



MINISTÈRE
DE LA TRANSITION
ÉCOLOGIQUE

*Liberté
Égalité
Fraternité*



Étude des risques météorologiques AO10

Macro-zones : FGL, BNO, GLC, BS, NAR, FOS et OLE

Météo-France

Christophe Jacolin D2C/DV/PRO – Responsable Activité Éolien en Mer

Olivier Caumont DSM/CS – Responsable Technique

Étude des risques météorologiques AO10

Macro-zones : FGL, BNO, GLC, BS, NAR, FOS et OLE

Plan de la Présentation

A) Présentation générale de Météo-France (Christophe Jacolin)

B) Synthèse des études : (Olivier Caumont)

- ✓ Lot 1 : Évaluation des risques « usuels » liés au vent
- ✓ Lot 2 : Évaluation des risques de vent et vagues extrêmes
- ✓ Lot 3 : Évaluation du risque de turbulence
- ✓ Lot 4 (+ 6A ou 4bis) : Campagne de mesures in situ
- ✓ Lot 5 (+ 6B ou 5bis) : Mise en forme d'une série temporelle longue du vent





MINISTÈRE
DE LA TRANSITION
ÉCOLOGIQUE

*Liberté
Égalité
Fraternité*



A Météo-France, le service national de météorologie et du climat

Météo-France

Christophe Jacolin D2C/DV/CM

Olivier Caumont DSM/CS

Météo-France : Service National Météorologique

N° 2018/78195.9

Certification ISO 9001-2015 par AFNO

Opérateur de l'état sous la tutelle du MTE

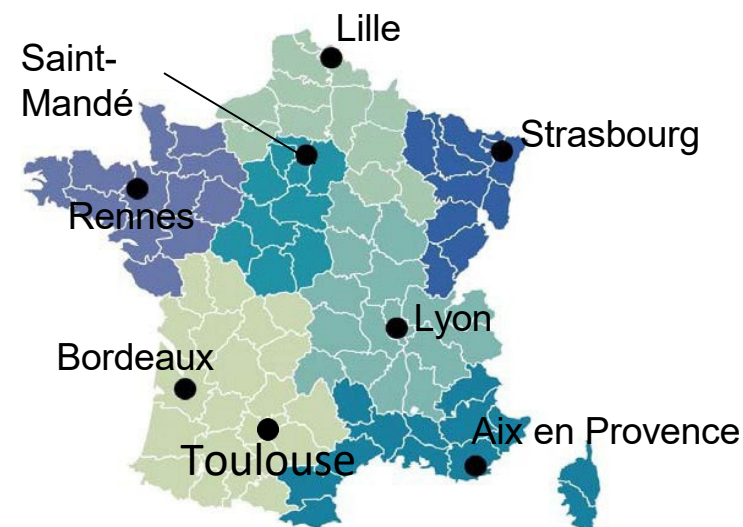


La **Météopole** à Toulouse, un des plus importants complexes météorologiques du monde, où travaillent plus de 1 000 personnes

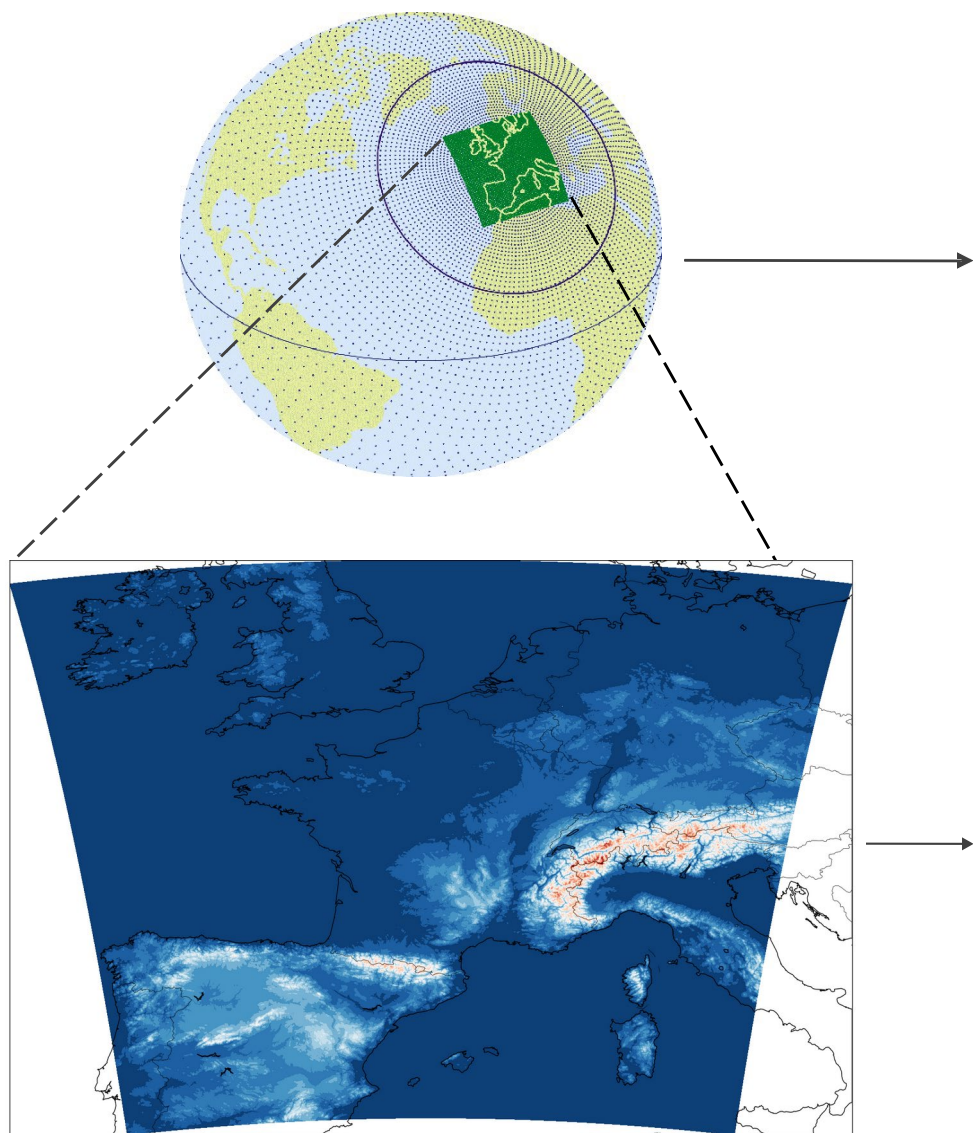
*2583 agents
(Ingénieurs, techniciens
et contractuels).*



Le supercalculateur ATOS Sequana
XH2000/AMD Rome de Météo-France
21,5 Pétaflops



Modèles de prévisions météorologiques physiques propriétaires



- ▶ Modèle global ARPEGE - Résolution 11 km en moyenne sur le globe => De 5,1 km sur la métropole à 24 km aux antipodes,
- ▶ Prévisions horaires jusqu'à 4 jours,
- ▶ Version ensembliste : 35 membres.



- ▶ Modèle régional métropole AROME - Résolution 1,3 km sur la France,
- ▶ Prévision jusqu'à 51 h
- ▶ 5 versions outre-mer (Antilles, Guyane, Océan Indien, Polynésie et Nouvelle-Calédonie).
- ▶ Une version ensembliste : 25 membres
- ▶ Une version réanalyse : 2,5 km



MINISTÈRE
DE LA TRANSITION
ÉCOLOGIQUE

*Liberté
Égalité
Fraternité*



B Synthèse des études du risque météorologique

Météo-France

Christophe Jacolin D2C/DV/CM

Olivier Caumont DSM/CS

Risque météorologique : 5 lots d'études dédiées

Lot 1 : Climatologie du vent « usuel »

- Caractérisation du gisement éolien du site
- Analyse du risque décennal à cinquennial

Volet i : études

Lot 2 : Analyse des risques liés aux événements de type tempête (extrêmes de vent et de vagues)

- Sélection d'épisodes de tempêtes majeures par la réanalyse ERA5 et synthèse des événements les plus sévères
- Modélisation (WW3) des vagues extrêmes

Lot 3 : Analyse des risques de turbulence

- Analyse bibliographique
- Évaluation et tests des indicateurs
- Calcul des indicateurs de turbulence

+ Note technique Lots 1, 2 et 3 DGEC-ProjetParcsEolien-NoteTechnique_Lots1-2-3_V2.1_20250912 du 12/09/2025 Chatel et al.

Volet ii : campagnes

campagne initiale

Lot 4 : Campagne de mesures atmosphériques et océanographiques sur site durant un an

Lot 5 : Mise en forme de longues chroniques de vent à partir des mesures du lot 4

- Comblement des données observées manquantes, génération d'une longue chronique du vent sur la base de la chronique mesurée.
- Statistiques du vent sur la série de mesures (lot 4) complétée.

campagne prolongée

Lot 6a¹ ou Lot 4bis²

Lot 6b¹ ou Lot 5bis²

¹ Bretagne Sud, Narbonnaise Sud Hérault, Golfe de Fos et Oléron

² Fécamp Grand Large et Bretagne Nord

Risque météorologique : les données utilisées

Données AROME :

Les données du modèle AROME sont produites, depuis l'année 2000.

Elles sont utilisées pour établir les climatologies, contrôler les mesures in situ, établir une longue série horaire du vent.

Données ERA5 :

Les données des réanalyses ERA5, atmosphérique et océanique, du CEPMMT, sont utilisées pour la recherche des épisodes de vent et de mer extrêmes survenus depuis 1950. Les données de la réanalyse atmosphérique sont également en entrée du modèle de vagues utilisé pour rejouer les plus fortes tempêtes.

Observations météorologiques :

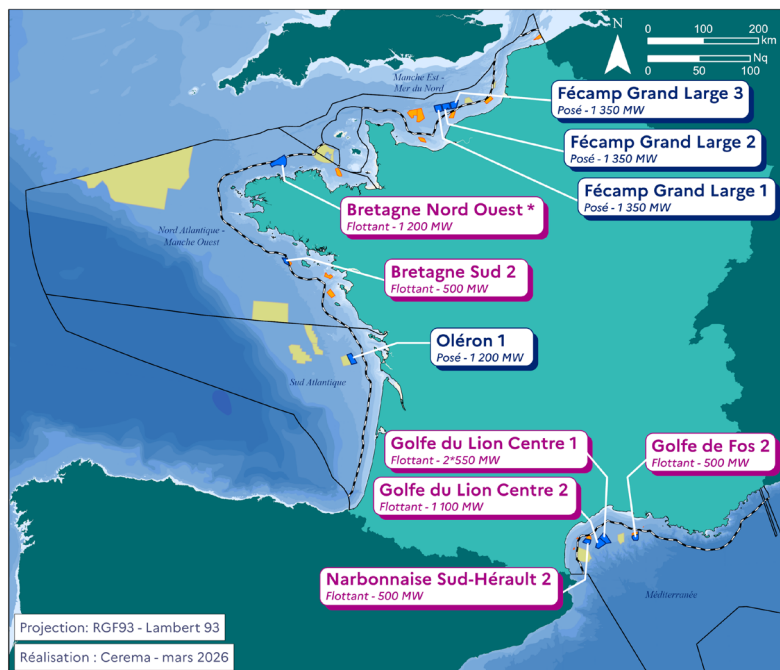
Les mesures de vent sur les sites de mesure alentour (bouées, Sémaphore, stations Météo-France) sont des références de comparaison pour les données modélisées et les données mesurées lors des campagnes

Les données des campagnes de mesures sur site :

Elles sont issues de la station météorologique et du LiDAR embarqués sur la bouée. Les campagnes durent un an minimum, plus si une extension de campagne a été décidée

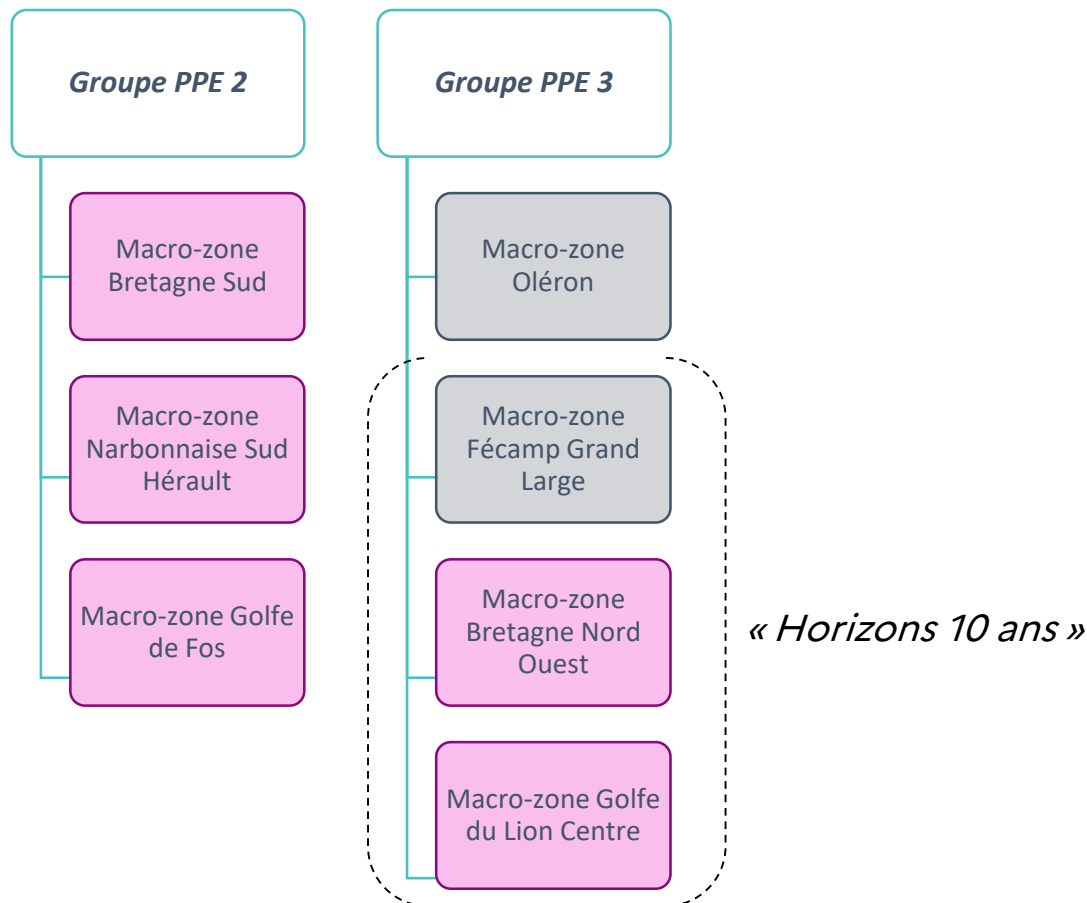
Macro-zones d'études concernées par l'AO10

Les zones de projet se situent au sein de macro-zones d'études dont les contours sont plus larges.



* zone en cours de finalisation

- Zones retenues pour la procédure de mise en concurrence AO10
- Projets éoliens en mer en service et en développement
- Zones envisagées pour de futurs projets éoliens en mer
- Limite extérieure de la mer territoriale



Risque météorologique : Étude des macro-zones et campagnes associées

Bretagne Sud (BS) = 1 macro-zone

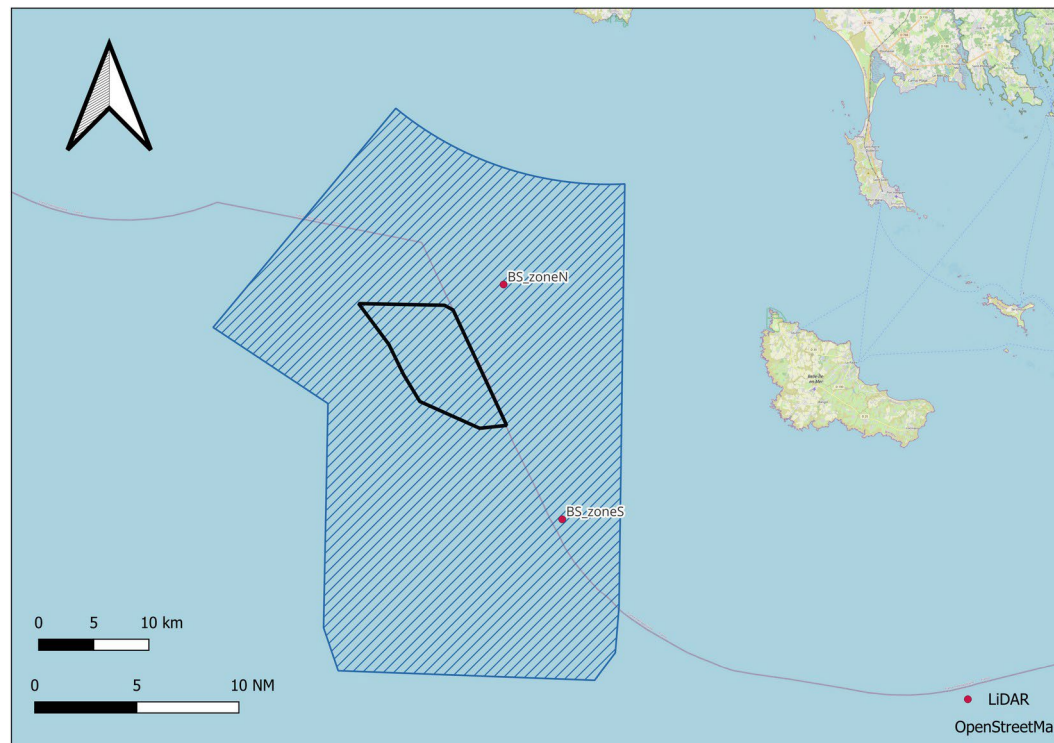
Campagne de mesures constituée de 2 bouées

Lidar Nord :

Lon : 03°34,214' O / Lat : 47°24,319' N
3 ans → du 23/07/2020 au 07/10/2023

Lidar Sud :

Lon : 03°30' O / Lat : 47°13' N
1 an → du 23/07/2020 au 08/10/2021



Risque météorologique :

Étude des macro-zones et campagnes associées

Golfe du Lion (GL) = 3 macro-zones (NAR, FOS et GLC) dont deux ayant bénéficié d'un déploiement de bouées (NAR et FOS).

Campagne de mesures constituée de 4 bouées dans tout le golfe du Lion

Lidar NAR :

Lon : 03°33'0" E / Lat : 43°01'0" N
3 ans → du 10/06/2021 au 09/08/2024

Lidar GLO :

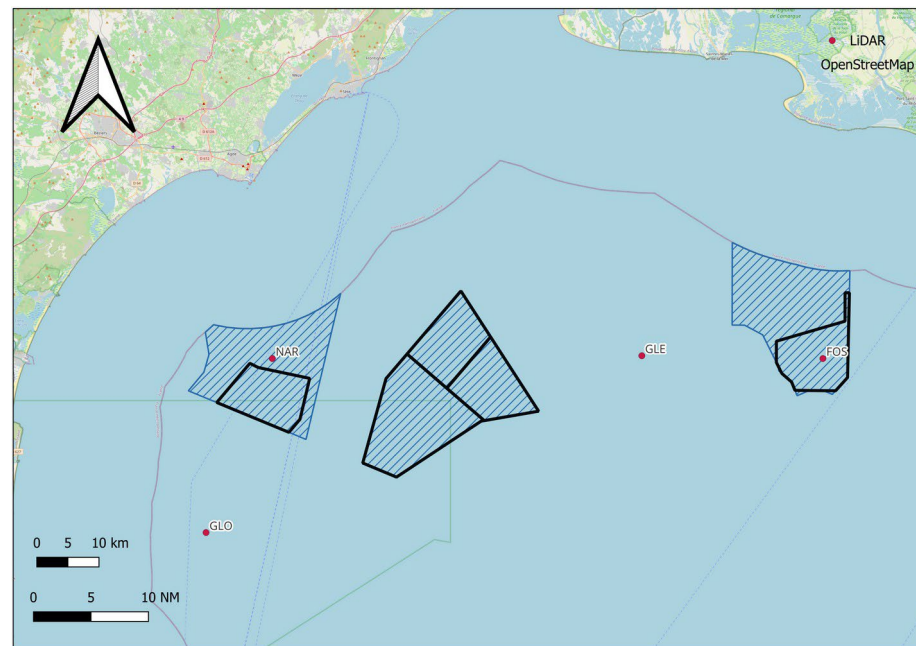
*Lon : 03°25'0" E / Lat : 42°46'0" N
3 ans → du 10/06/2021 au 09/08/2024*

Lidar FOS :

Lon : 04°37'34,18" E / Lat : 43°00'51,96" N
3 ans → du 10/06/2021 au 09/07/2024

Lidar GLE :

*Lon : 04°16,49" E / Lat : 43°01,44" N
2 ans → du 01/12/2024 au 30/11/2026*



**GLC → Études
macro-zone
uniquement**

**Pas de campagne
dédiée de mesures**



Risque météorologique : Étude des macro-zones et campagnes associées

Oléron (OLE) = 1 macro-zone

Campagne de mesures constituée de 1 bouée

Lidar OLE :

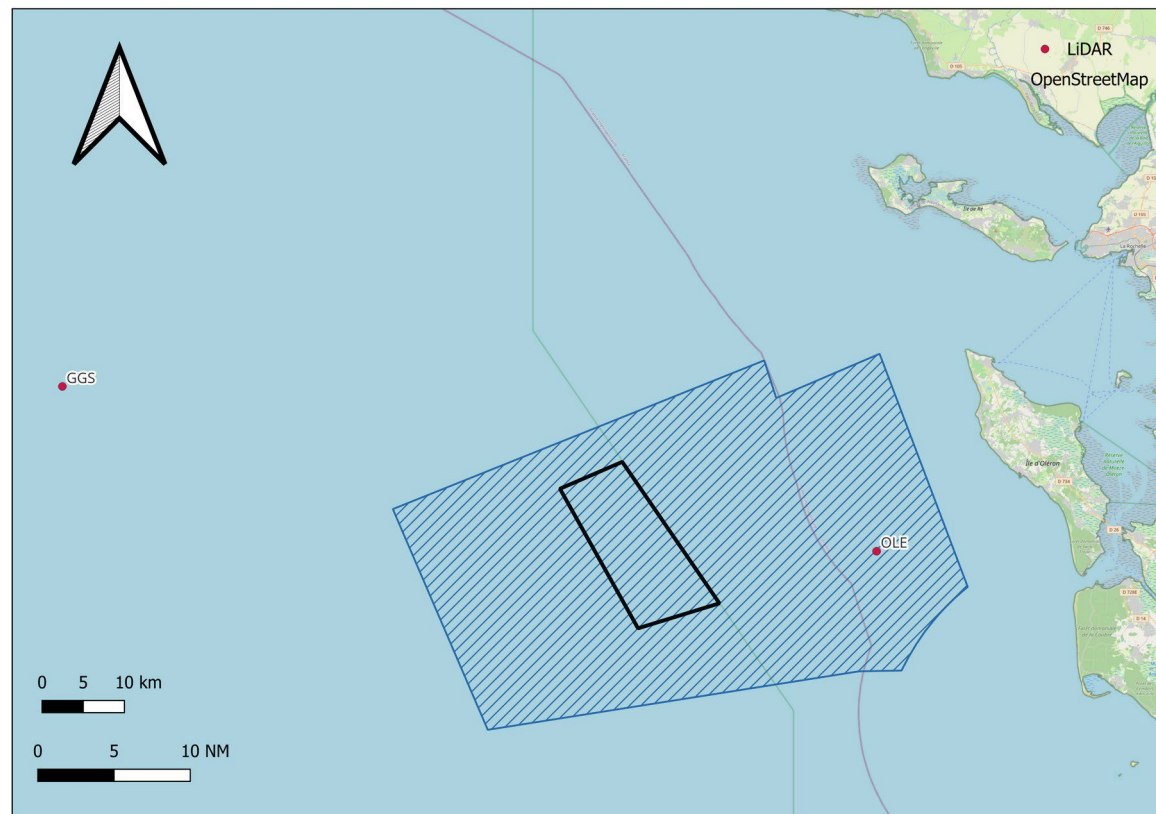
Lon : 1,55° O / Lat : 45,83°N

2 ans → du 03/06/2021 au 02/09/2023

Lidar GGS : disponible

Lon : 02°49,00' O / Lat : 46°00,500' N

2 ans → du 13/12/2024 au 12/12/2026



Risque météorologique : Étude des macro-zones et campagnes associées

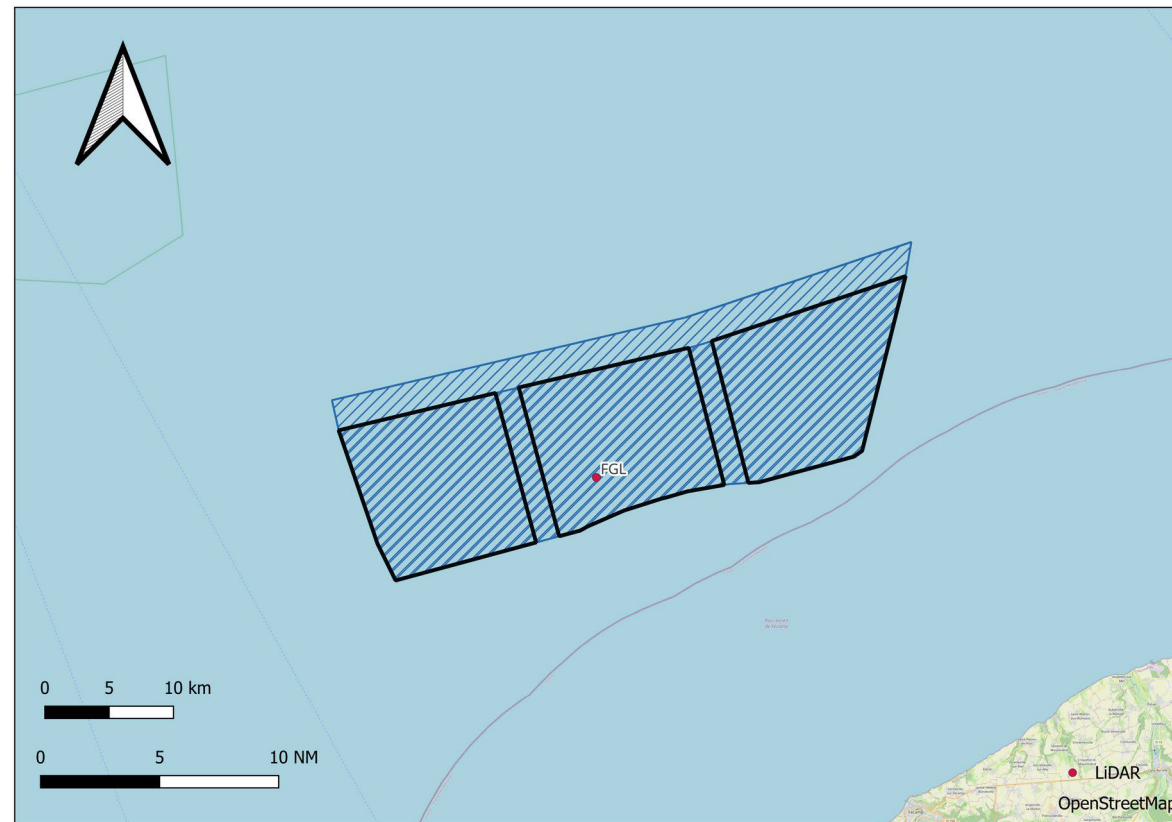
Fécamp Grand Large (FGL) = 1 macro-zone

Campagne de mesures constituée de 1 bouée

Lidar FGL :

Lon : 0°01,80' E / Lat : 49°59,40' N

1 an → du 09/11/2024 au 08/11/2025



Risque météorologique : Étude des macro-zones et campagnes associées

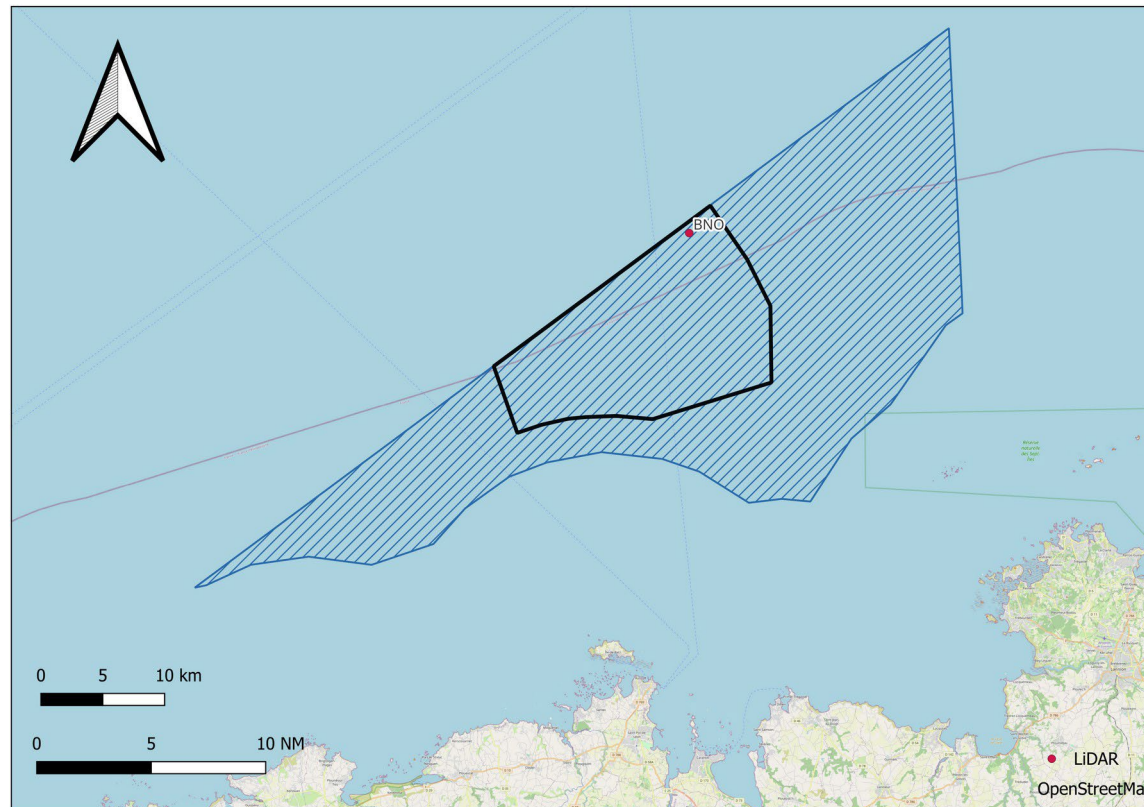
Bretagne Nord-Ouest (BNO) = 1 macro-zone

Campagne de mesures constituée de 1 bouée

Lidar BNO :

Lon : 03°55,77' O / Lat : 49°02,81' N

1 an → du 13/03/2025 au 21/04/2026





MINISTÈRE
DE LA TRANSITION
ÉCOLOGIQUE

*Liberté
Égalité
Fraternité*



B Synthèse des études du risque météorologique

Lot 1 : Statistiques du vent « usuel »

Météo-France

Christophe Jacolin D2C/DV/CM

Olivier Caumont DSM/CS

Lot 1 : climatologie du vent « usuel »

Objectif :

Élaborer sur la base de vents représentatifs de vent moyen sur 10 minutes :

- une **climatologie fine du vent** dans les basses couches de l'atmosphère (du sol à 250 m) à partir des données mesurées et modélisées,
- une **estimation du potentiel éolien** uniquement pour FGL, BS, NAR, FOS, OLE,
- des **durées de retour des vents forts**,
- une **validation du jeu Arome**.

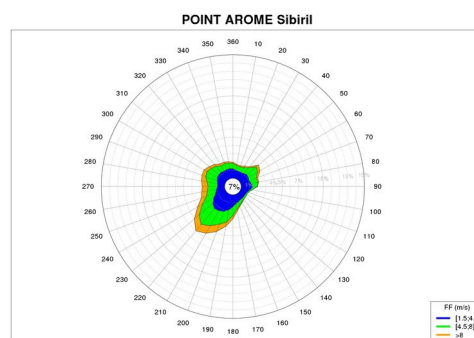
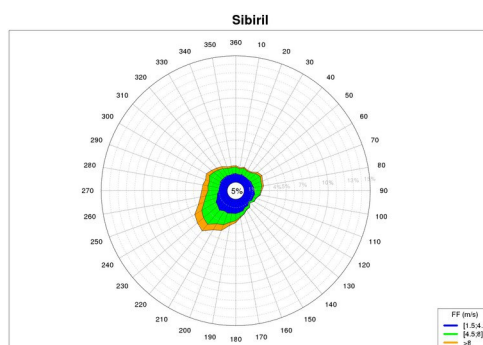
Méthodologie:

À partir d'un historique de données de modèles (rejeu AROME) validées par des observations locales disponibles sur la macro-zone étudiée, diverses statistiques sur le vent moyen incluant les valeurs extrêmes seront élaborées. Le facteur de charge sera également estimé pour FGL, BS, NAR, FOS, OLE.

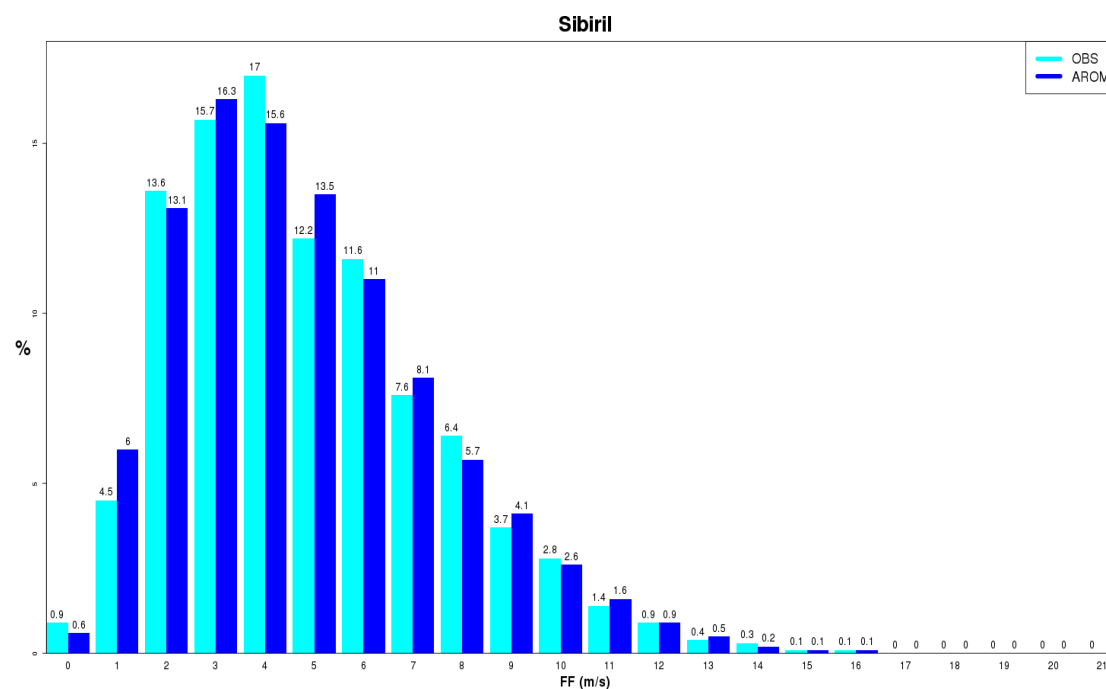
- Données d'entrée : archive du modèle Arome sur la période 2000-2023,
- Validation de cette archive simulée à partir d'observations météorologiques sur des stations côtières,
- Calcul des valeurs extrêmes du vent moyen (10 min) par méthode de renouvellement avec loi de Pareto,
- Livraison de fichiers statistiques du vent moyen (vitesse et direction du vent, densité de l'air, rafales, coefficients de Weibull, densité énergétique, ...) période 2000-2022,
- Calcul du facteur de charge (pourcentage de puissance utilisable) à l'aide d'une courbe de puissance (FGL, BS, NAR, FOS, OL),
- Fourniture au format WRG uniquement sur BNO et GLC.

Lot 1 : Validation du rejeu Arome sur la zone

- Validation sur plusieurs points d'observations alentours, terrestres ou bouée ancrée
- Arome s'avère très pertinent pour décrire le vent en force et en direction sur les zones étudiées



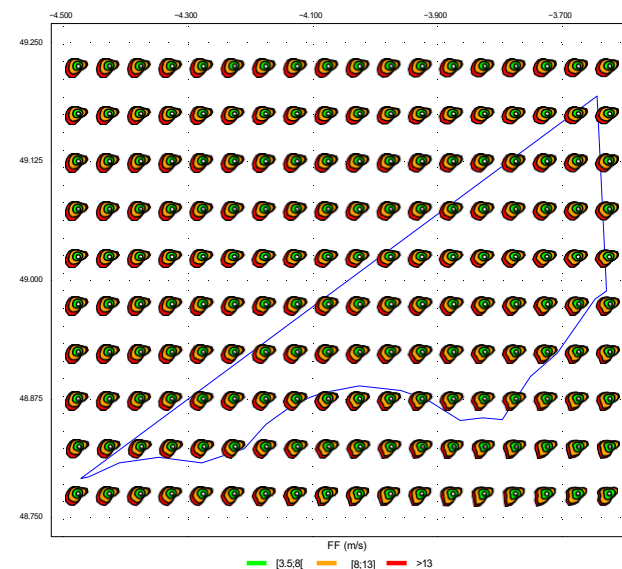
Rose des vent à 10 m pour le point d'observation (haut) et le point de grille le plus proche Arome (bas)



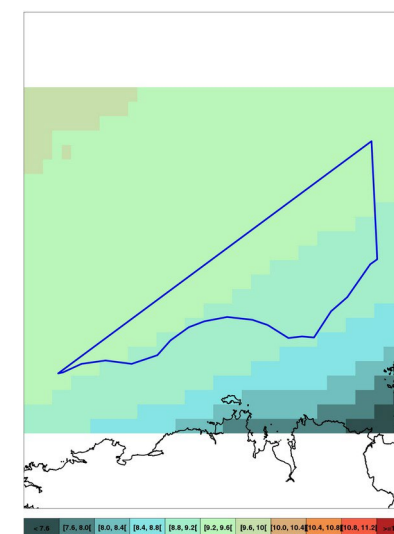
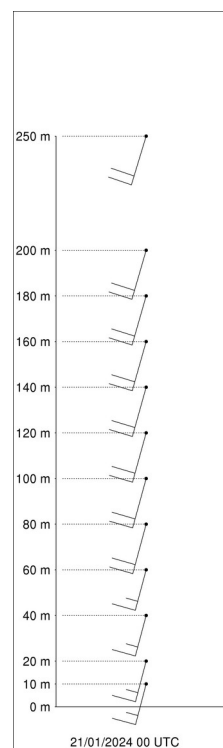
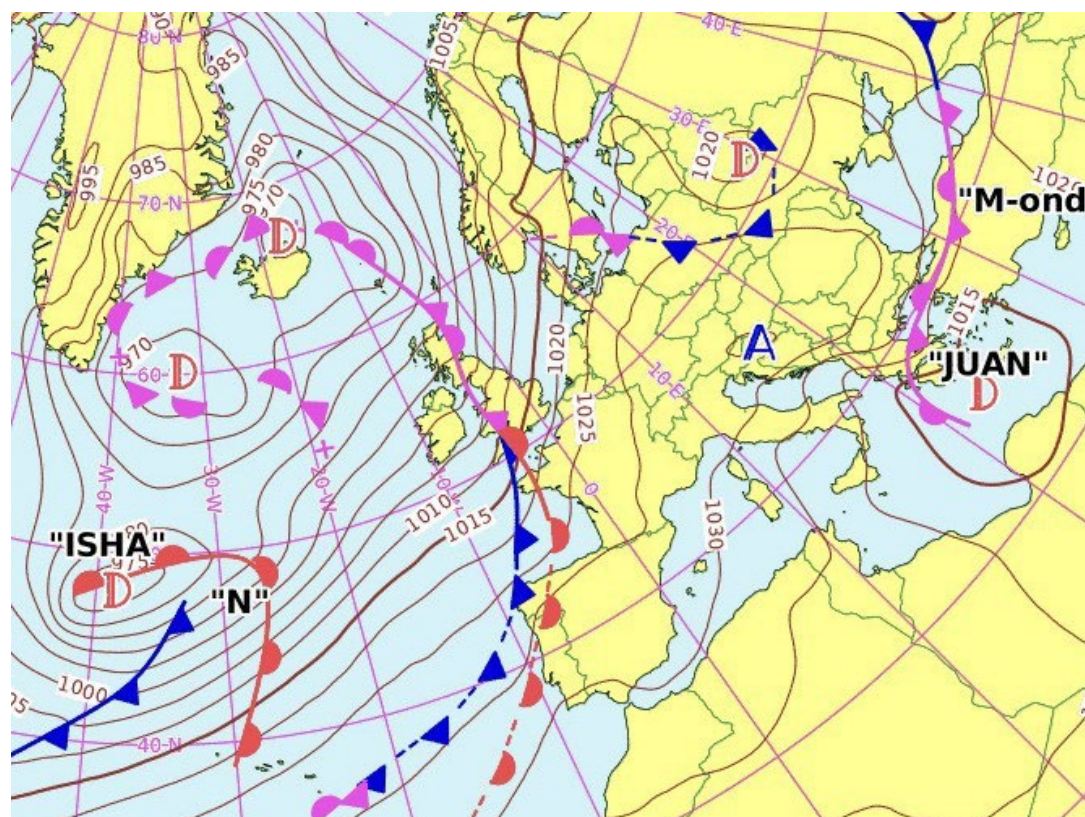
Distribution des force de vent à 10 m Arome (foncé) et observées (clair)

Lot 1 : Climatologie du vent

- Vents annuels, saisonniers décrits et explicités dans le rapport pour les niveaux 10, 100, 160 et 250 m
- Typologies des situations météorologiques fréquentes sur la zone d'intérêt
- Climatologie fine des vents entre 10 et 250 mètres



Vent moyen annuel 100 m: Rose des vents (dessus) et force du vent moyen (dessous)

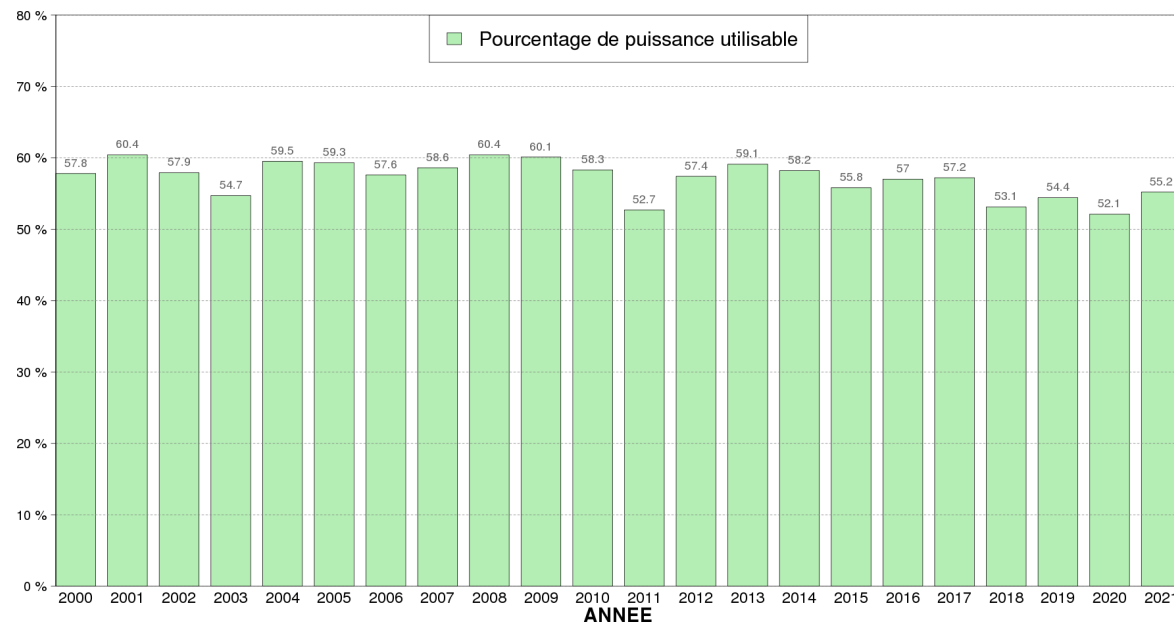
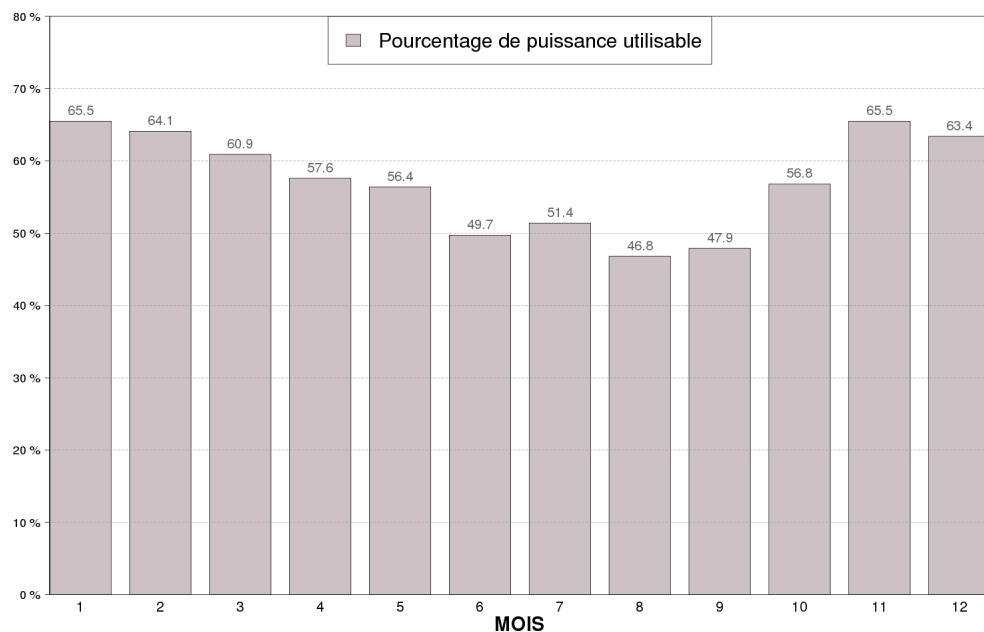


Lot 1 : Première estimation du potentiel éolien

Uniquement sur les macro-zones FL, BS, NAR, FOS et OLE

- Estimation sur le point de grille le plus proche de la position de la mesure LiDAR
- Potentiel de production estimé pour une turbine LEANWIND 8 MW turbine à 100 et 140 m

http://www.leanwind.eu/wp-content/uploads/LEANWIND-8-MW-turbine_Summary.pdf



Exemple : facteur de charge moyen à 140 m pour la macro-zone FOS
Variabilité mensuelle (gauche) et annuelle (droite).

Lot 1 : Valeurs extrêmes décennales

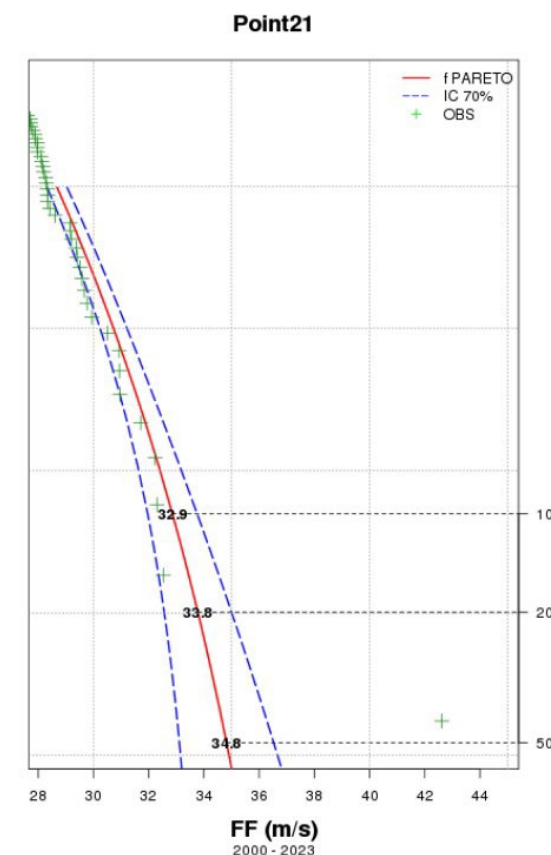
- Calcul des valeurs extrêmes **du vent moyen (10 min)** par méthode de renouvellement (permettant de prendre en compte plusieurs maxima annuels) avec loi de Pareto ainsi que les intervalles de confiance associés
- Calcul pour:
 - les niveaux 10 et 100 m
 - 5 points d'intérêt du domaine
 - vitesses du vent moyen associées à des durées de retour de 10, 20 et 50 ans
 - calcul pour chacun des secteurs 30° de direction



Positions de points de calcul des durées de retour à 10 et 100 m, ex. BNO

Point « LiDAR » Niveau 100 m Toutes directions	10 ans	20 ans	50 ans
Borne inférieure (p15)	32 m/s	32,6	33,1
Estimateur	32,9	33,8	34,8
Borne supérieure (p85)	33,8	35,0	36,5

Exemple pour BNO



durées de retour (10, 20 et 50 ans) du vent pour le point 21 à 100 m.

Lot 1 : Plan type du rapport d'étude et données livrées

- Typologie des différentes situations météorologiques
- Climatologie fine du vent
 - Comparaison des vents observés sur stations météo à proximité et du modèle AROME au niveau 10 m
 - Vents modélisés sur la zone aux niveaux 10,100,160 et 250 m
- *Estimation du potentiel éolien*
 - *Méthode du facteur de charge*
 - *Statistiques de potentiel éolien au point LiDAR*
- Durées de retour des vents forts aux niveaux 10 et 100 m

Exemple livraison BNO

- Données brutes de sortie du modèle AROME sur les points de la zone d'intérêt
- Vitesse et direction du vent DDFF, Densité de l'air RHO, Vitesse et direction du vent max (rafale) DXFX, Données brutes de sortie du modèle AROME aux points d'observation 2000-2023
- Données observées aux points d'observation Météo-France
- Vitesse et direction du vent DDFF à 10m en station
- Données statistiques du modèle AROME
- Coefficients de Weibull A et k de la distribution long terme du vent, moyenne des écarts-types 24H tous secteurs confondus, écart-type des rampes de la distribution des rampes de vitesse horaire
- Densité énergétique totale, vent moyen long terme, intervalle de confiance du vent moyen long terme, incertitude du vent moyen long terme, moyennes mensuelles du vent sur 20 ans, intervalle de confiance des moyennes mensuelles du vent
- Incertitude des moyennes mensuelles du vent
- Rose des vents DDFF et rose des vents DXFX par secteur de 30°
- Moyenne du vent par année, moyenne horaire du vent sur 20 ans
- Moyenne 20 ans de la densité de l'air
- Coefficients A et k de Weibull par secteurs de 30°
- Gradient de vent par secteur de 30°
- *WRG (regroupant dans un même fichier les fréquences d'occurrence par secteur de 30°, la densité énergétique totale et les coefficients de Weibull tous secteurs et par secteur de 30°)*
- Durées de retour sur la période
- Vitesse de vent fort moyen avec des périodes de retour 10, 20, 50 ans





MINISTÈRE
DE LA TRANSITION
ÉCOLOGIQUE

*Liberté
Égalité
Fraternité*



B Synthèse des études du risque météorologique

Lot 2: risques liés aux tempêtes

Météo-France

Christophe Jacolin D2C/DV/CM

Olivier Caumont DSM/CS

Lot 2 : Risque extrême de vent et de vagues

Objectif :

- **Modélisation des états de mer des phénomènes les plus violents** et comparaison aux observations
- **Analyse du risque extrême de vent et de vagues** en caractérisant les 10 à 20 tempêtes les plus violentes connues sur la zone considérée, des années 1950 à nos jours



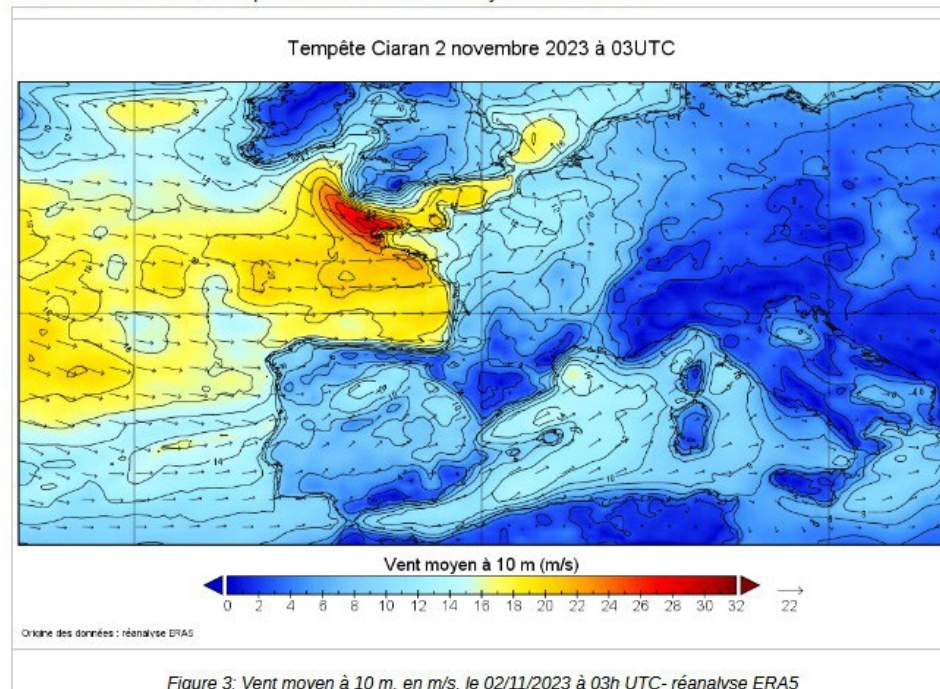
Méthodologie :

Réalisation de fiches tempêtes pour chaque macro-zone caractérisant les risques extrêmes à travers différentes réanalyses de modèle atmosphérique et d'état de mer.

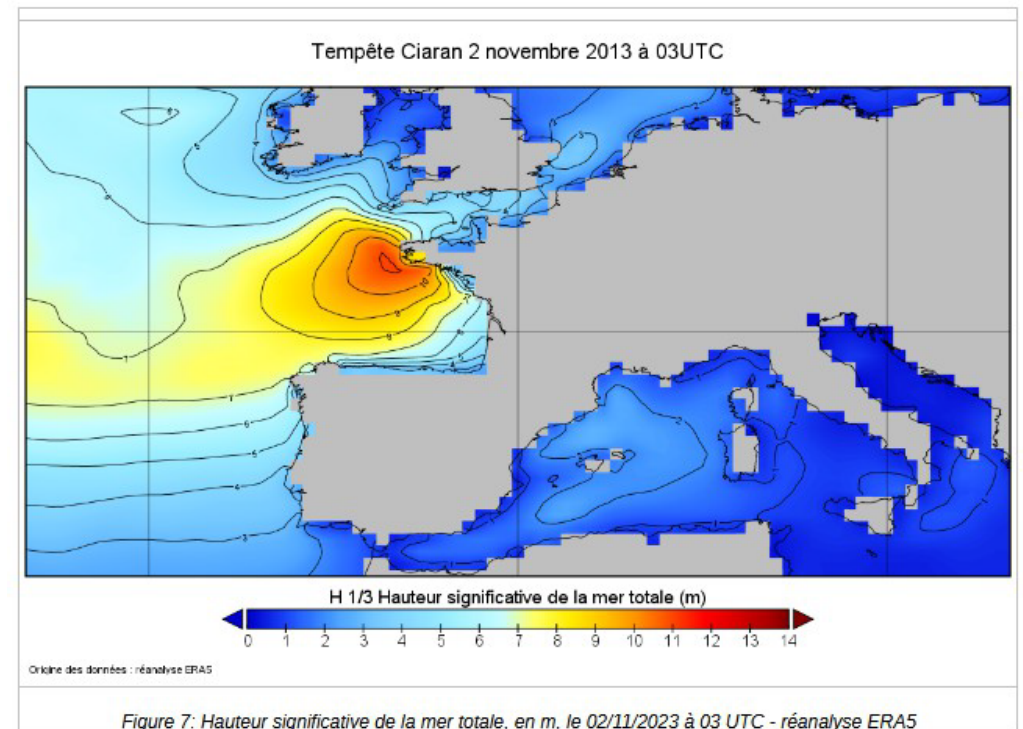
- Utilisation des données de la réanalyse ERA5 pour pré-sélection de tempêtes (dépassement d'un quantile donné et proportion de points en mer concernée) et rédaction de « fiches tempêtes » pour une sélection de 10 à 20 tempêtes représentatives
- Rejeu de l'état de mer sur une sélection de tempêtes (diversité et capacité à générer de fortes vagues).
 - État de mer : par modèle WaveWatchIII
 - Courants de surface et niveaux d'eau issus d'HYCOM du SHOM
 - Forçage atmosphérique ERA5

Exemple de fiche tempête : 2 novembre 2023 Ciarán

Il est à noter qu'au passage de cette tempête, plusieurs stations ont subi des coupures de mesures. Certaines données sont par conséquent incomplètes (données en vert sur la figure 6), et potentiellement sous-évaluées, notamment à la pointe du Raz dont la valeur retenue est 178 km/h, la mesure à 207 km/h le 2 novembre à 00h48 UTC après cassure du mât vent ayant été invalidée.



La mer forte a très forte grossit rapidement et devient grosse à très grosse sur le golfe de Gascogne et l'ouvert de la Manche dans la soirée du 1^{er} novembre, puis s'amortit légèrement très forte à grosse le 02 avec un maintien de la houle, notamment sur le golfe de Gascogne. Les relevés à la bouée des Pierres Noires révèlent une mesure de 13,62 m en hauteur significative de la mer totale et 21,12 m en hauteur maximale en milieu de nuit du 1^{er} au 2 novembre.



Exemple de rejeu état de mer d'une tempête (2 novembre 2023 Ciarán)

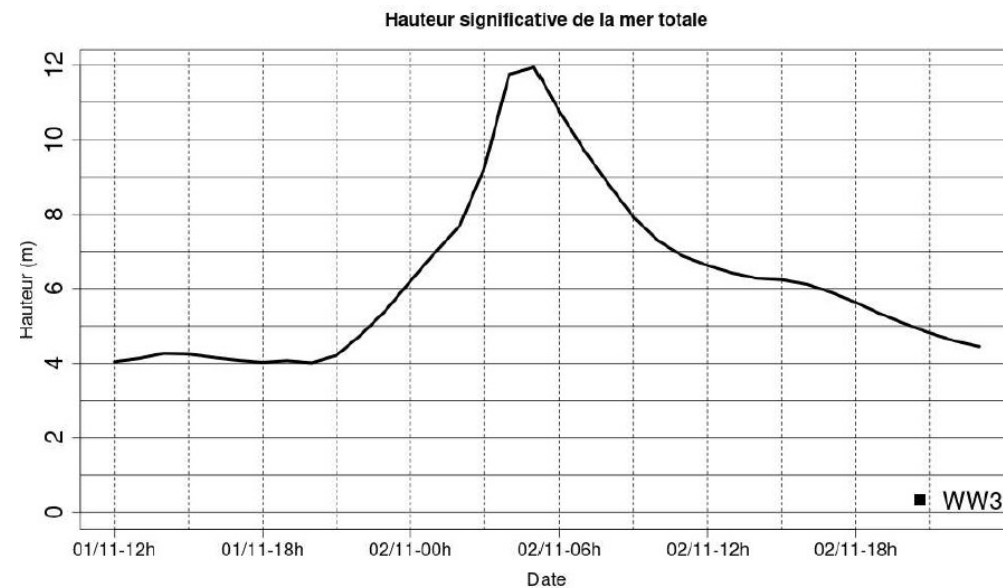
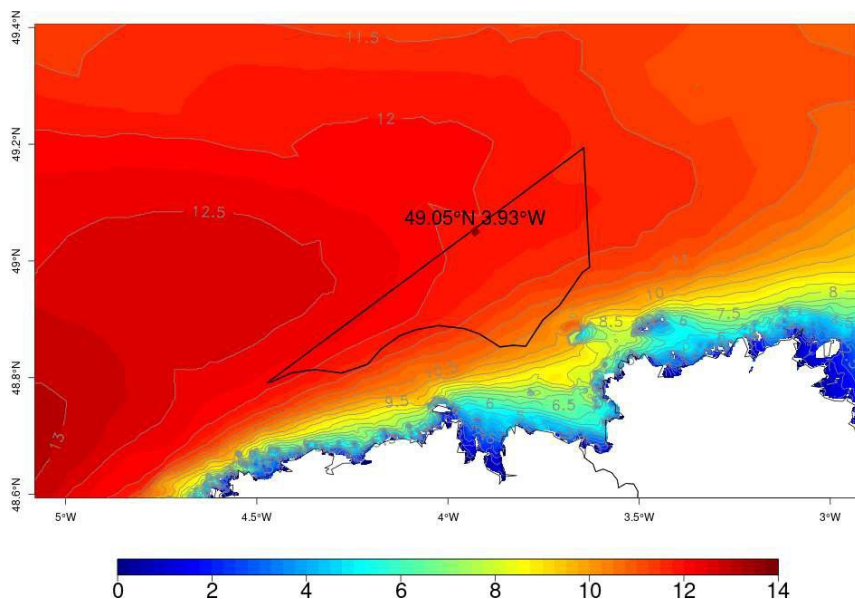


Illustration 3.10 : Evolution temporelle de la hauteur significative de la mer totale au point de grille 49.05° N et 3.93° W – tempête du 02/11/2023 – simulée par le modèle WW3

Hauteur significative de la mer totale (mètres) lors de la tempête du 02/11/2023 simulée par le modèle WW3
(valeur maximale intégrée sur la période comprise entre le 01 nov. à 00 UTC et le 03 nov. à 00 UTC)
Le losange rouge représente la position de la bouée LiDAR implantée sur la zone.

Lot 2 : Plan type du rapport d'étude et données livrées

- Objet de l'étude et méthode
- Tableau des tempêtes analysées
- Liste des tempêtes retenues pour les rejeux de vagues
- Rejeux de situations
- Situation
 - Rappel conditions météorologiques
 - Analyse des résultats
 - Caractéristiques principales

+ fiches tempête

Exemple livraison BNO

- Données de forçage du modèle WW3
- données de sortie du modèle WW3
- Direction moyenne de la mer totale
- Hauteur significative pour la mer totale (mer du vent et houle)
- Direction des vagues de la mer du vent
- Direction de la houle primaire
- Direction de la houle secondaire
- Hauteur des vagues de la mer du vent
- Hauteur de la houle primaire
- Hauteur de la houle secondaire
- Période moyenne de la mer du vent
- Période de la houle primaire
- Période de la houle secondaire
- Période pic de la mer du vent
- Période pic de la houle primaire
- Période pic de la houle secondaire
- Période pic de la mer totale
- Période moyenne de la mer totale
- Hauteur significative de la houle totale
- Direction moyenne de la houle totale
- Période moyenne de la houle totale
- Période moyenne de la houle secondaire
- Direction moyenne de la houle secondaire



MINISTÈRE
DE LA TRANSITION
ÉCOLOGIQUE

*Liberté
Égalité
Fraternité*



B Synthèse des études du risque météorologique

Lot 3: Analyse des risques de turbulence

Météo-France

Christophe Jacolin D2C/DV/CM

Olivier Caumont DSM/CS

Lot 3 : risques de turbulence atmosphérique

Objectif :

L'effet de sillage de parc n'entre pas dans l'étude ici proposée ; cette étude s'intéresse aux propriétés physiques du vent dans la zone. Le but est de minimiser les risques économiques liés aux **conditions météorologiques turbulentes et aux vents extrêmes** (rafales).

Méthodologie:

- Étude de 3 indicateurs:

- Rafale max dans l'heure précédente:

$$FX_z = FF_z + (FX_{10m} - FF_{10m})$$

- Intensité de turbulence (IT)

$$IT_{AROME} = \frac{\sqrt{2 * (2/3) * TKE_{AROME}}}{FF_{AROME}}$$

- Exposant de cisaillement vertical (alpha)

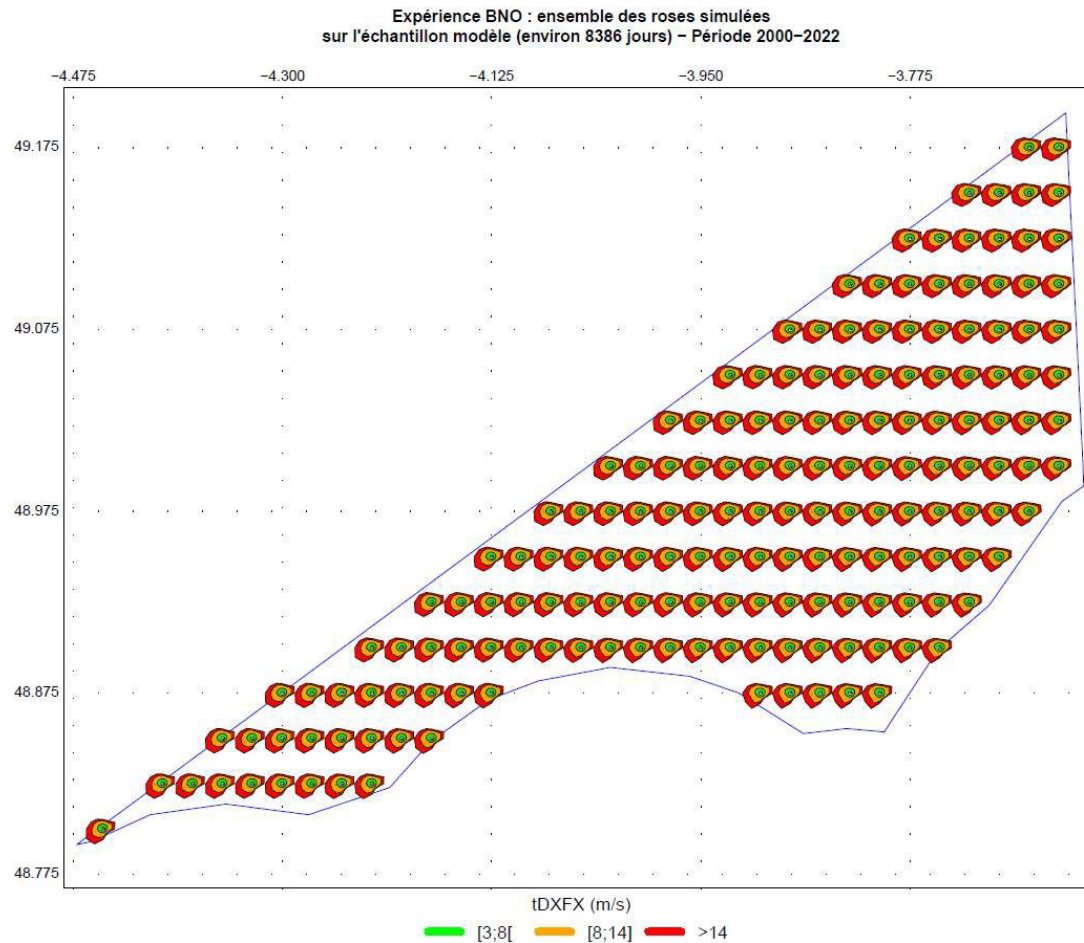
$$\alpha = \frac{\ln(FF_z / FF_{z_1})}{\ln(Z_2 / Z_1)}$$

Calcul des valeurs moyennes, Q70 et valeurs cinquantiennes
Calcul pour les niveaux hauteurs 40, 100 et 160 m

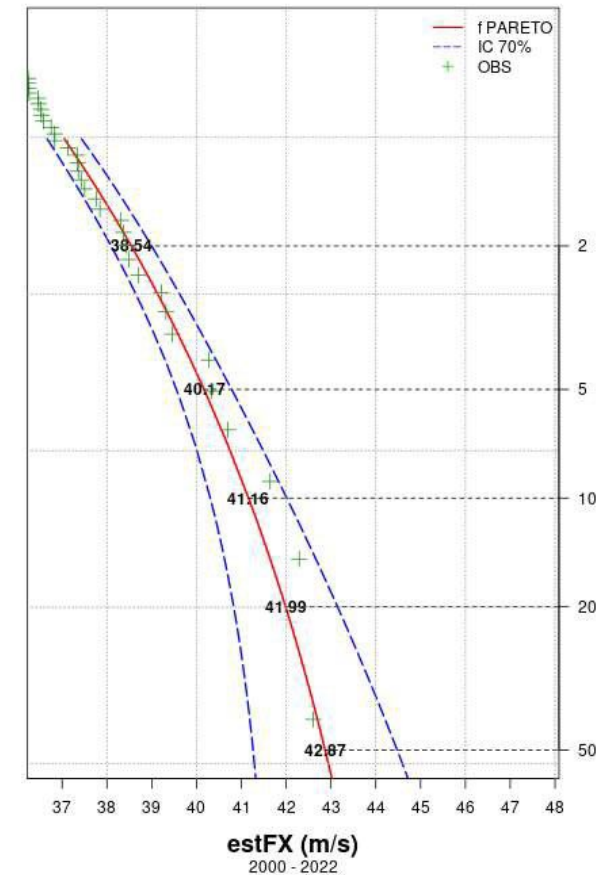
Lot 3 : Rafales

$$FX_z = FF_z + (FX_{10m} - FF_{10m})$$

Roses des vents de rafales estimées à 100 m sur la période 2000-2022 exemple BNO



DR - 100 m



courbe des quantiles de rafales pour le point 31,
positionné à 49,05 °N et 3,925 °W, et correspondant
au point de grille Arome le plus proche de la position
LiDAR de la zone BNO à 100 m

Calcul des valeurs moyennes, Q70 et valeurs cinquantennales
Calcul pour les niveaux hauteurs 40, 100 et 160 m



Lot 3 : Rafales

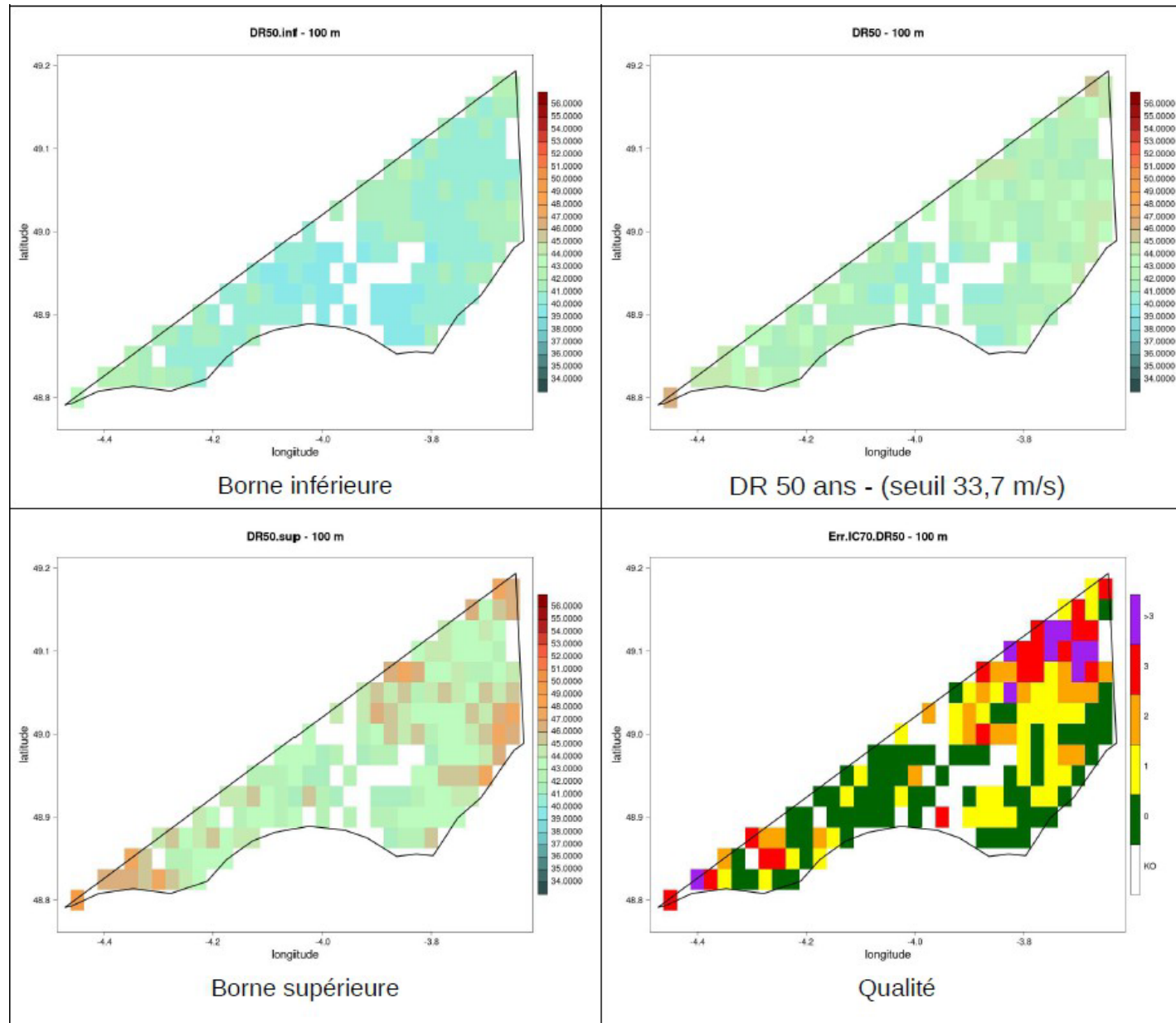


Illustration 10 : carte des quantiles de durées de retour 50 ans des rafales estimées à 100 m pour la zone BNO, calculés à partir des données AROME (2000-2022)

Lot 3 : Intensité de turbulence (IT)

$$IT_{AROME} = \frac{\sqrt{2 * (2/3) * TKE_{AROME}}}{FF_{AROME}}$$

cartes des moyennes de l'intensité de turbulence au niveau 100 m par secteur de direction de 30° pour la zone BNO, calculées à partir des données Arome (2000-2022)

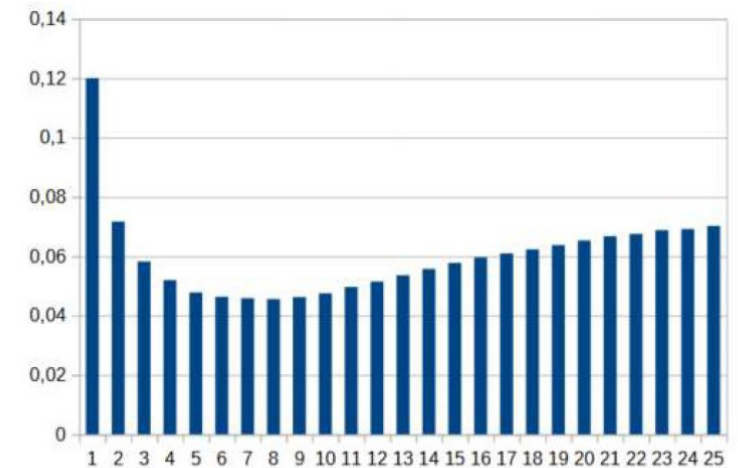
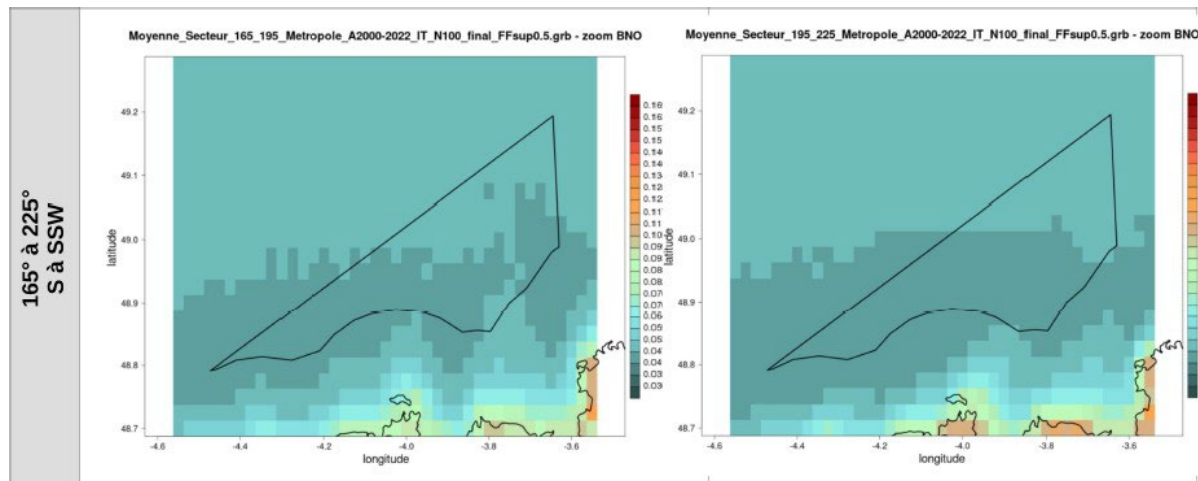


Illustration 6 : moyenne sur la zone BNO de la moyenne de l'intensité de turbulence, en fonction de la force du vent (m/s) en abscisse. Période 2000-2022 à 100 mètres

Exemple pour BNO

Calcul des valeurs moyennes, Q70 et valeurs cinquantiennes
Calcul pour les niveaux hauteurs 40, 100 et 160 m
Calcul par catégorie de bin de direction (30°) et de force du vent

Lot 3 : Exposant de cisaillement vertical

$$\alpha = \frac{\ln(FF_{Z_2} / FF_{Z_1})}{\ln(Z_2 / Z_1)}$$

Exemple pour BNO

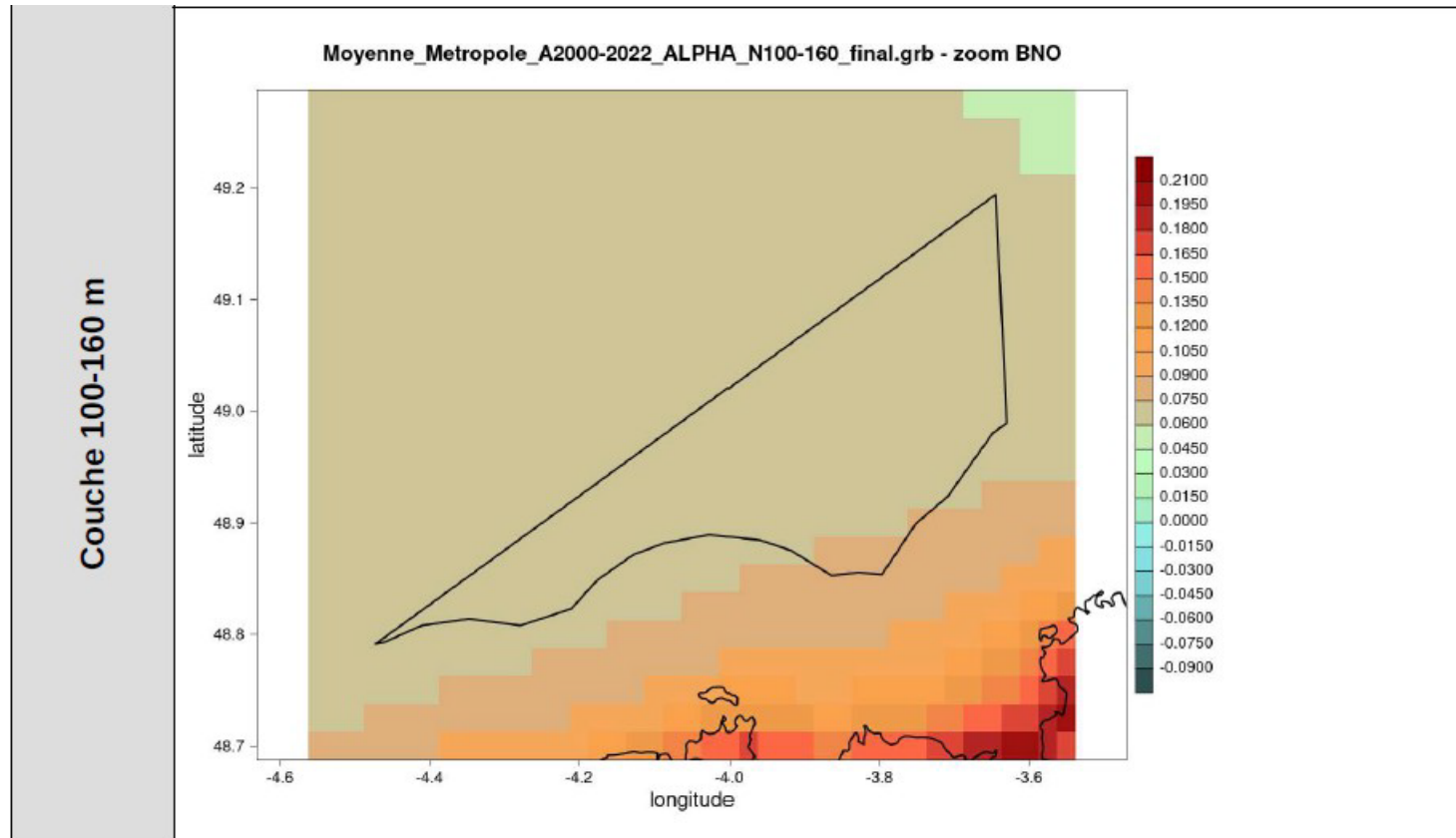


Illustration 12 : carte du coefficient α de cisaillement de vent pour les couches 10-40, 10-160, 40-100 et 100-160 m tous secteurs confondus pour la zone BNO, calculé à partir des forces du vent AROME (2000-2022)

Calcul des valeurs moyennes

Calcul sur les tranches 40-100 m, 40-160 m et 100-160 m

Calcul par catégorie de secteur angulaire (30°) du vent et de force du vent min/max, distinction jour / nuit

Lot 3 : Plan type du rapport d'étude et données livrées

Résultats des diagnostics de la turbulence

- Intensité de turbulence niveaux 10, 40, 100, 160 m
 - Moyennes et Q70 de l'intensité de turbulence tous secteurs et toutes classes (bins) confondus
 - Moyennes et Q70 de l'intensité de turbulence par secteur de direction de vent
 - Moyenne et Q70 de l'intensité de turbulence par classe de force de vent
 - Durée de retour cinquantennale
- Rafales : modélisées à 100 m et rafales cinquantennales
- Coefficient α de cisaillement de vent tous secteurs confondus, par secteur et par classe de 1 m/s, à 10-40 m, 10-160 m, 40-100 m, 100-160 m

Incertitudes

- Incertitudes associées sur les intensités de turbulence estimées, sur l'estimation des rafales
- Limites du calcul des durées de retour des rafales cinquantennales
- Incertitudes associées au coefficient α de cisaillement de vent

Annexes

A. Résultats des diagnostics : Intensité de turbulence par secteur de direction de vent et par classe de force de vent à 10, 40, 160 m

B. Résultats des diagnostics sur les rafales à 10, 40, 160 et 200 m

C. Coefficient α du cisaillement de vent par secteur couches 10-40 m, 40-100 m, 100-160 m

Exemple livraison BNO

Niveaux 10, 40, 100, 160 mètres

IT tous secteurs

estDXFX (+200m)

DDFF (+200m)

Moyenne IT tous secteurs

Moyenne IT pour 12 secteurs de 30 degrés

Moyenne IT pour 25 bins de 1 m/s

EcartType IT pour 25 bins de 1 m/s

Q70 IT tous secteurs

Q70 IT pour 12 secteurs de 30 degrés

Q70 IT pour 25 bins de 1 m/s

DR50 IT pour 25 bins de 1 m/s

Niveaux 10-40, 10-160, 40-100, 100-160

Moyenne ALPHA pour 12 secteurs de 30 degrés

Moyenne ALPHA pour 25 bins de 1 m/s

Moyenne ALPHA pour tous secteurs

Moyenne ALPHA pour tous secteurs jour

Moyenne ALPHA pour tous secteurs nuit

Moyenne ALPHA pour 25 bins de 1 m/s jour

Moyenne ALPHA pour 12 secteurs de 30 degrés jour

Moyenne ALPHA pour 25 bins de 1 m/s nuit

Moyenne ALPHA pour 12 secteurs de 30 degrés nuit

Analyse fréquentielle par secteur de 30 degrés estDXFX (+200m)

Moyenne estFX (+200 mètres)

Niveaux 10, 40, 100, 160 et 200 mètres

Fichiers + images

DR50 estFX - qualité

DR50 estFX - borne sup IC70

DR50 estFX - borne inf IC70

DR50 estFX - valeur centrale

Moyenne estFX

Moyenne IT tous secteurs

Moyenne IT pour 12 secteurs de 30 degrés

Moyenne IT pour 25 bins de 1 m/s

EcartType IT pour 25 bins de 1 m/s

Q70 IT tous secteurs

Q70 IT pour 12 secteurs de 30 degrés

Q70 IT pour 25 bins de 1 m/s

DR50 estFX - qualité

DR50 estFX - borne sup IC70

DR50 estFX - borne inf IC70

DR50 estFX - valeur centrale

Niveaux 10-40, 10-160, 40-100, 100-160

Moyenne ALPHA pour 12 secteurs de 30 degrés

Moyenne ALPHA pour 25 bins de 1 m/s

Moyenne ALPHA pour tous secteurs

Moyenne ALPHA pour tous secteurs jour

Moyenne ALPHA pour tous secteurs nuit

Moyenne ALPHA pour 25 bins de 1 m/s jour

Moyenne ALPHA pour 12 secteurs de 30 degrés jour

Moyenne ALPHA pour 12 secteurs de 30 degrés nuit





MINISTÈRE
DE LA TRANSITION
ÉCOLOGIQUE

*Liberté
Égalité
Fraternité*



B Synthèse des études du risque météorologique

Lot 4 et 5: Campagne de mesures et longues chroniques

Météo-France

Christophe Jacolin D2C/DV/CM

Olivier Caumont DSM/CS

Lot 4 + 6a/4bis : campagne de mesures in-situ

Objectif :

- Campagne de mesure in-situ météorologie/océanographie sur une durée minimum de 1 an. Le Lot 6a/4bis correspond à une prolongation de 12 à 24 mois du lot 4. Cela permet ainsi de disposer de séries de 24 à 36 mois de :
 - Mesure de météorologique par LiDAR de 40 à 200 m
 - Mesure de conditions de surface (FF, DD et T)
 - Mesure de courant et vagues



Deux indicateurs (« *Key Performance Indicators* » ou KPI) sont surveillés :

- « KPI mensuel » : le taux mensuel de disponibilité des données LiDAR aux niveaux 60, 100 et 160 m. Pour valider une campagne, ce taux doit être supérieur à 80 % pour au moins 12 mois.
- « KPI global » : le taux de disponibilité sur l'ensemble de la campagne des données LiDAR aux niveaux 60, 100 et 160 m. Pour valider une campagne, ce taux doit être supérieur à 85 %.



Figure 13 : Windcube V2 Offshore for floating platform
(source : Leosphere)

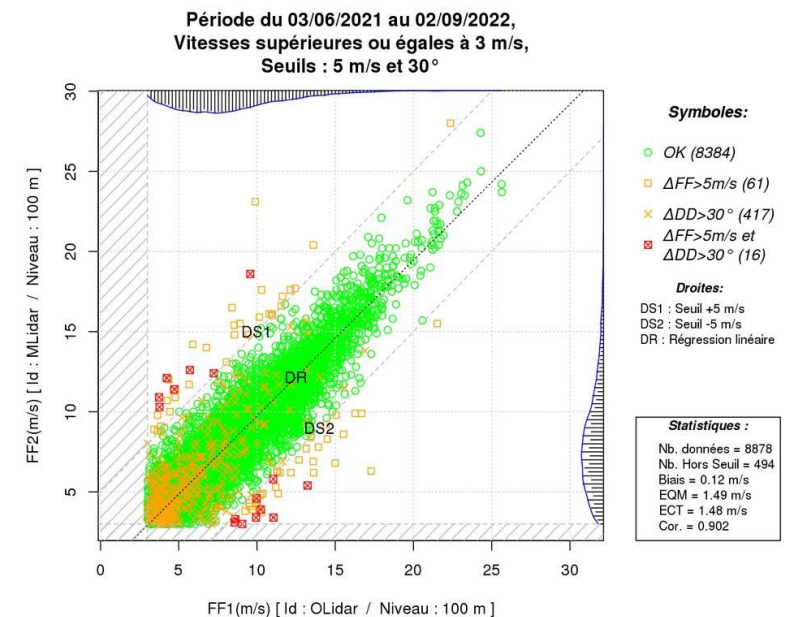
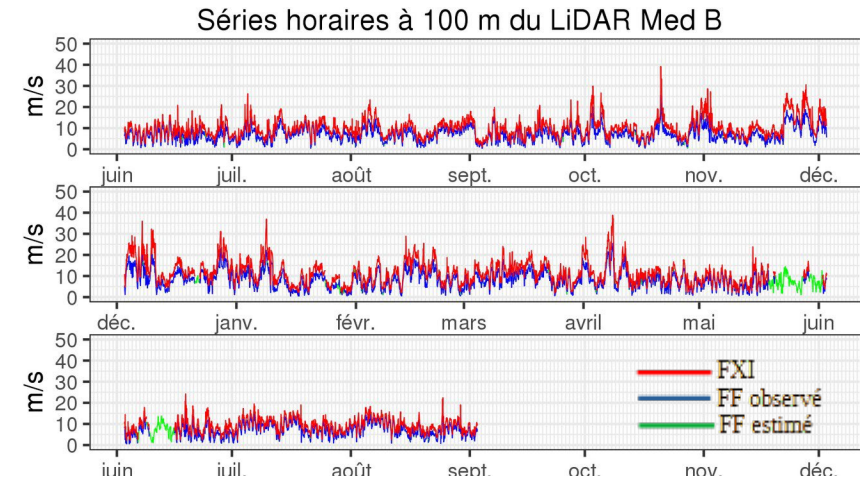
Lot 4 + 6a/4bis : campagne de mesures in-situ

Livrables :

- Rapport de pré-validation des LiDARs,
- Certificats et manuel constructeurs des instruments,
- Rapports bimestriels et semestriel de suivi de la campagne.
- Rapport de fin de campagne.
- Données mesurées durant la campagne

Les données atmosphériques (cf. SHOM pour l'océanographie) :

- Données brutes LiDAR 1 s et 10 min.
- Données corrigées LiDAR 10 min (azimut et mouvement de la bouée).
- Données de la station météorologique 5 s et 10 min
- Données Arome horaires au point du LiDAR

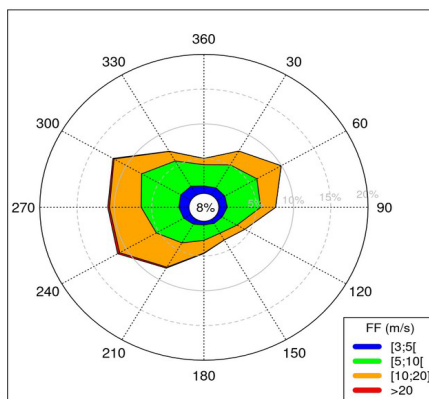


Lot 4 + 6a : bilan Bretagne Sud

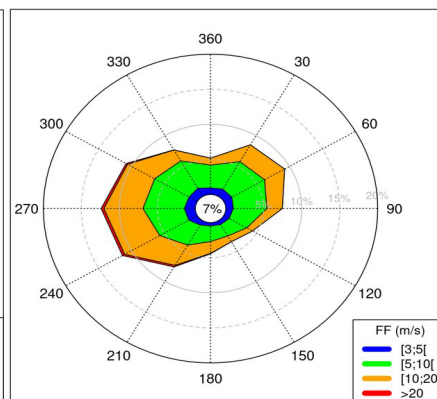
LiDAR Nord : 3 ans de campagnes (initiale : 08/07/2020 au 07/10/2021 puis prolongée jusqu'au 07/10/2023)

- KPI mensuels non validés en janvier 2021 (61,22 %), février 2021 (0 %) et mars 2021 (72,17 %)
- KPI global de 88,64 % sur la campagne initiale, 97,1 % sur la prolongation
- Les roses des vents observées du LiDAR et modélisées présentent quelques petites différences qui restent minimales.

OLidar(100m) Période du 08/10/2021 au 07/10/2023

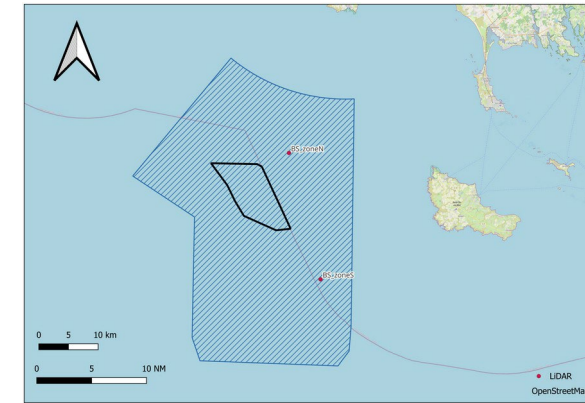


MLidar(100m) Période du 08/10/2021 au 07/10/2023

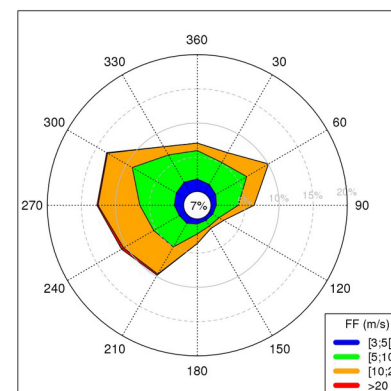


LiDAR Sud : Campagne de mesures du 09/07/2020 au 08/10/2021

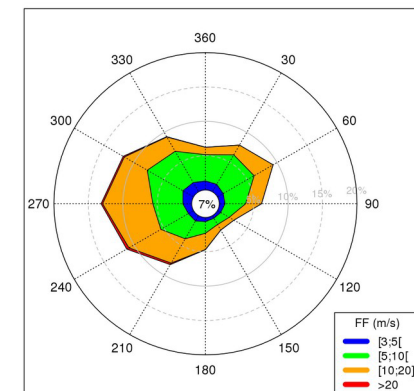
- KPI mensuels non validés en octobre 2020 (32,26 %), février 2021 (0 %) et août 2021 (73,87 %)
- KPI global de 85,19 %
- Les roses des vents observées du LiDAR et modélisées sont proches. Les différences s'expliquent par les données manquantes dans la rose LiDAR sur une partie du mois d'octobre 2020 et autour du mois de février.



OLidar(100m) Période du 09/07/2020 au 08/10/2021



MLidar(100m) Période du 09/07/2020 au 08/10/2021



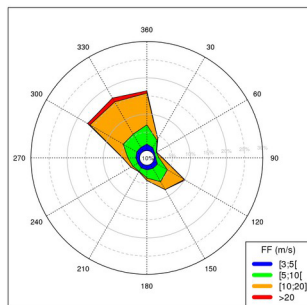
Lot 4 + 6a : bilan FOS et NAR

FOS

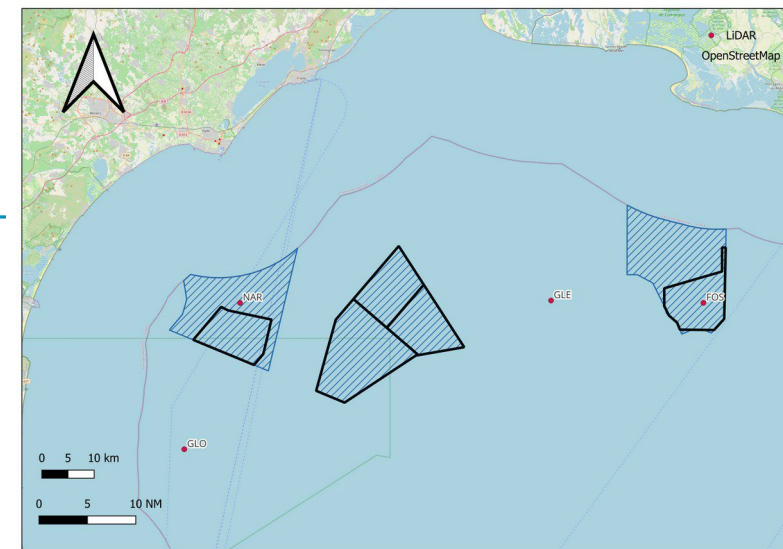
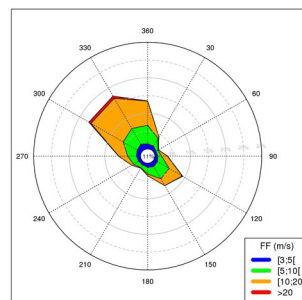
Campagne initiale du 10/06/2021 au 09/07/2022, prolongée au 09/07/2024

- KPI mensuels non validés en juin 2022 (42,2%)
- KPI global de 90,34 % sur la campagne initiale, >85 % sur la prolongation
- La rose des vents issue des données modélisées par le modèle Arome et la rose des vents des données LiDAR se ressemblent malgré des différences en termes de direction et d'intensité :
 - la direction (360°) est sous représentée par le modèle à la faveur du secteur 330° ;
 - sous-estimation des vents forts: -1,3 % pour les vents de plus de 20 m/s sur tous secteurs ; les vents forts de secteurs nord de plus de 10 m/s ne représentent que 6,9 % des cas pour Arome contre 9,3 % pour le LiDAR.
 - le modèle Arome surestime les vents faibles (+1,2 %).

OLidar(100m) Période du 10/06/2021 au 09/07/2022



MLidar(100m) Période du 10/06/2021 au 09/07/2022

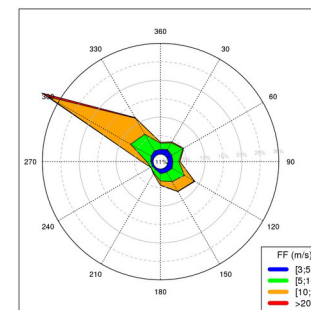


NAR

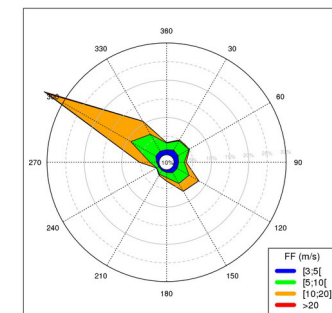
Campagne initiale du 10/06/2021 au 09/07/2022, prolongée au 09/08/2024

- KPI mensuels non validés en septembre 2021 (46,7 %) et décembre 2023 (6,45 %)
- KPI global de 93,7 % sur la campagne initiale, 92,69 % sur la prolongation
- La rose des vents issue des données modélisées par le modèle Arome coïncide parfaitement avec la rose des vents obtenue à partir des données observées par le LiDAR

OLidar(100m) Période du 10/06/2021 au 09/07/2022



MLidar(100m) Période du 10/06/2021 au 09/07/2022

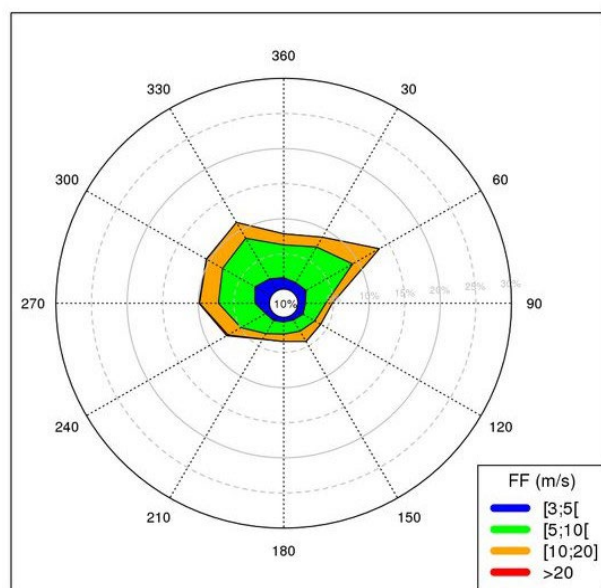


Lot 4 + 6a : bilan Oléron (OLE)

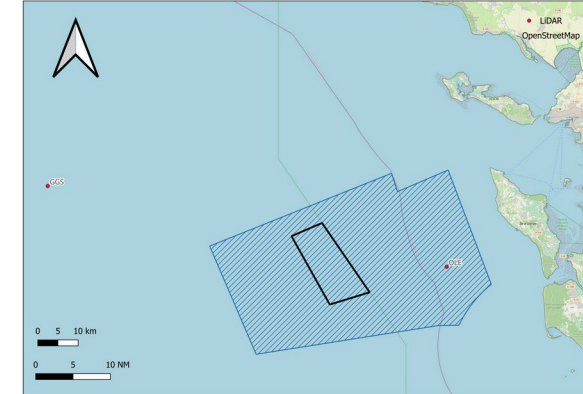
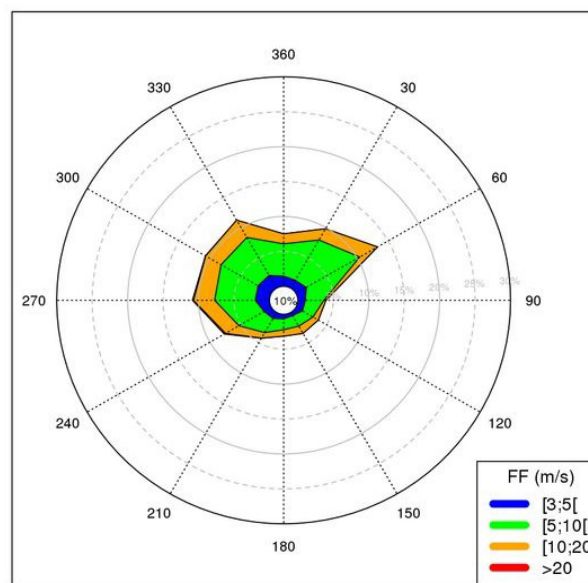
Campagne initiale du 03/06/2021 au 02/09/2022, prolongée au 02/09/2023

- KPI mensuels non validés en mai 2022 (63,8 %) et juin 2022 (72,3 %)
 - KPI global de 93,7 % sur la campagne initiale, 95,27 % sur la prolongation
 - La rose des vents issue des données modélisées par le modèle Arome coïncide bien avec la rose des vents obtenue à partir des données observées par le LiDAR.
- Pour la prolongation de campagne, ci-dessous, les secteurs 30° et 270° sont très légèrement surestimés par le modèle (+1 %). Le vent faible à modéré est également légèrement surestimé (+2 %) alors que le vent modéré est légèrement sous-estimé (-2 %).

OLidar(100m) Période du 03/06/2021 au 02/09/2022



MLidar(100m) Période du 03/06/2021 au 02/09/2022



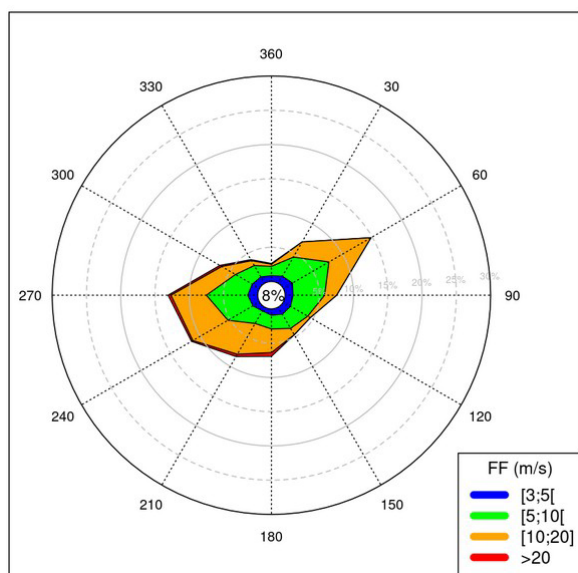
Lot 4 : bilan Fécamp Grand Large (FGL)

Campagne initiale du 09/11/2024 au 08/11/2025

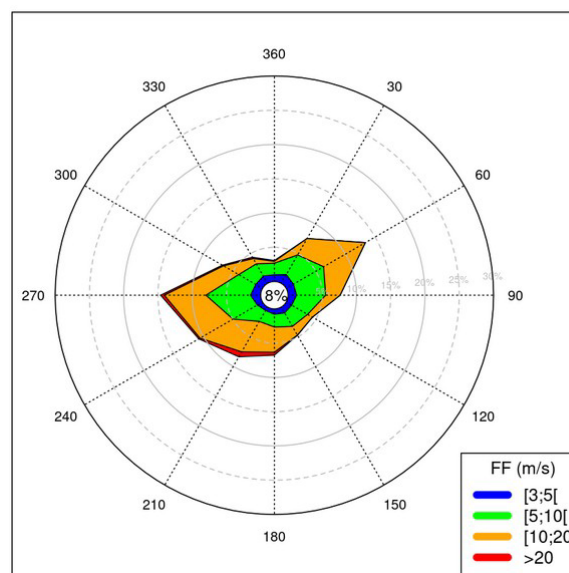
- KPI mensuels tous validés (valeur minimale = 95,33 %)
- KPI global de 96,75 % sur la campagne initiale
- La rose des vents issue des données modélisées par le modèle AROME coïncide étroitement avec la rose des vents obtenue à partir des données observées par le LiDAR .



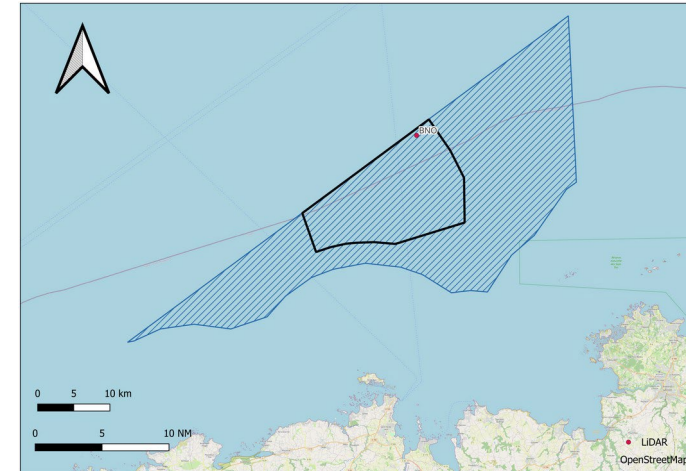
OLidar(100m) Période du 09/11/2024 au 08/11/2025



MLidar(100m) Période du 09/11/2024 au 08/11/2025

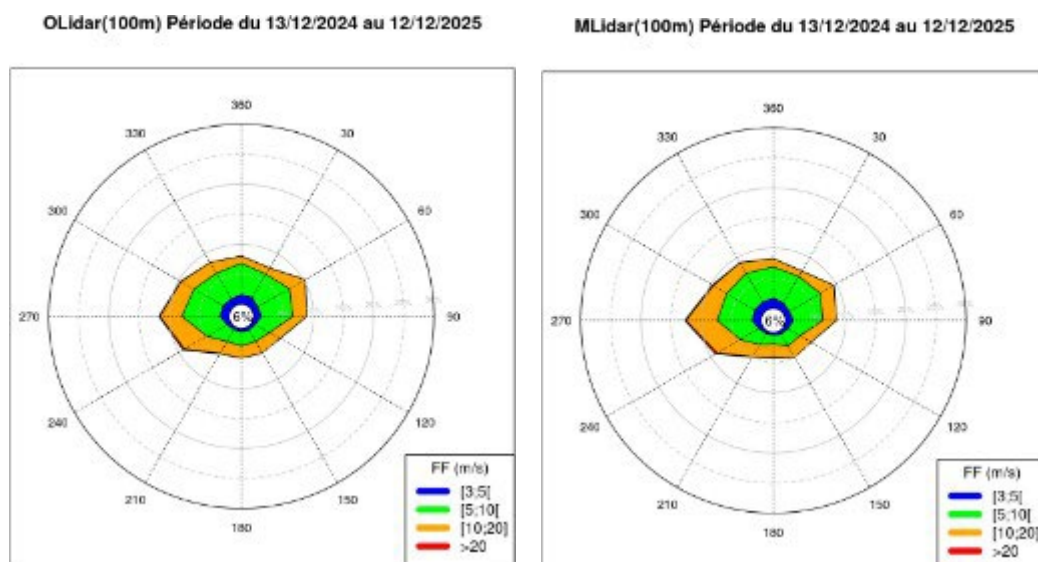


Lot 4 : bilan Bretagne Nord Ouest (BNO)



Campagne initiale à partir du 13/03/2025, poursuivie jusqu'au 21/4/2026

- Problèmes liés aux piles à combustible/méthanol provoquant des interruptions dans les mesures entre le 27/12/2025 et le 23/03/2026
- KPI mensuels non validés en janvier 2026 (21,53 %, valeur provisoire) et février 2026 (58,57 %, valeur provisoire)
- KPI global de 87,15 % (valeur provisoire) sur la campagne initiale



Lot 5 + 6b/5bis : Longue chronique de vent

Objectif :

- Série horaire long terme corrigée à l'aide des observations LiDAR à 100 m (ainsi que 40 et 200 m pour FGL et BNO).

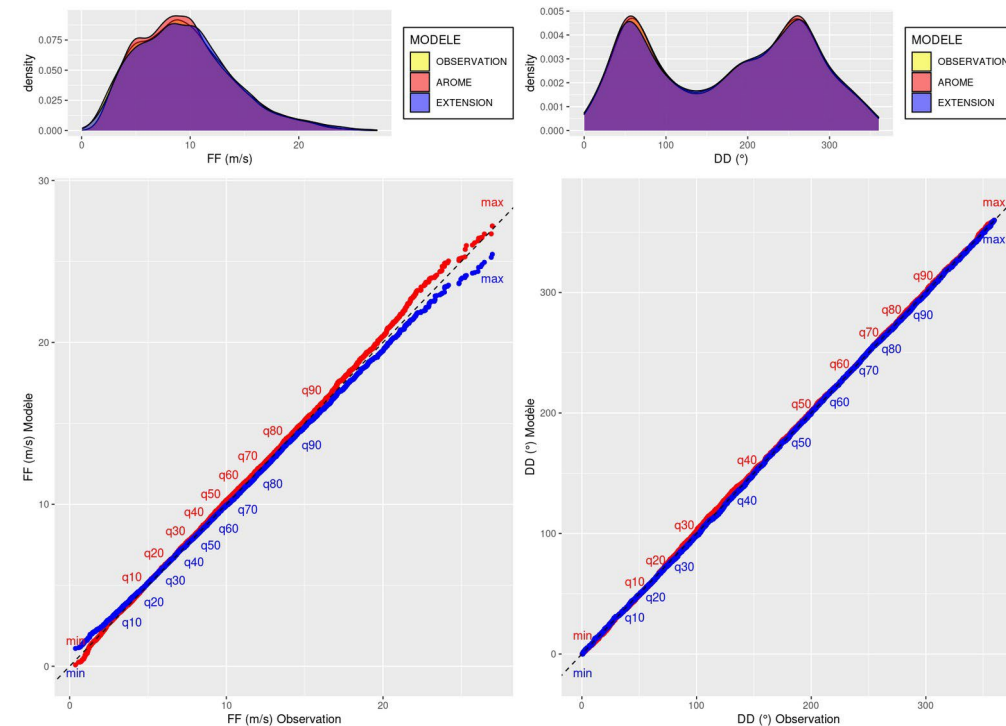
Livrables :

- Rapport technique des scores
- Série long terme « brutes » Arome
- Série long terme « corrigée »

Méthodologie :

- Apprentissage par forêt aléatoire (200 arbres)
- Construction optimisée (FF,DD) de la série long terme
- Vérification de la plage de validité du modèle statistique.

Pour BS, NAR, FOS et OLE, le lot 6b est issu de campagne de mesure du lot 6a



FGL – QQPlots FF et DD sur la période d'observation pour le niveau 100 m.

Mise à disposition et avancement des livrables

Groupe PPE 2

Groupe PPE 3

Horizons 10 ans

Macro-zone	Volet i : études (Lots 1, 2 et 3)	Volet ii : campagnes		Post validation
		Lot 4+6a/4bis (min. 12 mois)	Lot 5+6b/5bis	
Bretagne Sud (BS)	T1 - 2021	T1 - 2022 / T2 - 2024	T1 - 2022 / T2 - 2024	T2 - 2025
Narbonnaise Sud Hérault (NAR)	T2 - 2023	T2 - 2023 / T1 - 2025	T2 - 2023 / T2 - 2025	T1 - 2026
Golfe de Fos (FOS)	T2 - 2023	T2 - 2023 / T1 - 2025	T2 - 2023 / T2 - 2025	T1 - 2026
Oléron (OLE)	T2 - 2023	T2 - 2023 / T1 - 2024	T4 - 2023 / T1 - 2024	T2 - 2024
Fécamp Grand Large (FGL)	T2 - 2021	T2 - 2026	T2 - 2026	T2 - 2026
Bretagne Nord Ouest (BNO)	T3 - 2026	T3 - 2026	T3 - 2026	T4 - 2026
Golfe du Lion Centre (GLC)	T2 - 2025	Pas de bouée Lidar dédiée pour GLC		



Statut à date : **LIVRÉ** – **EN COURS DE FINALISATION** – **EN COURS DE PRODUCTION** – **À VENIR**



MINISTÈRE
DE LA TRANSITION
ÉCOLOGIQUE

*Liberté
Égalité
Fraternité*



Merci de votre attention

Étude des risques météorologiques AO10

Macro-zones : FGL, BNO, GLC, BS, NAR, FOS et OLE

Météo-France

Christophe Jacolin D2C/DV/CM

Olivier Caumont DSM/CS