Ce document est la transcription révisée, chapitrée et illustrée d'une vidéo du MOOC UVED « Énergies renouvelables ». Ce n'est pas un cours écrit au sens propre du terme ; le choix des mots et l'articulation des idées sont propres à l'intervention orale de l'auteur.

Contexte national et international des énergies marines renouvelables

Yann-Hervé DE ROECK

Directeur général – France Energies Marines

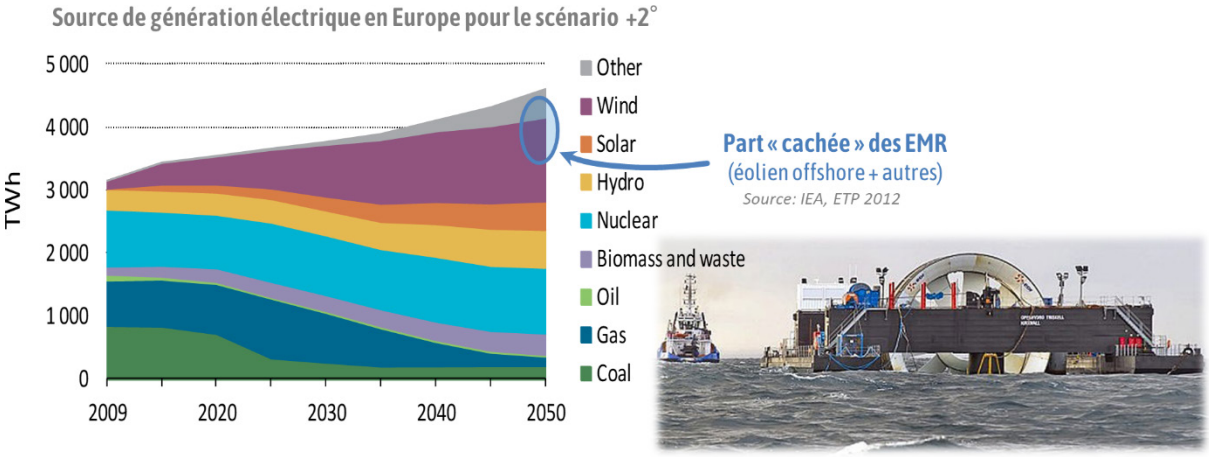
Avant d'aborder les spécificités des énergies marines renouvelables, on va regarder dans quel cadre elles se développent en France, en Europe et dans le monde au sein de l'ensemble des énergies renouvelables.

1. Contexte des EMR

Tout d'abord il y a la prise de conscience du réchauffement climatique dû aux émissions de gaz à effet de serre et en particulier du dioxyde de carbone. Si on ne fait rien, la température à la fin du siècle aura augmenté de 6°C. Un autre scénario, beaucoup plus optimiste consiste à limiter cette augmentation à 2°C. Pour y parvenir, il faut faire appel à différents paramètres dont l'exploitation des énergies renouvelables (à peu près de 25 % de l'effort), le reste étant couvert par une meilleure efficacité énergétique, par le stockage du dioxyde de carbone, par un recours plus important au nucléaire, à la cogénération ou même à l'optimisation de l'usage des carburants fossiles que l'on a aujourd'hui.

Les énergies marines renouvelables sont jusqu'à présent très peu identifiées dans les prospectives (figure ci-dessous). Si on les regarde de plus près, au sein de l'éolien, il faut estimer qu'il y aura à peu près 50 % voire plus de l'électricité produite par ce secteur qui sera produite offshore. Par ailleurs, les énergies marines renouvelables sont comptabilisées

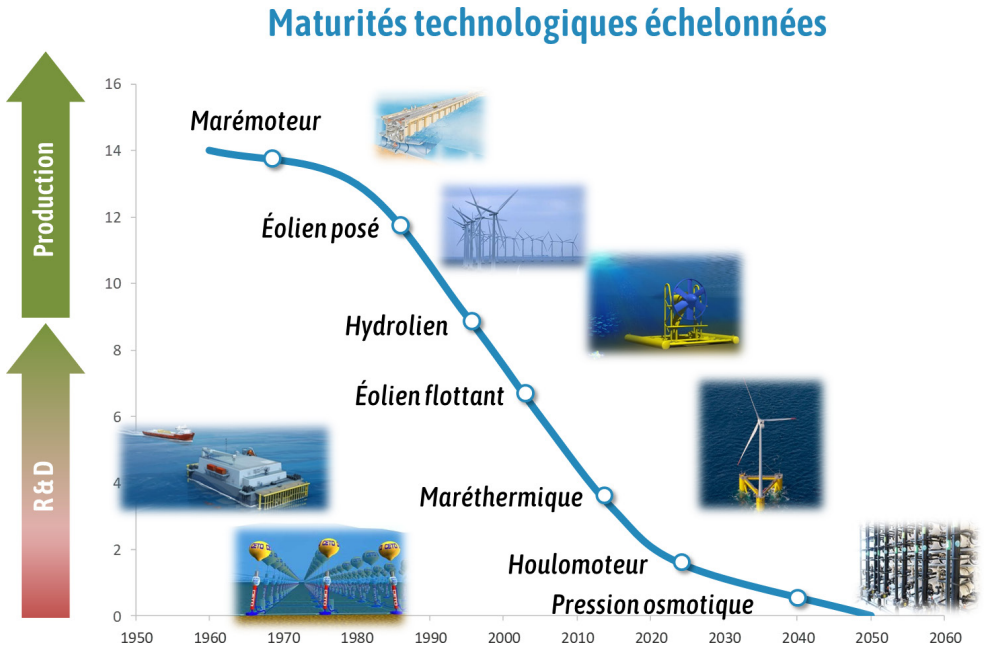
parmi les autres énergies renouvelables comme la géothermie mais vous voyez que c'est encore assez faible alors que ce sont des énergies renouvelables physiques.



Ces énergies proviennent de l'interaction de la Terre avec le Soleil et puis la Lune. La première interaction est gravitationnelle : elle va conduire à la production des marées en mer. La deuxième interaction, qui est beaucoup plus importante en termes d'apport d'énergie à terre, est liée au rayonnement solaire qui va réchauffer de façon évidente les océans mais aussi l'atmosphère, ce qui conduit dans ce couple-là, océan/atmosphère, la production de vent puis de vagues. Ce sont donc bien les énergies des marées, l'énergie du vent, l'énergie de la houle qui constituent l'essentiel des énergies marines renouvelables que l'on va traiter ici.

2. Développement des EMR

C'est un mix complexe qui fait appel à différents moyens de récupération de l'énergie et qui sont à des degrés de maturité technologique bien échelonnés (figure ci-dessous).

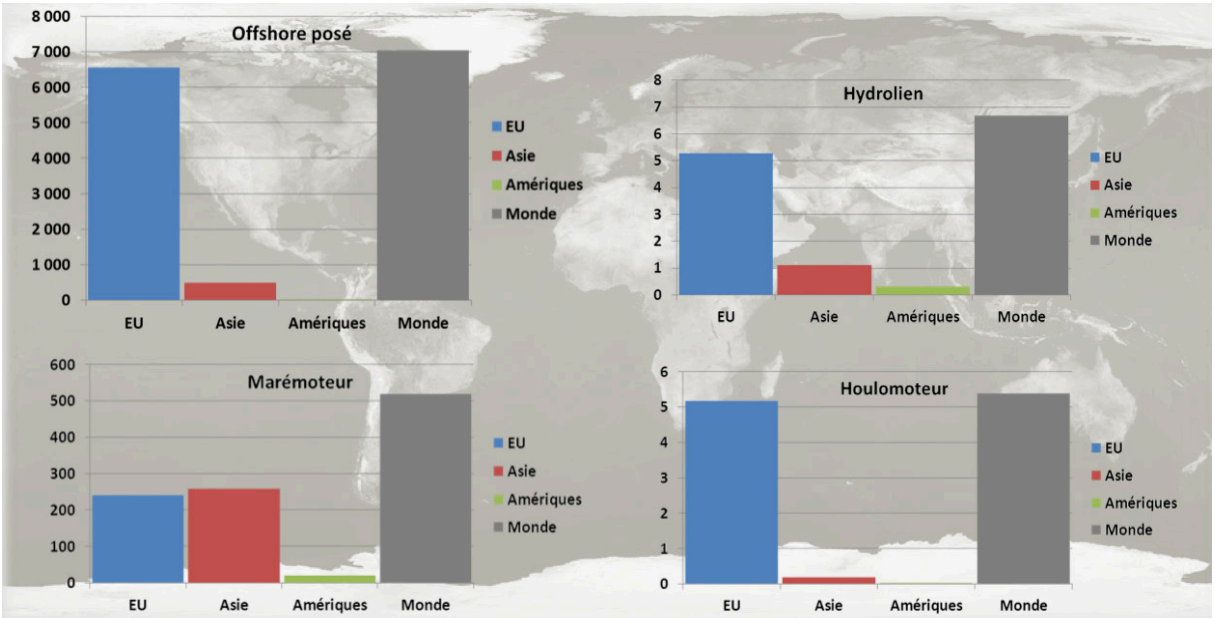


Depuis plusieurs décennies, on sait exploiter le marémoteur. Lorsque la marée produit un marnage suffisant, on construit un barrage et cela fonctionne comme un barrage hydraulique avec quelques adaptations. Depuis une décennie se déploie en Europe du Nord, tout particulièrement sur la mer du Nord et sur la Baltique, de l'éolien offshore, dans des milieux peu profonds. On va donc poser ces installations en mer.

L'hydrolien, ensuite, c'est avoir recours encore l'énergie des marées mais cette fois-ci en exploiter les eaux lorsque le courant a une vitesse suffisante pour faire tourner des pales et donc des hydroliennes. C'est à un degré de maturité un peu moindre puisqu'il n'y a eu que quelques prototypes testés. C'est aussi le cas pour l'éolien flottant, qui prend le relais de l'éolien posé lorsque la profondeur d'eau devient plus importante, sur des plates-formes flottantes héritées de l'offshore pétrolier.

Ensuite, il faut citer l'énergie thermique des mers. L'énergie thermique de mers ou maréthermique exploite le fait que dans les zones intertropicales il y a une stratification de l'océan entre les zones profondes et les zones de surface. On va pouvoir exploiter avec des machines thermiques cette différence de température avec des systèmes flottants ou à terre.

Une énergie vient encore après, - ça peut paraître étonnant parce que lorsqu'on regarde la mer on voit tout de suite l'énergie des vagues -, c'est le houlomoteur qui est à un degré de maturité relativement peu élevé. Pourquoi ? Parce que bien que des prototypes aient été testés, il y a de fortes difficultés à obtenir des systèmes fiables. Enfin, la pression osmotique est un phénomène assez particulier, lié au rejet d'eau douce en eau de mer. Avec tout un système de membranes, on peut augmenter la pression dite pression osmotique et turbiner cette pression et avoir un système électrique. C'est dans des lieux tout à fait spécifiques que l'on peut exploiter cette énergie. Je vous ai parlé de maturité. On voit tout de suite cela sur la figure ci-dessous qui vous parle des installations branchées sur un réseau électrique.



Il y a quelques milliers de mégawatts pour l'éolien posé et essentiellement en Europe du Nord. Pour le marémoteur, l'Asie et l'Europe font jeu égal. On voit un petit peut apparaître l'Amérique mais finalement, il n'y a que deux grosses usines dans le monde, celle de la Rance qui fonctionne depuis 40 ans à 240 MW et qui a été surpassée depuis deux ans par une usine en Corée du Sud à 254 MW. Par contre, quand on passe à l'hydrolien, il n'y a que quelques mégawatts qui sont aujourd'hui constamment installés sur le réseau, toujours en Europe, essentiellement dans les îles britanniques et même surtout dans une région, en Écosse. Il y a tout particulièrement en Écosse une zone de tests dans les Orcades, au nord de l'Écosse, pour les prototypes à la fois hydroliens et houlomoteurs.

3. Intérêts des EMR

Pourquoi s'intéresser tout particulièrement aux énergies marines renouvelables en Europe et en France ? Les ressources marines sont très abondantes et on peut aussi constater qu'elles sont fortement prévisibles. Elles sont intermittentes mais prévisibles, voire constantes lorsqu'il s'agit de l'énergie thermique des mers. Il y a de faibles externalités, c'est-à-dire qu'il peut y avoir des crises internationales, on n'a pas besoin d'acheter grand-chose d'autre que des terres rares pour les aimants permanents et l'essentiel repose sur de l'acier, du béton, de la main-d'œuvre. C'est un défi économique à l'export. On sait que l'Europe a identifié que l'on pouvait avoir une croissance bleue vers les activités maritimes et la France tout particulièrement est bien placée avec une industrie navale et offshore qui cherche une reconversion. Si on exploite dans notre mix énergétique les énergies marines, on aura cette capacité d'aller exporter ce que l'on aura produit de manière industrielle.

Un autre point est que ce sont les marchés de niche. Nous avons des milieux insulaires ou des communautés aussi qui sont hors réseau, sur des péninsules éloignées. Dans ces conditions, le coût de l'électricité aujourd'hui est très élevé dans ces régions et les énergies marines renouvelables offrent déjà une alternative compétitive à d'autres productions d'électricité.

4. Coût des EMR

Il faut tout d'abord distinguer le coût initial, ce qu'on appelle le CAPEX (*capital expenditure*). On immobilise du capital par toute la partie design, étude et puis construction et puis installation du système, voire également son démantèlement. On voit tout de suite que l'éolien posé, de par son avance technologique offre déjà des coûts d'investissement plus faibles. Mais une fois que ces installations sont réalisées, et bien il y a l'OPEX (qui est l'*operational expenditure*), qui comprend essentiellement la maintenance (et la spécificité des énergies marines c'est bien entendu de faire appel à des navires, à pas mal de main-d'œuvre etc. donc des coûts de maintenance relativement élevés), les coûts de redevance puisqu'on est non pas sur du domaine privé mais sur du domaine public et aussi il y a donc un coût de location de la zone d'implantation, puis les assurances puisqu'on a dit que c'était des systèmes qui pouvaient avoir des questions de fiabilité. Un des objectifs bien entendu est de réduire ces coûts mais ça fait partie des coûts opérationnels. On en déduit, alors le

coût auquel effectivement l'énergie est produite, c'est le *levelized cost of energy*, qui comprend un certain amortissement de ce capital et les coûts d'exploitation. Ces coûts sont aujourd'hui très élevés pour les énergies marines renouvelables : à plusieurs centaines d'euros le mégawattheure (entre 180 et jusqu'à 400). Un objectif que s'est donné tout le secteur est d'atteindre 125 € le mégawattheure vers 2025 de façon à être compétitif vis-à-vis des autres énergies renouvelables mais aussi du renchérissement probable de l'exploitation des énergies fossiles et du nucléaire.

5. Déploiement des EMR

Une fois ces considérations économiques établies, il faut aussi regarder comment déployer de façon optimale les énergies marines renouvelables. Il y a des considérations techniques, des considérations réglementaires, des considérations d'usage.

Techniquement, tout d'abord, il faut que ce soit rentable d'un point de vue de la ressource, c'est-à-dire avoir une ressource énergétique suffisante qui s'identifie sur des zones où il y a plus de vent, plus de courant, plus de houle etc. Deuxièmement, il faut autant que faire se peut ne pas aller trop loin en mer si la bathymétrie croît (la bathymétrie est la profondeur d'eau). Les installations seront moins coûteuses si la profondeur est faible. Par ailleurs, si on a l'ambition d'apporter cette électricité sur le réseau, il faut disposer de points de raccordement où on va pouvoir massivement alimenter le réseau. Troisièmement, il faut tenir compte des contraintes réglementaires. Il y a celles de l'environnement, avec fort heureusement une prise de conscience qu'il faut avoir pour prendre en compte les impacts potentiels de ces énergies marines. Puis il y a des zones de toutes façons où les exploitations de toute nature sont limitées.

Deuxièmement, il y a des zones où le trafic aérien ou bien le trafic maritime sont eux aussi réglementés. Il y a aussi des zones réservées à la défense. Cela revient aussi à regarder quelles sont les questions d'usage, des usages traditionnels comme celui de la pêche ou en devenir comme la conchyliculture ou l'aquaculture, ou aussi en très fort développement comme l'extraction des granulats marins. Tout ça définit des zones d'exploitation qui peuvent être plus ou moins compatibles avec le déploiement des énergies marines, de même qu'avec les usages de loisirs, du tourisme ou de la plaisance. Alors comment fait-on ? Pour chacun de ces paramètres, on établit des cartes, des systèmes d'information géographique et on croise ces cartes pour déterminer des zones optimales de déploiement. Autoriser cette exploitation, c'est aussi regarder différents types de lois. Celle qui concerne l'environnement, on l'a mentionnée toute à l'heure, c'est la Loi sur l'eau, ou même dans des zones très particulières, Natura 2000 en mer. Mais lorsqu'on produit de l'énergie avec des énergies renouvelables et tout particulièrement intermittentes, il faut pouvoir attester que l'on a un certain productible et attester aussi que l'on produit un courant d'une qualité suffisante. C'est un deuxième type d'autorisation.

Enfin, on se déploie sur le domaine public maritime. Il faut donc faire un certain nombre d'études pour regarder quelles incidences il peut y avoir sur la navigation et prévoir -

comme je l'ai mentionné toute à l'heure en parlant du CAPEX -, le démantèlement complet des installations. C'est quelque chose que l'on ne retrouve pas sur le renouvelable terrestre.

6. Conclusion

Les EMR apportent de la pertinence, de la fiabilité et de l'efficacité. La pertinence vient du fait que la France est une nation maritime, avec une filière industrielle qui peut largement se développer. Enfin, dans ce domaine, elle dispose d'une vitrine outre-mer tout à fait exceptionnelle avec la deuxième zone économique exclusive mondiale. En ce qui concerne l'impact environnemental, nous y sommes vigilants. Heureusement en France il y a tout l'arsenal réglementaire pour regarder ces questions de manière pertinente. Les premiers retours d'expérience montrent que ce sont des impacts faibles et un autre retour d'expérience est que pour les quelques prototypes aussi qui ont été testés en France et en Europe, l'acceptabilité sociale est forte. La fiabilité vient du fait qu'il y avait de faibles externalités. Le risque économique est donc faible. Deuxièmement, un point que je n'ai pas encore cité, c'est que par ces énergies, on peut obtenir une alimentation électrique stratégique un peu de base minimale. Enfin, c'est un champ d'innovation sur l'installation, la maintenance, la durabilité qui permet d'avoir un développement là aussi tout à fait stratégique. L'efficacité, c'est que le potentiel naturel est fort, comme on l'a dit, et deuxièmement, nous disposons d'un réseau électrique qui, pour la France métropolitaine, permettrait d'absorber sans difficulté une production massive d'énergies marines renouvelables.