à la diffusion de bonnes pratiques. Enfin, il y a le sujet des énergies marines renouvelables et, si nous avons raté le cap de la création d'une filière industrielle dans les éoliennes posées, je compte bien ne pas le rater pour celle des éoliennes flottantes. En ce domaine, l'ADEME est – pour le compte de l'État – financeur et partenaire de l'ensemble des quatre projets pilotes déployés

le long de nos côtes *via* les programmes d'investissements d'avenir. Paradoxalement, le plus compliqué pour les EMR n'est pas tellement de réunir les financements ou de trouver les industriels, mais de convaincre que ce secteur est important. C'est l'éternel problème de notre pays, ce problème culturel qui fait que nous ne pensons pas naturellement « maritime ».

### **On dit souvent que la France est une puissance maritime qui s'ignore... D'où vient ce paradoxe selon vous ?**

Je crois qu'il y a une question autour des élites. C'est un peu comme le mix énergétique : il faut une variété de profils, de visions. C'est très frappant au niveau des ports, je trouve. Autant dans certaines parties du pays on respire la mer, autant dans d'autres, y compris où l'on trouve des ports historiques, vous ne la sentez pas. Sauf pour le folklore. Il y a sans doute une question autour de la gouvernance des ports ; peut-être faudrait-il une plus grande variété de profils, des gens plus ancrés dans leur territoire, ainsi qu'une plus grande permanence dans les équipes. Anvers fonctionne sur ce modèle-là, et plutôt bien si on regarde les chiffres... Il y a aussi des choses à imaginer pour toucher le grand public, refaire un *Thalassa* en prise avec notre époque, évoquer l'emploi dans le maritime par exemple. Cela compte beaucoup pour éveiller les esprits à la mer. Je ne suis pas certain, par exemple, que je me serais autant intéressé à ces questions s'il n'y avait eu les *Fiches Cousteau* dans ma tendre enfance !

### **C'est donc par ce biais que vous êtes venu à la mer ?**

Par ce biais et par les ports. Mon père était transporteur et je l'accompagnais souvent sur les quais voir les cargos, les premiers porte-conteneurs. Mon imaginaire maritime s'est construit là, dans les ports. Et puis j'ai fait de la plongée, du surf, et la question de la protection des océans s'est imposée à moi. Le droit maritime m'a intéressé et s'est révélé un très bon outil, très agile, pour agir en ce domaine. Tout comme le droit de la mer d'ailleurs. J'ai intégré l'Agence européenne de sécurité maritime (EMSA) – je me suis aperçu au passage que c'était une structure complètement désertée par les Français, ce qui est un vrai problème – pour m'occuper du département environnement, puis il y a eu l'Assemblée, la loi économie bleue et aujourd'hui l'ADEME, où je poursuis mon sillage maritime...

Propos recueillis par l'EV2 Camille Morel 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<sup>e</sup> 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](http://cesm.marine.defense.gouv.fr)

Vous pouvez également vous abonner sur simple demande à :

[cesm.editions.fct@intradef.gouv.fr](mailto: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

