



## FICHE N°9.7

### Les enjeux techniques relatifs au choix de la localisation, à la construction et l'exploitation d'un parc éolien en mer

#### LES PRINCIPAUX POINTS ABORDÉS

Cette fiche présente les principaux critères techniques et économiques servant à déterminer les zones favorables pour le développement de parcs éoliens flottants en mer. Ces éléments, liés aux propriétés naturelles caractérisant les zones d'étude en mer, sont les suivants :

- ~ le vent, sa puissance, sa direction et sa régularité ;
- ~ la bathymétrie qui mesure les profondeurs et le relief sous-marins ;
- ~ la sédimentologie qui permet de caractériser la nature des fonds marins (sables, roches, vase) ;
- ~ la houle, les vagues et l'état de la mer.

Le golfe du Lion est une zone particulièrement favorable pour l'éolien en mer flottant d'un point de vue technique et économique. Les critères étudiés conditionnant la faisabilité technique et économique d'un parc éolien en mer sont le vent (sa puissance, sa direction et sa régularité), la bathymétrie (mesure des profondeurs et du relief du fond marin), la sédimentologie qui permet de caractériser la nature des fonds marins (sables, vases, roches), la houle (hauteur des vagues générées ailleurs et qui se sont propagées), les vagues, l'état de la mer ainsi que le marnage (différence de hauteur d'eau entre une pleine mer et une basse mer successives), et l'érosion du trait de côte qui a un impact pour le raccordement à terre.

Les analyses sur le potentiel technico-économique réalisées par le Cerema lors des précédents exercices de concertation définissent les zones d'étude en mer soumises au débat public comme étant techniquement et économiquement favorables à l'implantation de parcs éoliens en mer au regard de chacun des critères techniques étudiés.

Durant et après le débat public, l'État et RTE lanceront des études météo-océaniques (mesures du vent, de la houle, des courants notamment), géophysiques et géotechniques (bathymétrie, sédimentologie, sol et sous-sol sous-marins) permettant d'avoir une connaissance fine des zones présentées lors du débat public. Ces études seront transmises aux candidats de la procédure de mise en concurrence. Les choix techniques relatifs à la construction et à l'exploitation de parcs éoliens en mer flottants (types de flotteur, d'ancrage, orientation des éoliennes, schéma d'implantation, etc.) étant basés sur les conditions du site, ces données leur permettront de concevoir une offre la plus ajustée possible en réduisant le coût de soutien public.

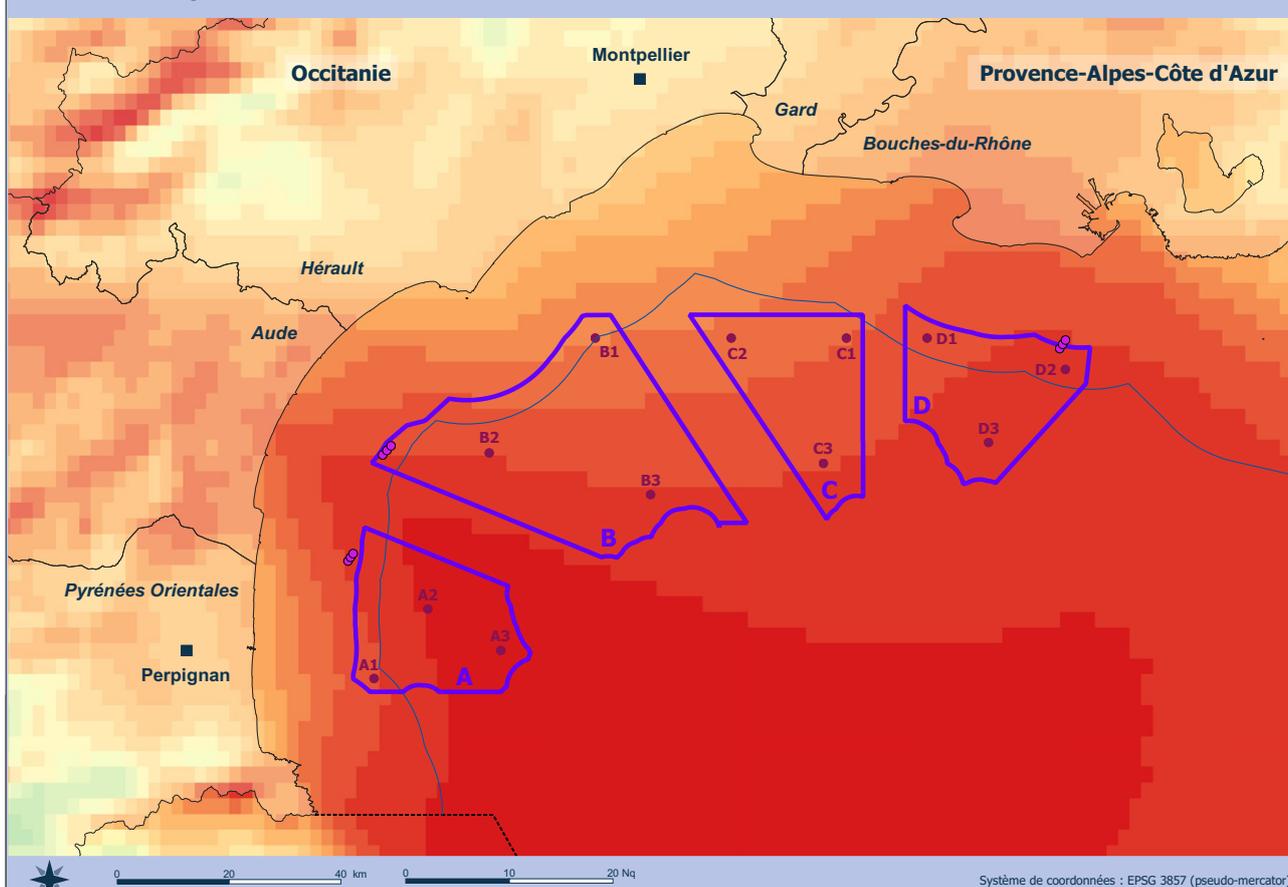


## UN VENT ADAPTÉ À DES PARCS ÉOLIENS EN MER

La vitesse et la régularité du vent sont des critères décisifs permettant de connaître le potentiel éolien d'une zone en mer. La quantité de vent disponible sur la zone conditionne en effet très directement la quantité d'électricité qui pourra être produite par une éolienne en mer, et donc la rentabilité économique du projet.

Les éoliennes bénéficient d'un système de contrôle automatisé qui leur permet d'être en fonctionnement lorsque le vent souffle au minimum à 3 ou 4 m/s environ (soit 14 km/h, vitesse minimale pour que la rotation de l'éolienne permette de produire de l'électricité). À un seuil spécifique à chaque type d'éolienne, généralement supérieur à 30 m/s (soit 108 km/h), les éoliennes stoppent leur production afin d'éviter tout dommage structurel et se positionnent dans un mode qualifié de survie.

### Vitesse moyenne du vent à 100 mètres d'altitude de 2000 à 2019



#### Eolien flottant - Projets pilotes

- Projets éoliens pilotes

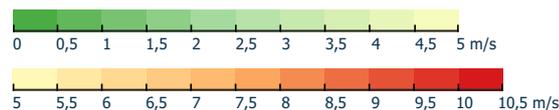
#### Eolien flottant - Projets commerciaux

- ▭ Zones d'étude en mer  
Macro-zones à potentiel pour le développement de l'éolien commercial issues de la concertation de 2018

#### Limites administratives et toponymie

- Préfecture
- Limite de département

#### Vitesse moyenne du vent à 100 mètres d'altitude de 2000 à 2019



- Position des roses des vents

#### Délimitations maritimes

- Limite extérieure des eaux territoriales (12 milles)
- - - Limite des eaux sous souveraineté ou juridiction revendiquée par la France n'ayant pas fait l'objet d'un accord de délimitation avec un autre Etat



Au sein de la zone d'étude en mer, la vitesse moyenne du vent à 100 m d'altitude varie de 9 m/s (soit environ 32 km/h) sur la zone C, à 10 m/s sur la zone A (36 km/h). Les vents sont principalement de secteur nord-ouest.

Les fréquences de vents calmes (vents inférieurs à 3 m/s) sont faibles et globalement inférieures à 15 %, ce qui est un gage de productivité pour un parc éolien en mer. Les vents forts, de vitesse supérieure à 8 m/s (soit environ 29 km/h), sont prédominants dans l'ensemble des zones. Leur fréquence augmente avec l'éloignement du

littoral (de 51 % au nord de la zone B à 59 % à l'est de la zone A) ainsi que leur vitesse moyenne.

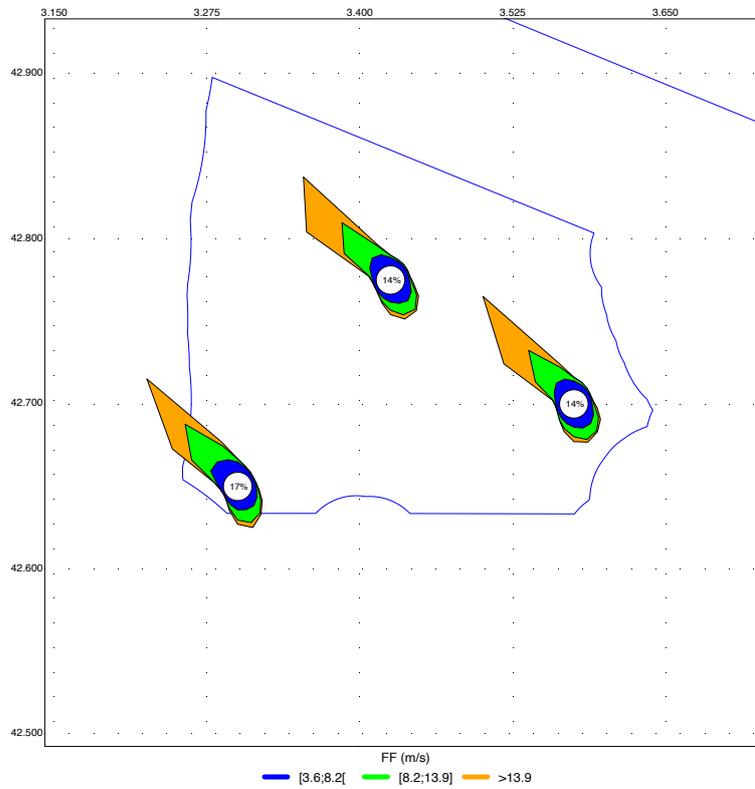
Les roses des vents permettent de connaître la répartition des directions des vents dans cette zone. Les vents à 100 m d'altitude sont majoritairement de secteur nord-ouest (entre 300° et 340°) sur l'ensemble de la zone d'étude en mer. Les zones sont sous l'influence du régime dominant de la tramontane, qui souffle sur les zones A, B et C ; et du mistral, qui souffle sur les zones C et D.



**DÉBAT PUBLIC**  
**PROJET D'ÉOLIENNES FLOTTANTES**  
**EN MÉDITERRANÉE ET LEUR RACCORDEMENT**



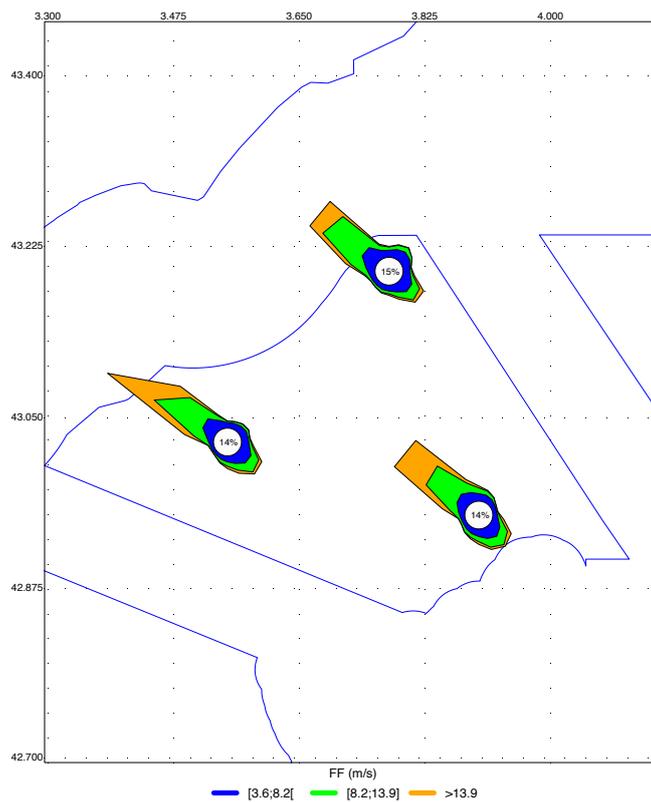
Expérience DGEC2020pointsAniv100 : ensemble des roses simulées  
sur l'échantillon modèle (environ 7294 jours) - Période 2000-2019



Edité le 22/10/2020 à 18:25 par METEO-FRANCE DIRSE, 2 Bd Château Double, 13098 AIX-EN-PROVENCE Cédex 2



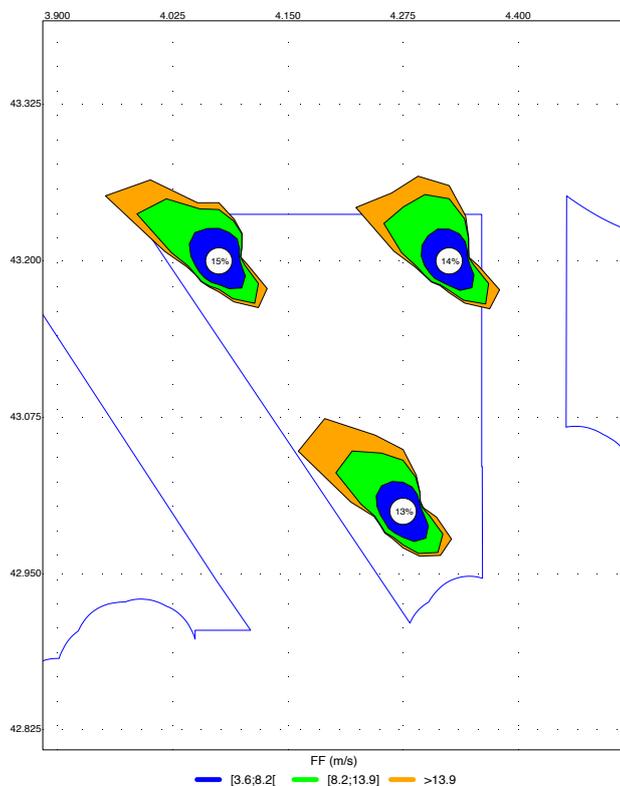
Expérience DGEC2020pointsBniv100 : ensemble des roses simulées  
sur l'échantillon modèle (environ 7294 jours) - Période 2000-2019



Edité le 22/10/2020 à 18:24 par METEO-FRANCE DIRSE, 2 Bd Château Double, 13098 AIX-EN-PROVENCE Cédex 2



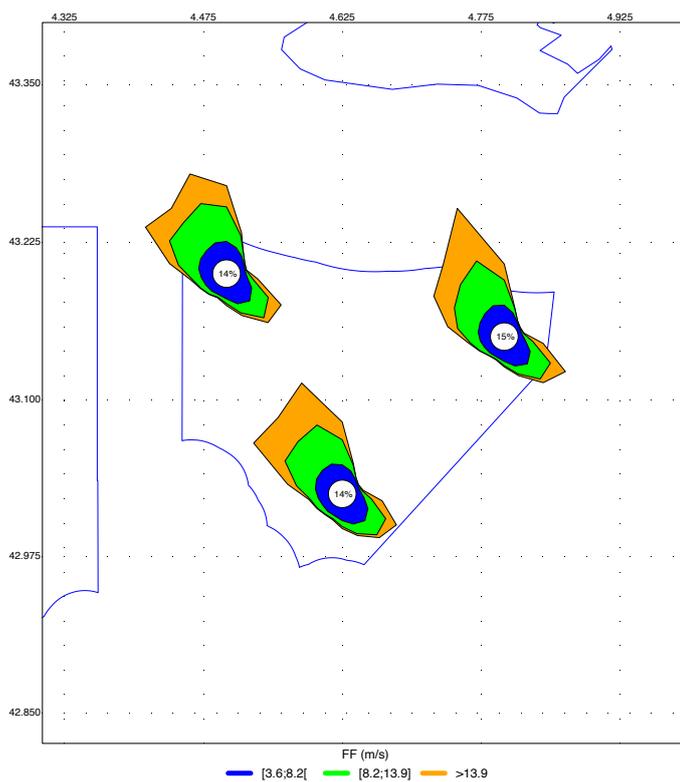
Expérience DGEC2020pointsCniv100 : ensemble des roses simulées sur l'échantillon modèle (environ 7294 jours) - Période 2000-2019



Edité le 22/10/2020 à 18:24 par METEO-FRANCE DIRSE, 2 Bd Château Double, 13098 AIX-EN-PROVENCE Cédex 2



Expérience DGEC2020pointsDniv100 : ensemble des roses simulées sur l'échantillon modèle (environ 7294 jours) - Période 2000-2019



Edité le 22/10/2020 à 18:25 par METEO-FRANCE DIRSE, 2 Bd Château Double, 13098 AIX-EN-PROVENCE Cédex 2



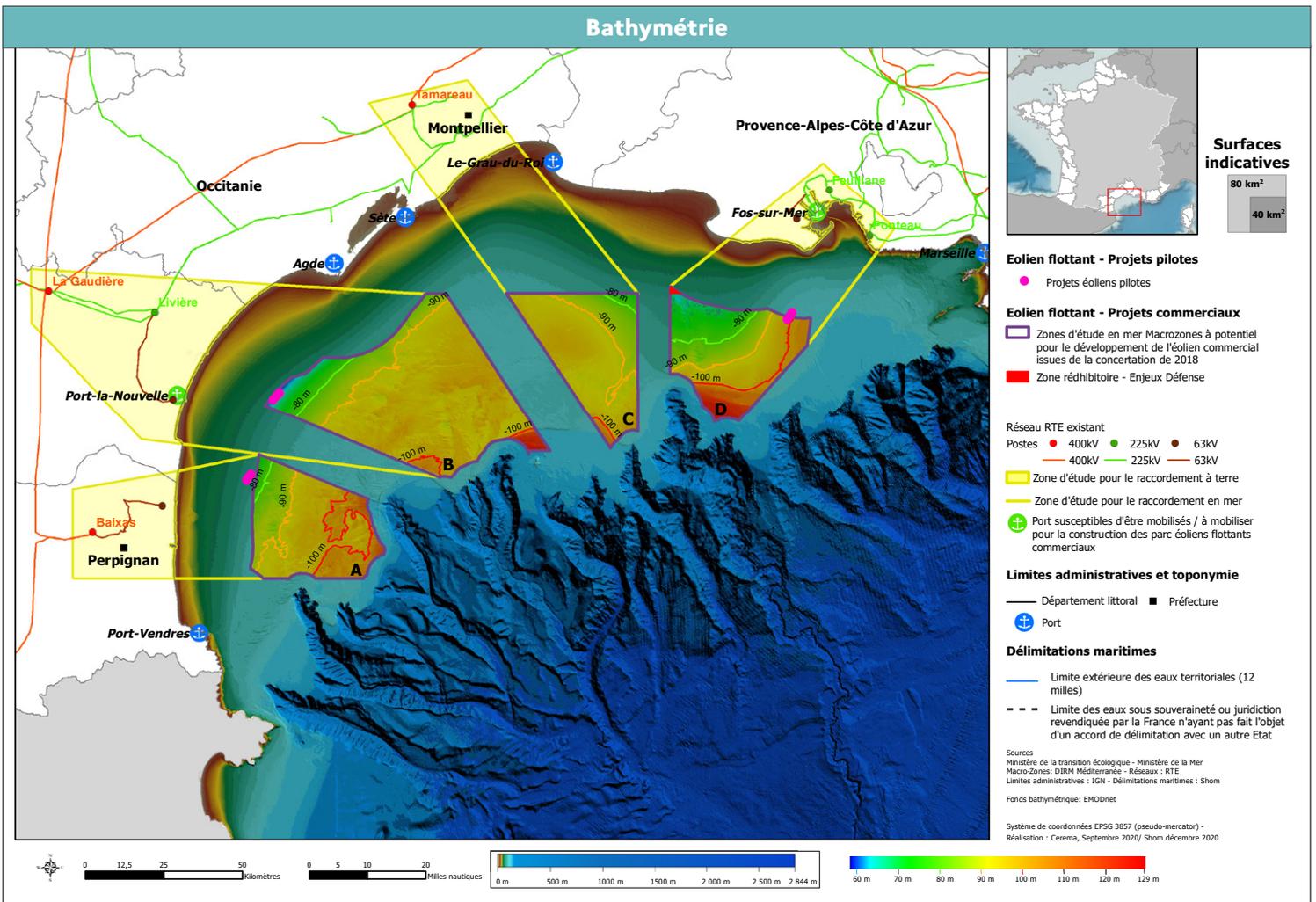
## UNE BATHYMÉTRIE FAVORABLE À LA TECHNIQUE DE L'ÉOLIEN FLOTTANT

La bathymétrie est la mesure des profondeurs et du relief de l'océan pour déterminer la topographie du sol des océans.

Globalement, les fonds de la zone d'étude en mer descendent en pente douce depuis le littoral, à une profondeur comprise entre 60 et 130 mètres, adaptée à la technologie de l'éolien en mer flottant.

### D'où vient la connaissance bathymétrique ?

La bathymétrie générale de la zone d'étude en mer est basée sur 13 levés réalisés entre 1937 et 2018. Les techniques utilisées pour ces levés sont multiples : sondages acoustiques, c'est-à-dire que la profondeur est déduite de la mesure du temps de trajet d'un signal acoustique réfléchi par le fond, et mesures au plomb de sonde. La majeure partie de la zone d'étude est bien couverte mais par des levés anciens. La connaissance bathymétrique peut être décrite par un modèle numérique de terrain de la façade du golfe du Lion – Côte d'Azur, produit élaboré à partir de producteurs de données de la région.



## SÉDIMENTOLOGIE

La sédimentologie comprend la caractérisation de la nature des fonds et l'étude de la dynamique sédimentaire. Le type de structure sédimentaire influence le choix des ancrages des éoliennes flottantes en mer.

### D'où vient la connaissance en sédimentologie ?

La carte sédimentaire de la zone d'étude constitue une synthèse de travaux publiés entre 1970 et 2019, qui reposent essentiellement sur des prélèvements et des données d'imagerie acoustique. Les prélèvements sont réalisés grâce à des bennes à sédiments traînées au fond de l'eau.

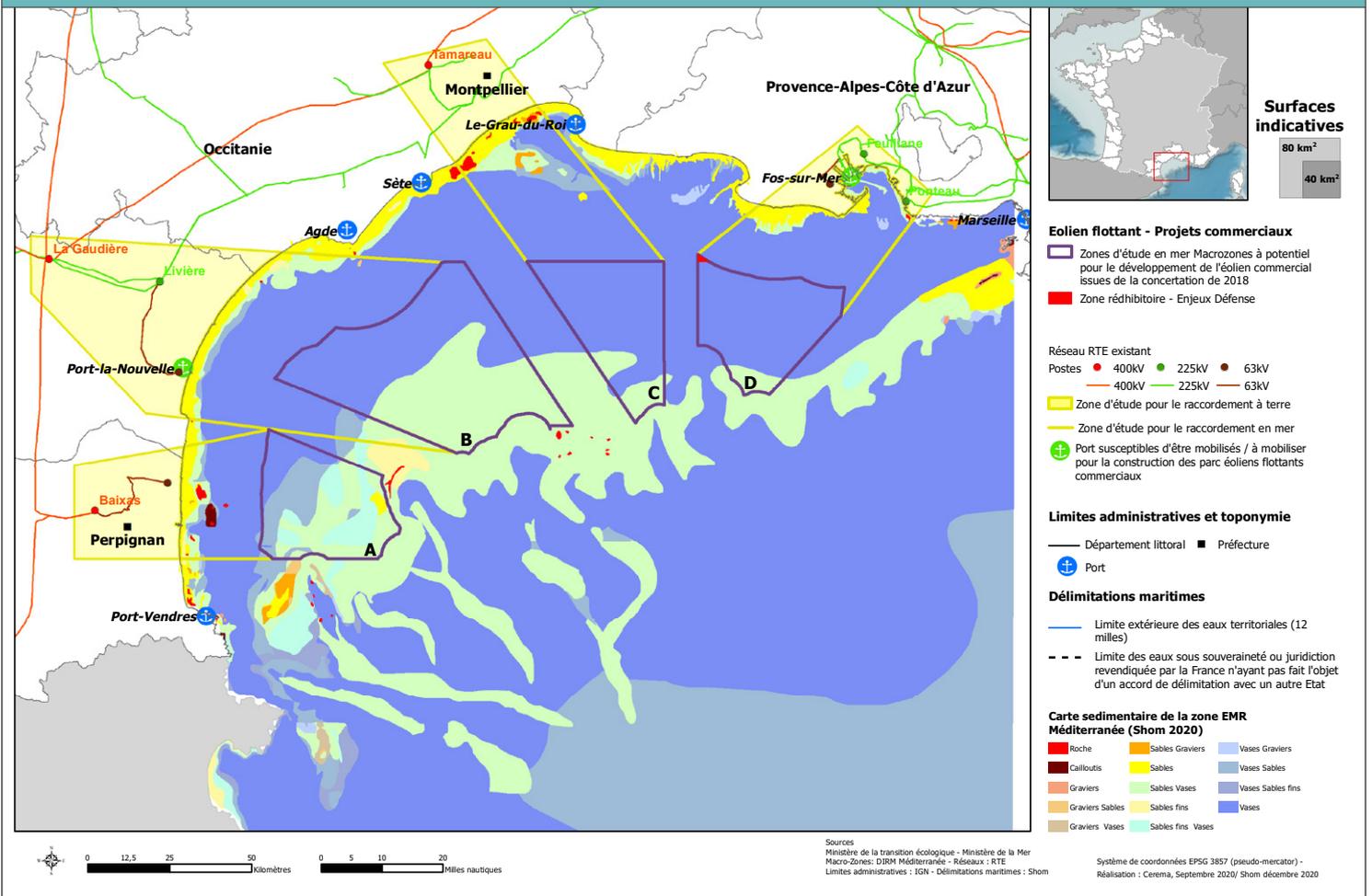
Jusqu'à 40 km des côtes, la zone d'étude en mer est caractérisée par de la vase (sédiments argileux comportant plus de 20 % de particules inférieures à 0,05 mm), qui laisse la place au large à des sables vaseux (sables comportant 5 % à 20 % de vases).

L'épaisseur sédimentaire dépasse plusieurs centaines de mètres dans toutes les zones, en raison d'une superposition de dépôts dont les plus anciens datent de l'époque pré-messinienne (il y a 6 millions d'années). La zone d'étude comprend de nombreuses paléo-vallées, des creux issus d'anciens cours d'eaux, comblés par des sédiments.

La zone A et la zone B présentent une épaisseur sédimentaire comprise entre 750 et 1 000 m et sont caractérisées par une forte présence de paléo-vallées. La zone C présente quant à elle des épaisseurs sédimentaires plus importantes pouvant atteindre 1 300 m. La zone D est caractérisée par les plus fortes variations d'épaisseur sédimentaire : de 300 à 1 650 m. La paléo-vallée du Rhône traverse les zones C et D.

Des levés géophysiques complémentaires permettront une analyse plus fine des dépôts sédimentaires au sein des macro-zones, avec une caractérisation des structures internes et du litage des dépôts.

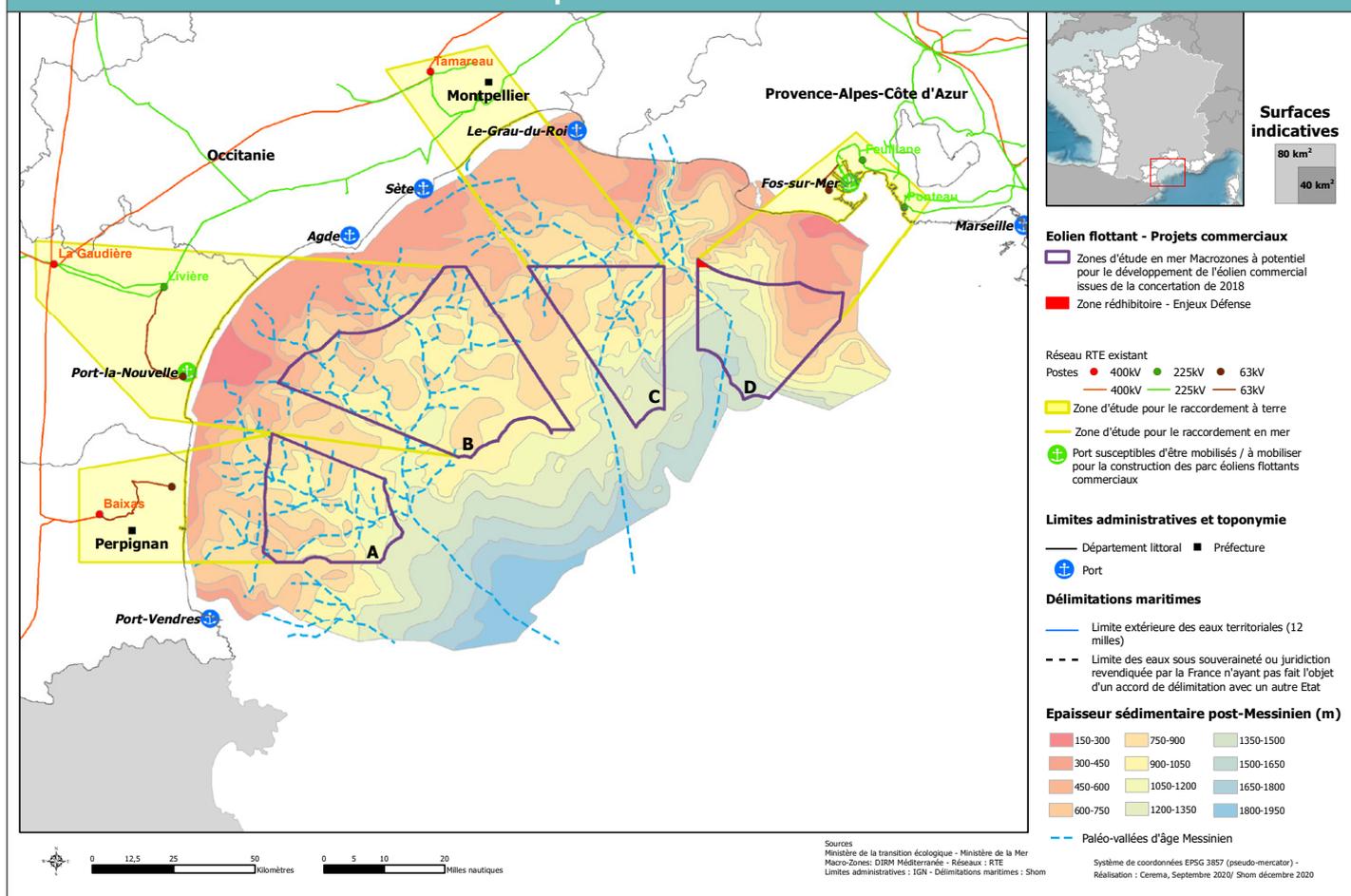
## Natures de fond Méditerranée





## DÉBAT PUBLIC PROJET D'ÉOLIENNES FLOTTANTES EN MÉDITERRANÉE ET LEUR RACCORDEMENT

### Épaisseur de sédiments



## HOULE, VAGUES ET ÉTAT DE MER

La hauteur significative, qui est le paramètre le plus utilisé pour caractériser l'état de la mer, est la valeur moyenne du tiers supérieur des hauteurs des vagues toutes origines confondues.

La mer de vent correspond aux vagues générées localement sous l'effet de l'action du vent, et la hauteur des vagues croît avec l'intensité du vent et la durée de son action.

La houle correspond à des vagues générées ailleurs et qui se sont propagées. Elle dépend notamment du fetch (taille de l'aire maritime sur laquelle souffle le vent).

L'état de la mer est le résultat de plusieurs facteurs : action du vent sur la mer, bathymétrie (en zones de petits fonds, elle modifie la répartition spatiale des hauteurs de vagues et peut les faire déferler), relief côtier, courants... En général, il se compose des vagues liées à la mer de vent et celles liées à la houle. Comme les courants, la houle et la mer de vent exercent une force contre les supports et ancrages éoliennes, et doivent donc être prises en compte lors de la conception des installations.

La topographie inégale et particulière de la zone d'étude provoque de fréquentes (deux tiers du temps) accélérations intenses et localisées de vents de terre – la tramontane et le

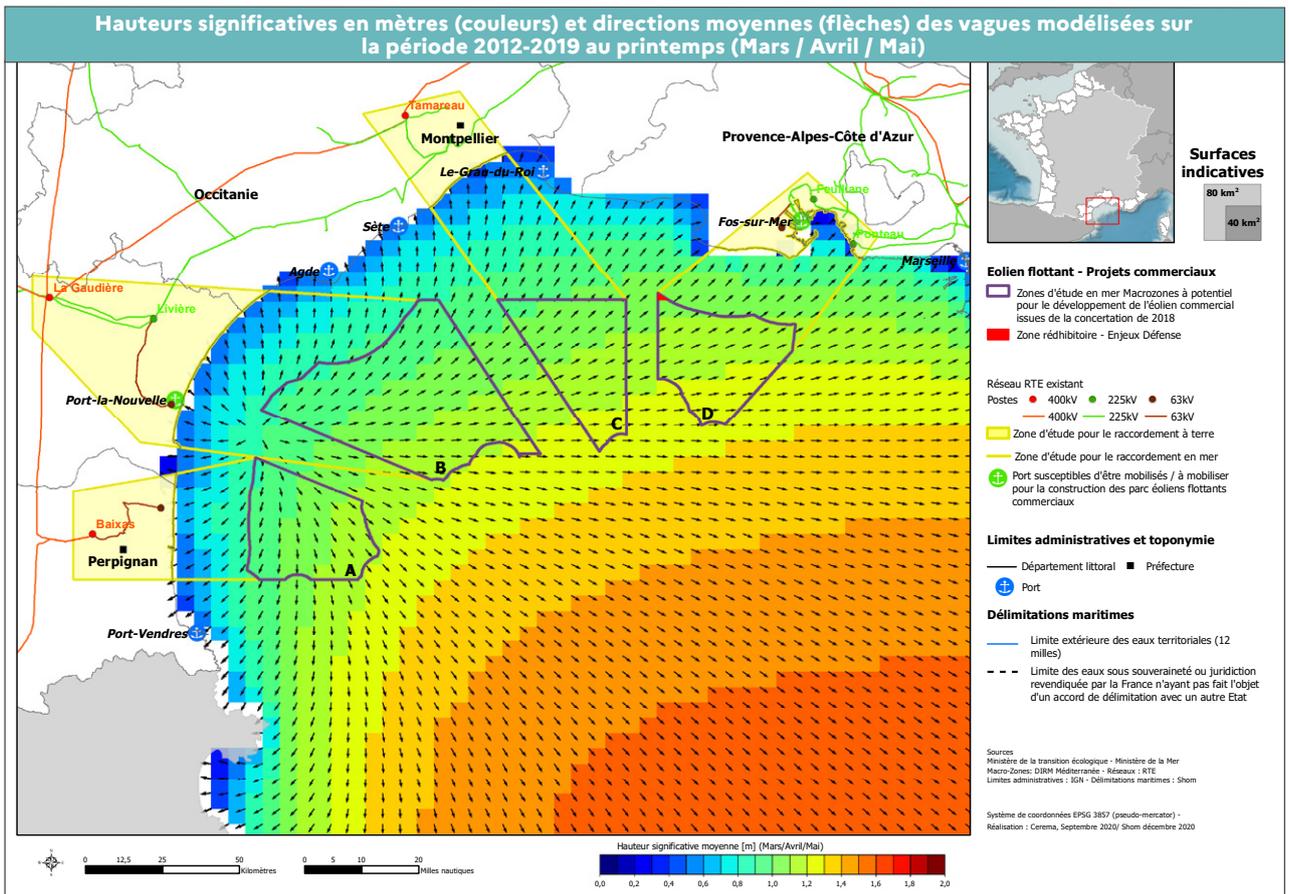
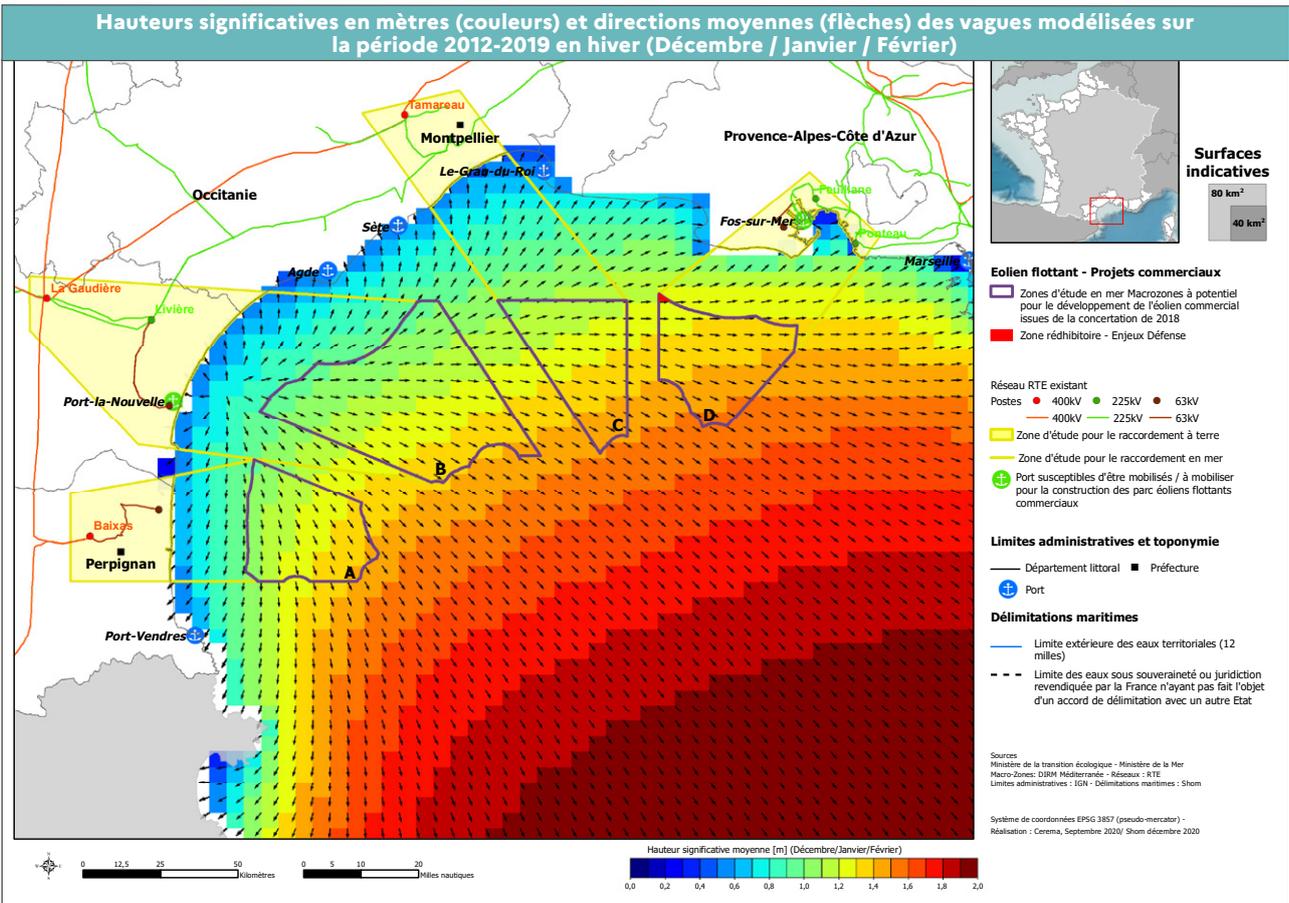
mistral, pouvant atteindre de grandes intensités (des rafales jusqu'à 210 km/h).

Ces vents permettent le développement de mers de vents énergétiques en provenance des secteurs ouest à nord et relativement jeunes en raison d'un fetch court.

En hiver, la zone est également exposée à de rares (moins de 12 % du temps) mais violentes tempêtes accompagnées de fortes vagues, en provenance du large (du sud à l'est). Enfin, la zone est soumise à de faibles houles d'est à sud-ouest provenant de la Méditerranée. Les états de mer sur la zone d'étude sont donc principalement dus au vent local.

Les cartes s'appuient sur des résultats existants issus de MENOR, un modèle spectral d'état de mer, dont les résultats ont été validés par comparaison aux observations de satellites altimétriques et de bouées, réalisées de 2012 à 2019.

La hauteur significative moyenne des vagues est variable sur les quatre zones d'étude, comprise entre 0,8 et 1,3 m de la côte vers le large. Les vagues viennent préférentiellement du nord pour la zone A et de l'ouest pour les zones B, C et D. Les hauteurs maximales modélisées sur la zone dépassent de rares fois les 6 mètres pour les parties des zones les plus au large.





# DÉBAT PUBLIC PROJET D'ÉOLIENNES FLOTTANTES EN MÉDITERRANÉE ET LEUR RACCORDEMENT

