



Débat
EOS
Eoliennes
flottantes
en Méditerranée



Octobre 2021



BlueFloat Energy est un développeur d'énergies renouvelables en mer. Experts focalisés sur l'éolien flottant grâce à l'expérience de ses membres ayant contribué à la majorité des projets existants dans le monde à l'heure actuelle, BlueFloat Energy est reconnu comme spécialiste de cette technologie. La société développe plus de 10 GW de projets à l'échelle globale.

En Méditerranée, BlueFloat Energy développe plus de 3GW d'éolien flottant, avec 800MW en Espagne et près de 2,5GW en Italie.

Parmi ces développements, le parc de Tramuntana, au large de la Baie de Rosas pour une capacité installée de 500MW est situé à une trentaine de kilomètres la frontière Française.

Contact

www.bluefloat.com

Clément Mochet

Tél : +33.6.95.98.77.91

cmochet@bluefloat.com

ACCOMPAGNER LA TRANSITION ENERGETIQUE

L'éolien flottant en Méditerranée

LE PAYSAGE ENERGETIQUE FRANÇAIS

Aborder la pertinence et l'opportunité de l'implantation des parcs éoliens flottants en Méditerranée doit s'inscrire dans une réflexion plus large, qui est celle la transition énergétique de la France dans les décennies à venir.

L'enjeu de la transition énergétique

A l'horizon 2050, la France s'est fixé l'objectif de la neutralité carbone. Si cette échéance peut apparaître relativement lointaine, elle va néanmoins appeler une modification profonde et relativement rapide de notre système énergétique. En effet, pour atteindre cette cible, une part non négligeable du mix énergétique va devoir provenir des énergies renouvelables au sens large.

Si il est vrai que l'énergie produite en France aujourd'hui est largement décarbonée (en particulier grâce à la prépondérance du parc nucléaire national), il est aussi acté dans la planification pluriannuelle de l'énergie (PPE) la diminution significative de la part de cette source d'énergie (de 80% en 2021 à 50% en 2050 en hypothèse haute). Les énergies renouvelables et l'éolien en particulier sont identifiés comme les sources privilégiées de remplacement. Combinant production locale, impact sur l'environnement faible et une bonne résilience, elles s'intègrent dans cette vision 2050. Dans son étude prospective présentée le 25 octobre 2021, le gestionnaire de réseau électrique français RTE évalue en particulier 6 scénarii d'évolution du mix énergétique potentiels pour atteindre une neutralité carbone à l'horizon 2050. Le verdict est sans appel : même dans l'hypothèse d'un revirement de politique énergétique complet et une approche particulièrement favorable au nucléaire, **il ne sera pas possible de réaliser la neutralité sans l'éolien et en particulier sans l'éolien en mer.**

Ainsi, la fourchette de contribution qui reviendrait à cette source d'énergie varie de 22GW à 62GW suivant les orientations choisies dans l'étude. Pour cette contribution, les différentes projections s'accordent sur la répartition suivante : **un tiers basé sur la technologie d'éolien posé et les deux tiers restants sur la technologie de l'éolien flottant.**

Vers une modification profonde des usages

La transition énergétique ne consiste pas uniquement dans le remplacement d'une énergie carbonée par une énergie renouvelable ou décarbonée. En effet, les usages sont également amenés à se modifier très largement avec un recours massif à l'électricité, par exemple dans le secteur de la mobilité. De l'aveu même des grands groupes pétroliers, environ 25% de la demande mondiale actuelle de pétrole (soit 25 millions de barils par jour) va être supprimée à l'horizon 2035. Que ce soit à travers l'utilisation de véhicules électriques ou à hydrogène, l'énergie devra provenir de l'électricité.

Toujours dans l'étude prospective de RTE¹, en 2019 la France a généré 475TWh d'électricité (dont une cinquantaine pour l'export, contribuant à une balance commerciale énergétique largement positive). Les chiffres de référence de l'étude tablent sur une consommation de 508TWh en 2030, et entre 550TWh (scénario de sobriété énergétique) et 750TWh (scénario intégration forte d'hydrogène) en 2050. **On constate ainsi qu'il sera insuffisant de se contenter de remplacer les capacités actuelles.**

Cette modification profonde des usages entrainera très probablement une redéfinition des systèmes de distribution d'énergie, d'avantage décentralisés et interconnectés. Cette solidarité énergétique entre les pays du marché européen est une force de résilience unique, et les énergies renouvelables s'y intègrent parfaitement. De la même façon, la flexibilité du réseau

est amenée à se développer largement, en particulier avec des capacités de stockage importantes à créer et ce quelques soient les scenarii envisagés.

LA TECHNOLOGIE DE L'ÉOLIEN EN MER FLOTTANT

Une évolution technologique naturelle

L'éolien suit un schéma assez classique de développement technologique. De manière plus explicite, l'éolien s'est d'abord développé à terre, puis une fois la technologie arrivée à maturité, il s'est aventuré en mer. Tout d'abord dans des zones de relativement faible profondeur (jusqu'à 60m environ), avec un succès certain : **en Europe, on compte actuellement plus de 5500 turbines en mer** (pour une seule en opération en France à l'heure actuelle).

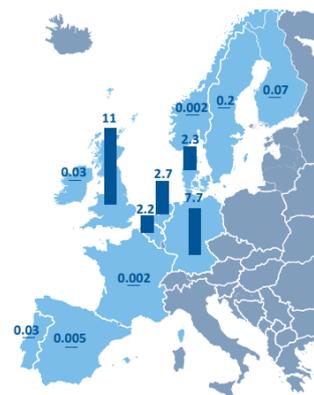
26,351 MW
Connected to the grid

12 Countries

5,566 Turbines

120 Wind Farms

Wind
EUROPE

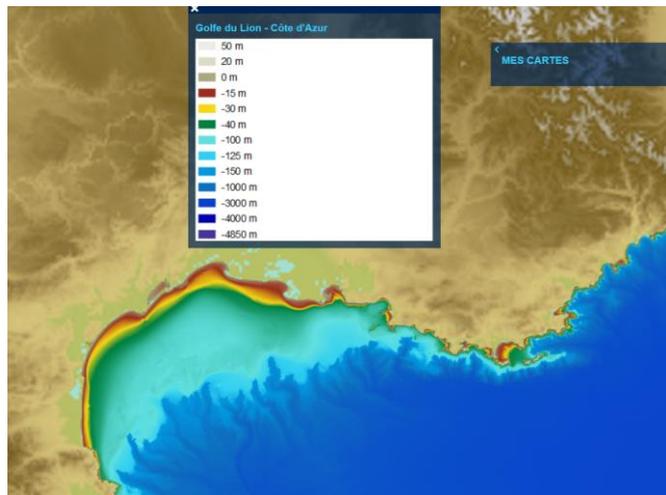


Capacités éoliennes en mer (GW) © WindEurope

Avec ce type de bathymétrie, la solution retenue est l'éolien dit posé, c'est-à-dire avec une fondation supportant la turbine, traversant la colonne d'eau et venant s'appuyer ou s'ancrer dans le fond marin. Les fondations en question peuvent être de différents types, en fonction des sols marins rencontrés mais aussi de la profondeur d'eau. Cependant, au-delà de 80m de fond, on peut considérer que cette technologie touche à ses limites. **Plus de 80% de la ressource éolienne**

¹ RTE, Futurs énergétiques 2050, Principaux résultats
https://assets.rte-france.com/prod/public/2021-10/Futurs-Energetiques-2050-principaux-resultats_0.pdf

européenne se situe au-delà de cette nouvelle frontière, et en Méditerranée cette limite des 80m se rencontre dès la limite de la zone du domaine public maritime (12 milles nautiques).



Bathymétrie en Méditerranée © SHOM

C'est donc ce domaine qui s'ouvre à l'éolien flottant. Disposer des turbines de grandes dimensions sur des flotteurs au large de nos côtes peut paraître techniquement contre-intuitif, mais les acteurs de l'éolien ne partent pas d'une page blanche pour autant. En effet, durant les 30 dernières années, le secteur de l'exploration et de la production d'hydrocarbures en mer a développé de très nombreuses technologies permettant l'emploi de flotteurs de grandes dimensions, ancrés pour plusieurs décennies par des profondeurs parfois très importantes (3000m au Brésil ou au large de l'Afrique de l'Ouest) dans des conditions météocéaniques extrêmes. C'est cette expertise qui est aujourd'hui largement réutilisée et adaptée aux besoins de l'éolien en mer flottant.

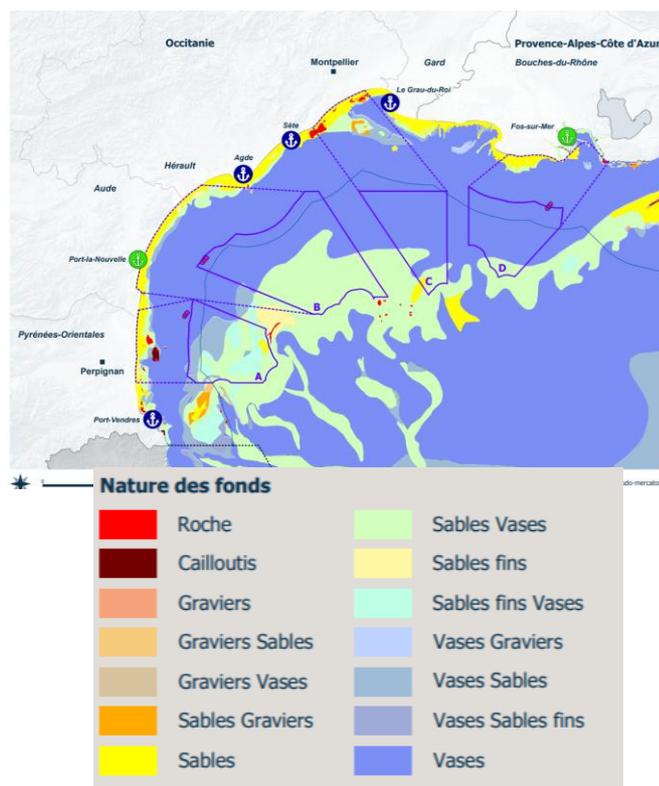
Les bénéfices de l'éolien flottant

Par rapport à l'éolien en mer posé, l'éolien flottant possède un certain nombre d'intérêts de premier plan :

- La possibilité de s'affranchir des contraintes de bathymétrie, ce qui est particulièrement pertinent lorsque l'on considère qu'à l'échelle européenne, 80% des ressources éoliennes en mer se situent sur des sites présentant une profondeur d'au moins 80m. Au niveau de la Méditerranée, c'est la seule technologie

permettant de bénéficier du productible éolien important de la région.

- Conséquence du premier point, l'éolien flottant doit permettre une meilleure insertion dans le domaine maritime, en particulier grâce à un éloignement à la côte qui peut être plus important qu'avec l'éolien posé.
- Le productible éolien localisé au large est généralement de meilleure qualité, permettant l'obtention de facteurs de charge plus importants (et donc une intermittence plus faible au niveau d'un parc).
- L'impact environnemental d'un parc éolien flottant sera différent de celui de l'éolien fixe, en particulier en ce qui concerne les interfaces avec le sol. **Les fonds marins des zones A, B, C et D étant très majoritairement meubles, les points d'ancrage seront de dimensions inférieures, pénétreront moins profondément dans les sols et pourront être complètement retirés en fin de vie du projet.**



Nature des fonds sur les zones identifiées © Cerema & SHOM

Une chaîne de valeur localisée

Le schéma d'exécution d'un projet éolien en mer flottant diffère de celui d'un projet posé. Dans ce dernier, la majorité des opérations sont en effet réalisées

directement en mer. Les composants (la fondation, la pièce de transition, le mât et la nacelle) sont acheminés et assemblés directement sur le champ. En conséquence, l'appel au tissu industriel local peut rester modéré.

Pour le flottant, c'est à l'inverse dans les ports que vont se concentrer les activités d'assemblage et d'intégration. Compte tenu des dimensions des objets considérés ici, ces lieux d'intégration se doivent d'être à proximité des sites d'opération. C'est donc une opportunité réelle pour le dynamisme des ports Français. Ainsi, en Occitanie, un port comme Port-La-Nouvelle a intégré cet enjeu et développé un terminal dédié à cette nouvelle activité. En Provence-Alpes-Côte d'Azur, Fos-sur-Mer pourrait également devenir un hub dédié à l'éolien flottant. Outre le dynamisme économique, c'est l'enjeu de l'emploi créé sur place de manière durable qu'il est intéressant de quantifier. Si les phases de construction sont génératrices d'une très forte demande de personnel qualifié, l'opération et la maintenance de ces unités va également nécessiter une centaine d'emplois pendant toute la durée de vie du projet. **Les bases de maintenance seront par définition situées au plus près des champs, donc dans les structures portuaires.**

ENJEUX ENVIRONNEMENTAUX

Le recyclage

Les équipements composant un parc éolien flottant sont recyclables dans leur très grande majorité.

- Le flotteur : deux matériaux sont considérés : l'acier et le béton. Dans les deux cas, une recyclabilité importante est atteignable. A noter que le béton en mer est particulièrement robuste (les digues de nos ports en sont un bon exemple) et auront donc une durée de vie bien supérieure à celle de la turbine (qui est de l'ordre de 30 ans). Il peut donc être intéressant d'imaginer un repowering (changement de turbines) au bout de la durée de vie théorique du projet et ainsi de diminuer d'autant la nécessité de fabriquer des nouveaux flotteurs.
- Le mât : le mât d'une éolienne est composé de segments tubulaires d'acier, il ne présente donc

pas de difficulté particulière pour le recyclage.

- Les pâles : Au moins un fabricant de turbines de grande dimension (SiemensGamesa) a annoncé récemment la mise sur le marché de pales 100% recyclables, et plusieurs énergéticiens européens majeurs se sont déjà engagés à avoir des parcs de machines dotées de 100% de pales recyclables à l'horizon 2030.



Lancement de RecyclableBlade @ Siemens Gamesa

- Les systèmes d'ancrage : ils sont constitués d'une part des points d'ancrage (c'est-à-dire l'interface avec le fond marin) et d'autre part des lignes d'ancrage (la connexion entre le flotteur et le point d'ancrage). Pour la première, les différentes technologies existantes utilisent toutes l'acier comme matière première et sont donc valorisables et recyclables. Pour la seconde, plusieurs solutions existent et sont là aussi largement dérivées de l'offshore pétrolier. Si les segments de type chaîne ou câbles métalliques sont directement recyclables, les solutions en fibres synthétiques doivent encore progresser en ce qui concerne leur valorisation. Il s'agit d'ailleurs d'un enjeu commun avec d'autres usagers de la mer, parmi lesquels les professionnels de la pêche (filets, amarres, trainses...).
- Les câbles électriques inter-éoliennes : permettant l'évacuation d'électricité vers la sous-station électrique puis vers le réseau, ils se composent essentiellement de matériaux conducteurs (cuivre et aluminium), ainsi que de gaines de renfort métalliques et enfin de

protections plastique. Les filières de recyclage existent pour ces éléments.

Le bilan carbone du projet

Il est important de noter que contrairement à une centrale thermique par exemple, l'éolien en mer n'émet pas de carbone lors de son utilisation. Les émissions interviennent principalement durant les phases de construction & installation, mais aussi via moyens déployés pour assurer leur maintenance. (Fuel des navires en particulier)

A l'heure actuelle, l'industrie éolienne ne possède pas de valeur exacte concernant l'intensité carbone attendue par ses projets flottants, puisque le retour sur expérience est encore limité de part un nombre de projets installés faible.

Cependant, il est acté que l'éolien posé en mer possède une intensité carbone aux alentours de 15g CO₂e/kWh. Pour BlueFloat Energy, les nouveaux projets contribuant à un mix énergétique décarboné doivent faire l'objet d'une analyse de leur cycle de vie complet et l'éolien flottant ne devra pas faire exception. **Il peut être pertinent de définir des valeurs d'intensité maximales acceptables pour les projets méditerranéens, qui seraient de nature à favoriser le tissu local et à promouvoir une propulsion décarbonée des moyens nautiques de maintenance.**

RETOURS ET PARTAGE D'EXPERIENCE

Eolien en mer et usagers : quelle cohabitation ?

L'éolien en mer est le dernier arrivant dans un espace naturel déjà largement utilisé par un nombre important d'acteurs différents souvent historiques. Cette matrice est donc relativement rigide et en tension. Nous l'avons dit, il existe en opération en Europe plus de 5000 éoliennes en mer au sein de 120 parcs. Ces installations font toutes l'objet d'un suivi rigoureux depuis leur implantation et jusqu'à leur démantèlement. Les nombreux retours d'expérience mettent en avant les

possibilités de cohabitations harmonieuses et mutuellement bénéfiques pour les différentes parties prenantes. Dans une note prospective du paysage éolien en mer à l'horizon 2050, l'association France Energie Eolienne (FEE, qui représente la filière industrielle) estime que **l'emprise totale des parcs générant une capacité totale de 50GW ne représentera au final que 3% de l'espace maritime de France métropolitaine.**



Cohabitation vue par les enfants © CPDP

La coactivité au sein des parcs

L'insertion apaisée de l'éolien en mer au sein de l'espace maritime français passe par une emprise réduite à son minimum (de l'ordre de 50km² pour 250MW), mais également au développement d'activités et de synergies. BlueFloat Energy est convaincu que la notion de zone d'exclusion au sein du parc n'est ni requise ni bienvenue. Les différents flotteurs seront espacés d'environ 1km, distance compatible avec la circulation maritime jusqu'à un certain tonnage. Une concertation approfondie dès les premières étapes du projet avec les différents acteurs de la pêche, notamment la CRPMEM et l'OP du Sud permettra d'affiner une architecture de parc compatible avec certains arts de la pêche. Différents choix techniques permettent de réduire l'empreinte des systèmes d'ancrage et donc de maximiser l'espace utile pour les professionnels de la pêche.

Le développement d'une coactivité avec les acteurs de l'aquaculture peut également se révéler judicieux. A ce titre, les flotteurs pourront intégrer les systèmes requis (casiers, lignes pour culture algues...).

Retours d'expérience : Les fermes pilotes françaises

4 fermes éoliennes pilotes vont être mises en service sur les côtes françaises, dont trois en Méditerranée. Attribuées par l'ADEME aux lauréats dans le cadre d'appel à manifestation d'intérêt en 2016, elles illustrent bien le besoin de rationalisation dans le processus d'identification, de sélection et de concertation à l'échelle française. L'Etat a d'ailleurs pris des engagements forts en ce sens, en particulier avec la loi ESSOC.

Il n'est pas exact de mentionner que les retours d'expérience de ces projets seront trop tardifs pour être pris en compte pour les projets concernés par ce débat public. En effet, les fermes pilotes seront mises en service entre 2022 et 2024, là où les parcs commerciaux sont attendus pour la fin de la décennie.

Le processus de développement potentiel des deux parcs de 250MW va tout d'abord sur une phase de qualification de l'état initial en mer. **En France, cette étape indispensable du projet est portée par l'Etat et s'étendra très probablement de l'été 2022 jusqu'à l'été 2024.** C'est donc d'avantage sur l'année 2025 que les porteurs de projet retenus seront en mesure de déposer leur dossier d'étude d'impacts. **Une fois le dépôt effectif, la période d'instruction par les services de l'Etat est relativement longue, ce qui là aussi permettra de prendre en compte les retours d'expérience des fermes pilotes.**

Enfin, un élément important concerne le programme MigraLion, conduit sous l'égide de l'Office Français de la Biodiversité et s'attachant à mieux caractériser les enjeux d'avifaune – et en particulier des oiseaux migrateurs- au sein du Golfe du Lion. Ce programme de recherche rendra ses conclusions en 2024.

Ainsi les administrations concernées ainsi que les porteurs de projets auront le recul nécessaire pour intégrer les retours d'expérience afin de minimiser l'impact des champs en se focalisant sur les aspects à éviter et la réduction de la séquence ERC.

Partage d'expérience : Le parc de Tramuntana

Sur la côte Espagnole, au large de la Baie de Rosas, soit à une trentaine de kilomètres de la frontière Française, BlueFloat Energy développe le parc éolien flottant de Tramuntana. Compte tenu de la proximité géographique, de la similarité des enjeux environnementaux mais aussi sociétaux avec les projets Français, un partage d'expérience apparaît bienvenu.

Il faut tout d'abord noter qu'au-delà des similitudes évidentes listées ci-dessus, il existe des différences significatives à commencer par le cadre réglementaire.

En France l'Etat a identifié des zones de vocations au sein des documents stratégiques de façades (DSF) dans le cadre de concertations préalables.

En Espagne, un exercice de planification spatiale stratégique similaire est en cours. Le cadre de l'implantation de champs éolien en mer n'est donc pas encore complètement connu.

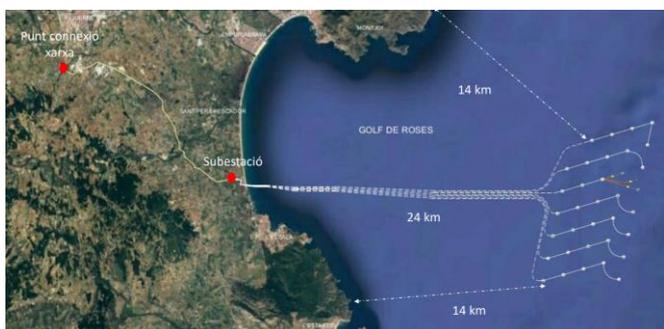
En observant l'encadrement réglementaire sur les autres énergies renouvelables en Espagne, il semble néanmoins raisonnable d'anticiper une implication plus faible de l'Etat, le processus de concertation et de développement revenant généralement aux sociétés de développement privées.

En ce sens, BlueFloat Energy mène actuellement le processus de concertation et d'études d'impact du parc de Tramuntana. Plus de 40 réunions avec les différentes parties prenantes locales, régionales et nationales ont déjà eu lieu. Ces discussions bilatérales permettent aux utilisateurs de la mer ainsi qu'aux populations riveraines du projet de mieux appréhender les enjeux, et au développeur d'assurer une prise en compte plus fine des spécificités locales.

Un bon exemple concerne la couverture des études d'impact environnementales. Au terme d'une consultation avec les acteurs locaux (associations, universités, pêcheurs, spécialistes), BlueFloat Energy a adapté le cadre des investigations environnementales afin de réaliser une étude exhaustive, permettant également aux différentes parties d'accéder à des

données nouvelles de qualité. Les campagnes d'observation de l'avifaune et des mammifères marins sont en cours dans le cadre de l'étude d'impact du projet. Afin d'associer chaque citoyen au projet Tramuntana, il est prévu de développer des mécanismes de partenariats financiers (financements participatifs en particulier) permettant au territoire de bénéficier de retombées directes. Une réflexion plus large est en cours concernant une participation à la gouvernance de ce projet de territoire.

A terme, le parc de Tramuntana devrait représenter une puissance installée totale de 500MW, soit deux fois la puissance unitaire installée des premiers parcs qui font l'objet de ce débat public. La construction est prévue en 2027 – 2028.



Implantation du projet Tramuntana © BlueFloat Energy

RECOMMANDATIONS D'IMPLANTATION

Privilégier les zones de fort consensus

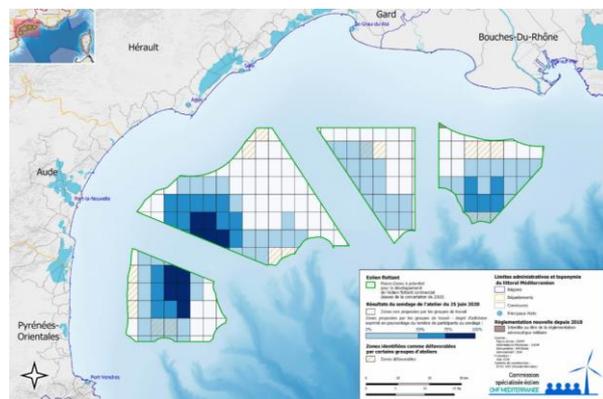
Pour ces premiers parcs éoliens en Méditerranée, l'enjeu de l'acceptabilité est fort. En effet, ceux-ci doivent être exemplaires en tout point, afin de contribuer à une discussion apaisée plus large sur la planification à moyen et long terme.

Un travail de concertation important a déjà été réalisé, donnant lieu en particulier à une synthèse le 25 juin 2020 qui dégagait des tendances assez fortes, plus particulièrement dans les zones A, B et D.²

BlueFloat Energy propose assez naturellement de

considérer ces zones comme préférentielles, avec en outre les considérations suivantes :

- **Les zones identifiées doivent intégrer dès-à-présent les extensions de 500MW.** En effet, des leviers importants en termes d'optimisation de coûts de raccordement mais également en termes de diminution d'impact environnementaux peuvent être activés en adoptant cette approche. (Une seule sous-station électrique, une connexion à terre réalisée lors d'une seule et même phase de travaux, une base logistique plus efficace pour des coûts de production plus faibles).
- L'éolien flottant se trouve encore à une phase assez jeune de son développement. En ce sens, **il est pertinent de réaliser ces premières tranches de 250MW à une distance raisonnable des côtes,** afin d'avoir des conditions d'opération et de maintenance compétitives. Les extensions devront être prévues plus au large lorsque la technologie déploiera tout son potentiel d'ici quelques années. BlueFloat Energy recommande de définir une distance minimale d'éloignement à la côte, qui pourrait par exemple être au moins égale à celle de la plus éloignée des éoliennes des fermes pilotes implantées dans la zone concernée.
- **L'implantation des premiers projets et leurs extensions doivent s'inscrire dans une logique à plus long terme de planification de l'espace marin.** Il est donc pertinent de positionner ces premiers parcs tout en s'assurant de ménager des espaces et des ressources de vent suffisants pour les éventuels projets futurs.
- **Les parcs doivent s'intégrer dans un cadre législatif clair,** il est donc nécessaire de les situer intégralement en ZEE. A noter que les travaux juridiques concernant le régime de taxation en zone ZEE avancent rapidement et permettront une réponse appropriée.



Synthèse atelier de concertation 25 juin 2020 © CMF Méditerranée & MTEs
En bleu foncé, les zones de meilleurs acceptabilité privilégiées par BlueFloat Energy

² Dossier de la maîtrise d'ouvrage, juin 2021
<https://eos.debatpublic.fr/wp-content/uploads/EOS-DMO.pdf>

CONCLUSION

BlueFloat Energy développe déjà un volume de projets éolien en mer flottants conséquent au sein des pays frontaliers que sont l'Espagne et l'Italie.

Les caractéristiques de site sont naturellement favorables au déploiement de cette technologie, qui s'intègre dans une évolution du mix énergétique Français.

Les parcs faisant l'objet du débat public actuel ainsi que leurs extensions de 500MW s'inscrivent dans les politiques des régions Occitanie et Provence-Alpes-Côte d'Azur, en quête de solutions de production d'énergie décarbonée, locale et résiliente.

Ces projets contribueront fortement à la mobilisation et au développement d'une chaîne de valeur déjà existante, ainsi qu'au dynamisme des grandes zones portuaires de la façade.

BlueFloat Energy se positionne donc en faveur de ces parcs et privilégie une approche de localisation en accord avec les conclusions des travaux de concertation réalisés sous l'égide de la Commission spécialisée éolien du CMF Méditerranée.

Enfin, il paraît opportun de poursuivre la réflexion de planification de l'éolien en mer à l'échelle des façades et avec une temporalité plus longue, afin d'appréhender au mieux les enjeux et opportunités globaux de la transition énergétique.