RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
Liberté
Égalité
Fraternité

Rapport d'étude

METEO FRANCE
À VOS CÔTÉS, DANS UN CLIMAT QUI CHANGE

Rapport final Lot 6a

AO4 Barfleur



Version du 06/01/2025

Client : Direction Générale de l'Énergie et du Climat du Ministère de la Transition Écologique	[redacted]guillaume.rouviere@developpement-durable.gouv.fr [redacted]	MINISTÈRE DE LA TRANSITION ÉCOLOGIQUE *Liberté* *Égalité* *Fraternité*

Responsable commercial : Météo-France D2C Toulouse	[redacted]christophe.jacolin@meteo.fr [redacted]	METEO FRANCE À VOS CÔTÉS, DANS UN CLIMAT QUI CHANGE
Responsable technique : Météo France DSM/CS/DC	[redacted]aphael.legrand@meteo.fr [redacted]	

- page laissée intentionnellement vide -

Documents de référence antérieurs

	Intitulé	Référence	Date	Version
DR1	Projet de parc éolien off-shore au large de Dunkerque	Rapport_final_DGEC_Dunkerque	09/02/2018	V6
DR2	Projet de parc éolien off-shore au large de Barfleur	AO4_Barfleur_Lot4_Rapport-final_V1_20220301	01/03/2022	V1

Évolutions successives

Référence	Date	Version	Évolution
DGEC_AO4_Lot6a_Rapport-final_20211216-20240430_version A du 20250113	13/01/25	version A	version validée

Signatures

	Nom	Service
[redacted]	[redacted]	[redacted]
[redacted]	[redacted]	[redacted]
[redacted]	[redacted]	[redacted]

Table des matières

1 Contexte 1
1.1 Zone d'étude 2
1.2 Descriptif de la solution retenue pour l'acquisition des mesures sur site 5
2 Méthodologie appliquée 7
2.1 Type de données fournies par le LiDAR 8
2.2 Les outils statistiques 9
2.2.1 Affectation d'un code qualité aux séries DD, FF et FXI 9
2.2.1.1 Seuils de référence 10
2.2.1.2 Adaptation des seuils à l'anémomètre et au LiDAR 10
2.2.1.3 Codes qualité 11
2.2.2 Statistiques de contrôle de la mesure 12
3 Analyse des données de vent mesuré par le LiDAR 13
3.1 Suivi des données 13
3.1.1 Disponibilité des données brutes 13
3.1.2 Monitoring des données FF brutes 15
3.1.3 Monitoring des erreurs 16
3.2 Retour sur des cas de données manquantes ou douteuses 17
3.3 Statistiques de contrôle et descriptives de la mesure 19
3.3.1 Statistiques de contrôle de la mesure 19
3.3.2 Statistiques descriptives du vent mesuré 22
3.3.2.1 Vent moyen horizontal à 100 m du LiDAR 22
3.3.2.2 Distributions 24
3.3.2.3 Variation diurne de la force du vent horizontal (données horaires) 25
3.3.2.4 Variation mensuelle de la force du vent horizontal (données horaires) 26
3.3.2.5 Roses des vents (données horaires) 29
3.3.2.6 Profils verticaux de vent (données horaires) 30
3.3.2.7 Cisaillement du vent (données 10 minutes) 31
3.3.2.8 Analyse des risques de turbulence atmosphérique à 100 m 33
3.3.2.9 Séries horaires FF et FXI à 100 m 34
4 Analyse des données de vent mesuré par l'anémomètre 35
5 Conclusions 37
Annexes 38

Liste des illustrations

Illustration 1 : Situation géographique de Barfleur (source www.geoportail.gouv.fr) 2
Illustration 2 : Roses des vents annuelle et saisonnières de la station de Gonneville (50) 3
Illustration 3 : Carte marine du large de Barfleur (source portail Data - SHOM) 4
Illustration 4 : Emplacement de la bouée de la zone d'étude de l'AO4 (source openStreetMap) 4
Illustration 5 : Photo de la plateforme de mesure 5
Illustration 6 : Photo du modèle de LiDAR utilisé pour la campagne de mesure 6
Illustration 7 : Localisation des points AROME les plus proches du LiDAR (source OpenStreetMap) 8
Illustration 8 : Exemple de tableau mensuel de disponibilité des données 13
Illustration 9 : Monitoring des données 10 minutes sur les 11 niveaux de mesure (à gauche) et comparaison avec le modèle à 100 m (à droite). 15
Illustration 10 : Monitoring des erreurs de forces (courbe bleue) et de directions (courbe rouge) pour le mois de janvier 2024. 16
Illustration 11 : Comparaisons des forces (à gauche) et des directions (à droite) du LiDAR avec le modèle 19
llustration 12 : Diagramme « quantile-quantile » du LiDAR 20
Illustration 13 : Répartitions des écarts de directions du LiDAR en fonction de l'heure (à gauche) et de la direction (à droite) 20
Illustration 14 : Dépassements des seuils de force (à gauche) et de direction (à droite) du vent du LiDAR 21
Illustration 15 : Distributions des vents horaires du LiDAR sur l'intégralité de la campagne de mesure. 24
Illustration 16 : Répartitions horaires des forces du vent du LiDAR 25
Illustration 17 : Répartitions mensuelles des forces du vent du LiDAR ; la largeur des boîtes à moustaches est fonction du nombre de données 26
Illustration 18 : Roses des vents observés (à gauche) et modélisés (à droite) du LiDAR 29
Illustration 19 : Profils de vents avec quantiles du LiDAR 30
Illustration 20 : Cisaillement des vents observés (à gauche) et modélisés (à droite) du LiDAR 31
Illustration 21 : Exposant du cisaillement de vent du LiDAR 32
Illustration 22 : Turbulence du LiDAR 33
Illustration 23 : Séries FF et FXI à 100 m du LiDAR (16/12/2021 au 30/04/2024) 34
Illustration 24 : Comparaisons des forces (à gauche) et des directions (à droite) de l'anémomètre avec le modèle 35
Illustration 25 : Distribution des vents horaires de l'anémomètre (à gauche) et diagramme « quantile-quantile » (à droite) 36
Illustration 26 : Roses des vents observés (à gauche) et modélisés (à droite) de l'anémomètre 36

Liste des tableaux

Tableau 1 : Taux de présence (en %) des données (DD,FF) 10 minutes du LiDAR. Les cases colorées en vert ou rouge mettent respectivement en avant la validité ou l'invalidité par rapport aux deux KPI. 14
Tableau 2 : Récapitulatif des problèmes techniques rencontrés sur le LiDAR 18
Tableau 3 : Classes de vitesses par mois. Taux « brut » (en italique) et « reconstitué » (en gras) du LiDAR 23
Tableau 4 : Statistiques 1991-2020 (en gras, en %) et valeurs (en italique, en %) des forces de vent de la station de Gonneville ; surlignages rouge et bleu : excédent et déficit de plus de 5 % par rapport à la normale 28
Tableau 5: Valeurs théoriques de l'exposant α en fonction de la nature du terrain (source http://eolienne.f4jr.org/vent) 32

Glossaire

Abréviation	Signification
LiDAR	« Light Detection And Ranging ». Instrument de télédétection par laser.
OLidar	Données d'observation au point LiDAR
MLidar	Données modèle au point LiDAR
FF	Vent moyenné sur 10 minutes (en m/s et 1/10)
DD	Direction du vent moyenné sur 10 minutes (en °)
FXI	Maximum du vent instantané sur 10 minutes, également nommé rafale (en m/s)

1 Contexte

La Direction Générale de l'Énergie et du Climat (DGEC) a sollicité Météo-France pour la réalisation d'études de vent dans la zone de l'AO4 au large de Barfleur (*cf.* Illustration 1). Le but est d'identifier et de lever les risques susceptibles de se présenter dans la zone retenue comme favorable au développement de l'éolien off-shore.

Une première campagne de mesure dans le cadre du « Lot 4 » a été menée du 10 novembre 2020 au 15 décembre 2021. Les mesures de vent ont été effectuées à partir d'un appareil de type LiDAR pour différentes hauteurs d'intérêt dont la hauteur 100 m revêtant un caractère important pour la production éolienne.

Cette campagne a fait l'objet d'un rapport de suivi et de contrôle de la mesure ainsi que d'un livrable de données (*cf.* Documents de référence antérieurs).

A l'issue de cette première phase, une extension de deux ans de la campagne de mesure en mer a été commandée par la DGEC à Météo-France, dans le cadre du « Lot 6a ». Le présent rapport traite des 24 mois de mesures de cette extension. Celle-ci a débuté officiellement à compter du 16 décembre 2021 et s'est terminée le 30 avril 2024.

1.1 Zone d'étude

Le futur parc éolien se situe sur une zone au large de la pointe de Barfleur, à l'extrémité nord-est du Cotentin.



Illustration 1 : Situation géographique de Barfleur (source www.geoportail.gouv.fr)

La zone de l'AO4 Normandie est caractérisée d'un point de vue météorologique par :

- un rapide flux d'ouest-sud-ouest généré par la circulation de nombreuses dépressions sur l'Atlantique Nord. Les tempêtes hivernales y sont fréquentes ;
- un flux modéré d'est-nord-est se mettant en place lors de l'établissement d'un anticyclone puissant sur les îles britanniques ou la Scandinavie. Cette situation peut être observée en toute saison ;
- l'absence d'impact du continent par effet de brise du fait de la distance importante entre la zone d'étude et les côtes de la Manche.

La géographie physique de la zone et la distance à la côte libèrent cette zone de toute influence continentale. L'alternance de régimes d'ouest perturbés réguliers et de régimes anticycloniques d'est font de cette zone un secteur bien venté.

Météo-France dispose de deux stations de mesure, l'une au sémaphore de Barfleur (Gatteville-le-Phare), l'autre à Gonneville. Dans cette étude, nous retiendrons le poste de Gonneville qui est le plus représentatif de la zone d'étude, ceci malgré le fait que ce soit un point dans les terres.

Le point de mesure du Gonneville se trouve à 134 mètres d'altitude, sur l'aéroport de Maupertus près de Cherbourg. Cette station nous permet d'avoir une information sur le vent dans le secteur de la zone d'étude.

Par ailleurs, Météo-France dispose d'un Centre spécialisé Marine & Offshore à Brest au sein duquel travaillent des experts de la prévision et de la climatologie dans le milieu maritime. Il se dégage de leur expertise terrain, les caractéristiques suivantes pour le vent à Gonneville observé sur la période 2001-2020 :

- les périodes de vent calme (< 1,5m/s) sont relativement rares sur l'année (de 3,7 % à 5,6 %). L'allure générale de la rose annuelle indique une prédominance des vents des secteurs ouest-sud-ouest et est-nord-est avec, cependant, une décomposition saisonnière comme suit : prédominance des vents de sud à ouest en hiver et en automne, un renforcement de la présence de nord-ouest au printemps et en été ;
- les vents les plus forts viennent du secteur ouest-sud-ouest au printemps et en été, du secteur sud à ouest en automne et en hiver ; leur intensité est bien plus notable en hiver et plus faible en été ;
- les vents de nord-ouest sont fréquents au printemps et en été sans être forts, ceux des secteurs nord et sud-est sont rares toute l'année, voire très rares au printemps et en été ;
- si les vents les plus forts sont observés venant du secteur sud à ouest, leur force peut également être soutenue quand ils soufflent du nord-est.

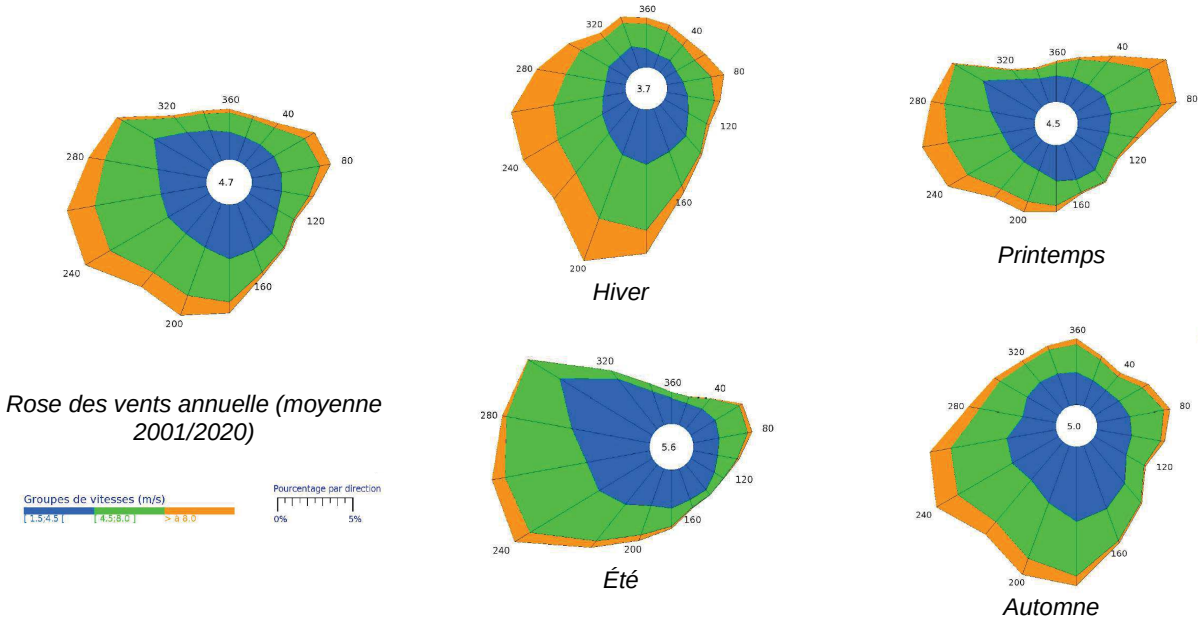


Illustration 2 : Roses des vents annuelle et saisonnières de la station de Gonneville (50)

D'un point de vue de la géographie marine, la zone d'étude se situe au niveau du plateau continental de faible pente vers le large et d'une profondeur variant entre 50 et 100 mètres. Les fonds sont réguliers.

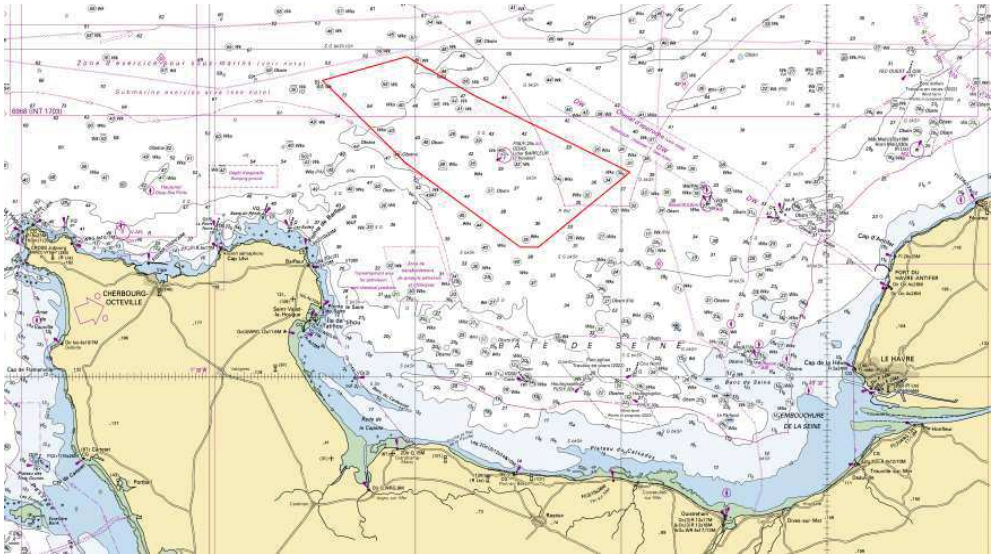


Illustration 3 : Carte marine du large de Barfleur (source portail Data - SHOM)

Afin d'assurer l'acquisition et le suivi des mesures sur site, Météo-France a retenu un prestataire assurant la fourniture de données relatives à l'observation du vent en mer au moyen d'un système flottant équipé de plusieurs capteurs atmosphériques (dont un LiDAR) et de capteurs océaniques. La campagne de mesures est réalisée à proximité du point de coordonnées WGS84 Lon : -0,790° Lat : 49,839°. Les coordonnées exactes du point de mesure sont disponibles dans les données brutes produites. La bouée a un rayon théorique maximal de 80 m de déplacement autour de son point d'ancrage.

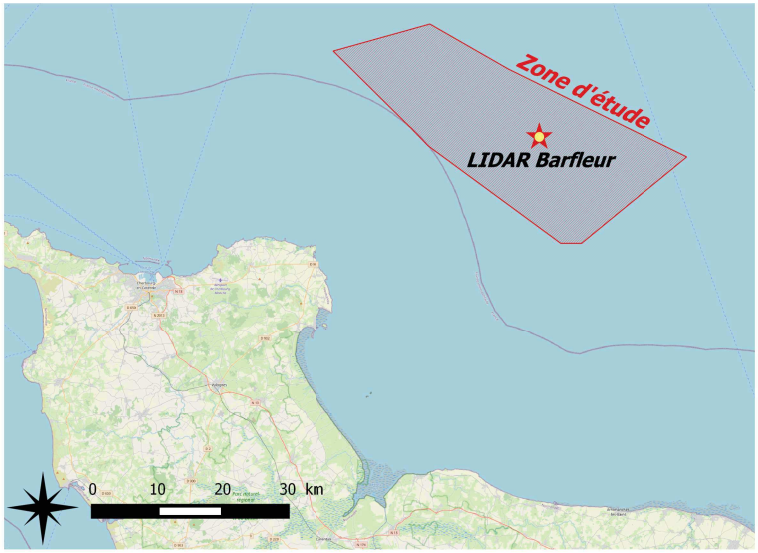


Illustration 4 : Emplacement de la bouée de la zone d'étude de l'AO4 (source openStreetMap)

1.2 Descriptif de la solution retenue pour l'acquisition des mesures sur site

Cette section décrit plus précisément les équipements déployés aux points de mesure.

La solution retenue par Météo-France est une plateforme flottante permettant une complète autonomie offshore grâce aux énergies renouvelables (houle + soleil) et à une pile à combustible méthanol prenant le relai si besoin. La plateforme est d'une grande stabilité pour la précision de mesure de vent. Elle est supervisée et bénéficie des ressources techniques et humaines pour mener à bien l'ensemble des opérations nécessaires garantissant la meilleure disponibilité des données enregistrées.



Illustration 5 : Photo de la plateforme de mesure

La plateforme flottante embarque des instruments pour effectuer différentes mesures :

- de vent en altitude ;
- de paramètres atmosphériques au niveau de la plateforme (vent, température, pression, humidité) ;
- de paramètres océanographiques (états de mer, courants marins, hauteurs d'eau).

La mesure de vent en altitude est réalisée à l'aide d'un LiDAR de chez LEOSPHERE : Windcube V2 Offshore 8.66 pour bouée, modèle WLS866-4 (les caractéristiques techniques de l'appareil sont décrites dans le document « WindCube_WLS866_Specification.pdf » faisant partie du livrable dont Météo-France a la charge). Ce LiDAR envoie une impulsion laser infrarouge vers l'atmosphère. Quatre faisceaux sont envoyés successivement dans les quatre directions cardinales formant un cône de 28°. Un cinquième faisceau vertical permet de vérifier et préciser les mesures. Les impulsions laser sont rétrodiffusées par les particules (poussières, gouttes d'eau, aérosol…) circulant selon la vitesse du vent. Ces impulsions

permettent de calculer la vitesse et la direction du vent sur la base du décalage de leur longueur d'onde dû à l'effet Doppler. Ces mesures peuvent être réalisées sur 11 hauteurs différentes, de 40 à 200 mètres.

Dans le cadre de l'acquisition et du suivi de la mesure durant cette campagne, les hauteurs considérées sont les suivantes : 40, 50, 60, 80, 100, 120, 140, 150, 160, 180 et 200 m.



Illustration 6 : Photo du modèle de LiDAR utilisé pour la campagne de mesure

Le système a été conçu pour fonctionner dans des conditions de mer difficiles. Les limites de performance du LiDAR en termes de correction du mouvement sont d'une inclinaison maximale de +/- 25° (limite de la technologie développée par LEOSPHERE). Compte tenu de ses dimensions, les mesures de gîtes maximales observées sur la plateforme n'ont jamais dépassé 18° et garantissent donc une plage de fonctionnement optimale et complète du LiDAR.

Les paramètres atmosphériques au niveau de la bouée sont mesurés à l'aide d'une station météo multi-capteurs « MaxiMet GMX500 » (les caractéristiques techniques de l'appareil sont décrites dans le document « Maximet_GMX500_Specification.pdf »). La vitesse et la direction du vent sont en particulier mesurées par un anémomètre à ultrasons. A noter que la mesure de vent se fait au point le plus haut de la bouée (environ 4 m au-dessus du niveau de la mer) sans toutefois pouvoir être réalisée à 10m (norme de l'Organisation Mondiale de la Météorologie (OMM)[1]) : le haubanage d'un mat à vent n'étant techniquement pas réalisable sur la bouée sans interférer avec les faisceaux lidar. Le positionnement de l'anémomètre a donc été pensé pour obtenir le meilleur compromis entre la qualité des différentes mesures et les contraintes techniques.

Enfin, la plateforme est également équipée d'un houlographe (les caractéristiques techniques de l'appareil sont décrites dans le document « AANDERAA_Motus_Wave_Sensor_5729_Specification.pdf »), d'un courantomètre fournissant des informations à différents niveaux de profondeurs (caractéristiques techniques décrites dans le document « AANDERAA_DCPS_Specification.pdf ») et d'un profondimètre (caractéristiques techniques décrites dans le document « Echorange_Specification.pdf ». L'analyse de ces différents paramètres océanographiques fait l'objet d'un rapport spécifique rédigé par le Service hydrographique et océanographique de la Marine (SHOM).

1 Norme OMM pour le vent : le vent est mesuré à 10 m de hauteur pour s'affranchir en partie des effets de la rugosité du sol qui provoque des turbulences, ce qui peut se traduire par une forte variabilité en termes de vitesse et de direction

2 Méthodologie appliquée

Ce chapitre expose la méthodologie utilisée par Météo-France pour établir les éléments du suivi et contrôle des données fournies par le LiDAR.

Météo-France réalise un contrôle approfondi des données fournies par le LiDAR avec :

- un suivi au fil de l'eau de la disponibilité des données,
- un contrôle consistant à vérifier les valeurs mesurées au regard de données fournies par des sites voisins ou par le modèle météorologique AROME (au pas de temps horaire) de Météo-France.

A l'issue de ce contrôle approfondi, Météo-France délivrera un code qualité associé aux données fournies par le LiDAR.

Afin de pouvoir valider les données fournies par le LiDAR, Météo-France s'appuiera sur son modèle météorologique à maille fine AROME qui dispose des hauteurs suivantes en termes de données de vent moyen assimilées : 10, 20, 50, 75, 100, 150 et 200 m. Ces données assimilées, disponibles au pas de temps horaire, sont la meilleure représentation par le modèle de l'état de l'atmosphère à un instant donné, car elles combinent une prévision récente (qui donne une première ébauche du vent qu'il fait) avec toutes les observations du même instant. C'est à partir de cet état initial optimisé que le modèle va calculer l'évolution des paramètres météorologiques sur la grille en 3D qui représente l'atmosphère, en s'appuyant sur les lois physiques qui régissent son comportement.

Météo-France ne fournira pas d'estimation du vent maximal (rafale) car ce paramètre n'est pas directement disponible, hormis pour la hauteur 10 m.

Nous allons décrire dans un premier temps les différents types de données LiDAR, puis une présentation des outils statistiques sera effectuée. Une description des données du modèle de prévision numérique AROME est disponible dans [Chatel et al., V1, 2021].

2.1 Type de données fournies par le LiDAR

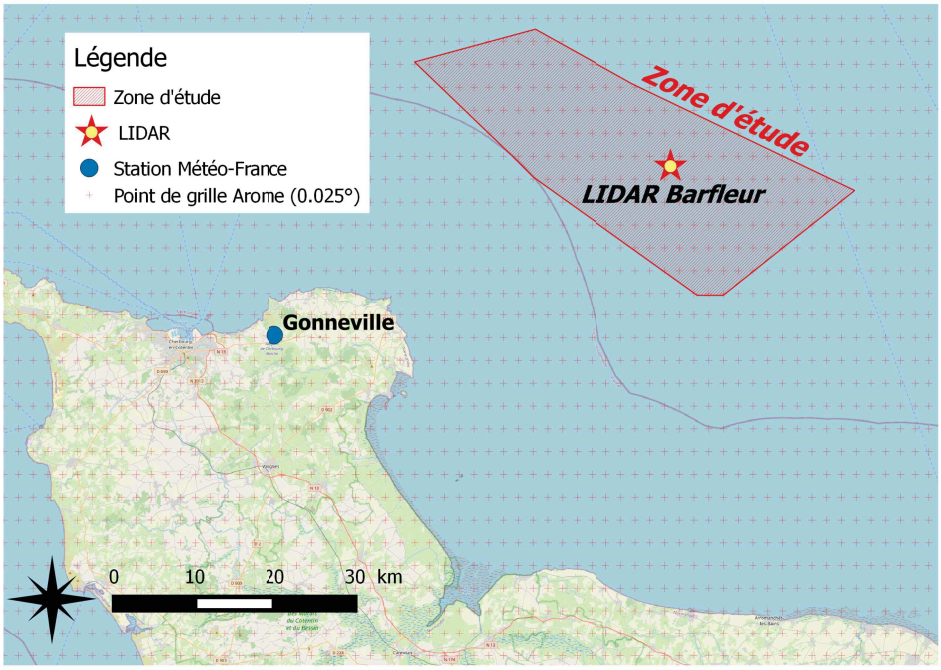


Illustration 7 : Localisation des points AROME les plus proches du LiDAR (source OpenStreetMap)

Pour chaque hauteur de mesures le LiDAR fournit, en heure UTC, deux types de données au format ASCII :

- Les données **reconstituées**
  - Données moyennées sur 10 minutes non corrigées (fichiers *.sta) et corrigées par la prise en compte du mouvement du LiDAR par rapport au nord magnétique (fichiers *lidar_{N}.csv). Ces données incluent :
    - Vitesse en m/s et direction du vent horizontal moyennées sur 10 minutes, minimum, maximum, et écart type,
    - Vitesse verticale en m/s du vent moyennée sur 10 minutes, minimum, maximum, écart type,

- Les données **brutes**
  - Données brutes 1 seconde, non corrigées du nord magnétique (fichiers *.rtd),
  - Données de cap du LiDAR (fichiers *trimble_{N}.csv).

Les autres données présentes dans ces trames sont :

- Nombre de mises en route automatiques du balai d'essuie-glace indiquant le nettoyage du capteur,
- Rapport signal sur bruit (CNR) du LiDAR : valeur minimale et moyenne (pour les données reconstituées et les données brutes). Cette mesure permet de quantifier la qualité du signal et de la mesure,
- Disponibilité des mesures des données reconstituées (data_availability) : cette valeur est donnée en pourcentage, et indique le taux de données brutes (les données au pas de temps de la seconde) utilisé pour l'élaboration de la donnée reconstituée (moyennée sur 10 minutes). Pour Météo-France, la donnée reconstituée est dite fiable lorsqu'au moins 30% des données brutes sont présentes. Les fichiers *.sta et *.csv présentent cette valeur permettant de juger directement de la fiabilité de la mesure.

A noter que la position (latitude, longitude) du LiDAR est disponible dans les fichiers de la station météo.

Pour plus de détail sur les formats de données, se référer à la notice du livrable des données brutes.

2.2 Les outils statistiques

Le contrôle et l'analyse des mesures de vent du LiDAR et de l'anémomètre ont été menés grâce à l'utilisation de statistiques descriptives permettant de rendre compte d'un volume relativement important de données.

2.2.1 Affectation d'un code qualité aux séries DD, FF et FXI

Afin de caractériser au mieux les mesures du vent à 100 m au regard de la modélisation AROME, des codes qualité ont été affectés aux paramètres DD, FF et FXI.

Dans la suite de l'étude, pour plus de facilité, ces paramètres seront notés :

- FF : Vent moyenné sur 10 minutes (en m/s et 1/10)
- DD : Direction du vent moyenné sur 10 minutes (en °)
- FXI : Maximum du vent instantané sur 10 minutes, également nommé rafale (en m/s)

Les paramètres FF et DD dits « horaires » correspondent aux valeurs calculées sur les 10 dernières minutes précédant l'heure ronde. Le paramètre FXI « horaire » correspond au maximum des FXI de l'heure.

À noter que le paramètre DXI (direction du vent instantané) n'est pas traité. C'est un paramètre non mesuré par le LiDAR et non disponible via le modèle AROME de Météo-France.

2.2.1.1 Seuils de référence

L'Organisation Météorologique Mondiale (OMM) est une institution spécialisée des Nations Unies dont un des principaux rôles est la standardisation des mesures météorologiques.

L'OMM a défini des seuils au-delà desquels une série mensuelle de valeurs quotidiennes observées est qualifiée de douteuse par rapport au modèle. Il faut au moins 20 observations quotidiennes dans le mois où les erreurs de forces et de directions suivent respectivement les conditions :

$$|FF_{observation} - FF_{modèle}| > 5\,m/s \quad \text{et} \quad |DD_{observation} - DD_{modèle}| > 50\,°$$

Au sein de Météo-France, la division COMPAS (COntrôle et Monitoring, Prévisibilité, Adaptation Statistique, Gestion des Cycles Opérationnels et Support Informatique) a défini des critères plus stricts en considérant une période de seulement 15 jours. Pour que la série de données quotidiennes soit qualifiée de douteuse, il faut au moins 10 observations quotidiennes arrivées à temps dans le cycle d'assimilation du modèle où :

$$|FF_{observation} - FF_{modèle}| > 4\,m/s \quad \text{et} \quad |DD_{observation} - DD_{modèle}| > 30\,°$$

2.2.1.2 Adaptation des seuils à l'anémomètre et au LiDAR

Nous avons souhaité utiliser des critères plus ou moins semblables aux seuils de référence (*cf.* §2.2.1.1) afin de contrôler les données de l'anémomètre et du LiDAR. La problématique n'est pas tout à fait la même car ces données ne sont pas préalablement assimilées par le modèle.

Cependant, pour l'anémomètre, nous faisons le choix de considérer toutes les données horaires disponibles et **nous partons de l'hypothèse très stricte qu'une donnée horaire FF ou DD d'observation à 10 m est qualifiée de douteuse si respectivement :**

$$|FF_{observation} - FF_{modèle}| > 3\,m/s \quad \text{ou} \quad |DD_{observation} - DD_{modèle}| > 30\,°$$

Afin d'extrapoler la condition sur la force à la hauteur 100 m du LiDAR, nous nous appuyons sur notre expérience acquise lors de précédentes campagnes de mesures d'un appareil de type LiDAR auxquelles Météo-France a participé (*cf.* « Documents de référence antérieurs » mentionnés p3).

Une donnée horaire FF ou DD d'observation à 100 m sera donc qualifiée de douteuse si respectivement :

$$|FF_{observation} - FF_{modèle}| > 5\,m/s \quad \text{ou} \quad |DD_{observation} - DD_{modèle}| > 30\,°$$

2.2.1.3 Codes qualité

Dans un premier temps, pour toutes les hauteurs, on affecte automatiquement un code qualité à chaque donnée DD, FF et FXI du LiDAR.

- **'0'** : la donnée est manquante.
- **'1'** : la donnée est présente.

Séries DD, FF :

Afin de disposer de séries DD et FF horaires complètes au niveau 100 m, toute donnée manquante devra être estimée. Si le manque est ponctuel (une seule échéance manquante), on effectuera une simple moyenne des mesures précédente et suivante à laquelle on donnera le code qualité '2'. Pour des périodes plus importantes, on remplacera par les données du modèle AROME en donnant aux nouvelles valeurs, le code qualité '21'.

Pour une donnée dite douteuse (*cf.* §2.2.1.2), on affectera le code qualité '3'.

Après expertise, les séries DD et FF horaires du LiDAR à 100 m disposeront donc du code qualité suivant :

- **'1'** : la donnée est validée.
- **'2'** : la donnée est estimée par interpolation linéaire.
- **'21'** : la donnée est estimée par une donnée modèle.
- **'3'** : la donnée est douteuse (car elle s'écarte des seuils fixés).
- **'31'** : la donnée est douteuse car elle a un taux de validité inférieur à 30 %. Le taux de validité correspond au nombre de données secondes disponibles pour obtenir une valeur moyennée sur une période de 10 minutes (cf. §2.2.1). On affectera le code 3 si cette donnée s'écarte également des seuils fixés.
- **'99'** : la donnée est douteuse car elle ne peut pas être comparée avec le modèle (donnée modèle absente).

Chaque donnée de la série horaire de vent à 100 m est donc accompagnée de l'un des codes qualité présenté ci-dessus.

Série FXI :

La série FXI horaire à 100 m sera déterminée à partir du maximum des six données FXI 10 min. En cas de manque, les données FXI ne seront pas estimées. La série disposera du code qualité suivant :

- **'0'** : la donnée est absente (car toutes les données 10 min sont absentes).
- **'1'** : la donnée est présente (car toutes les données 10 min sont présentes).
- **'3'** : la donnée est douteuse (car au moins une des six données 10 min de l'heure précédente est absente).

On notera que le code qualité '3' douteux, ne prend pas le même sens que pour les séries DD et FF. Il signifie ici que la donnée est potentiellement sous-estimée.

Les codes qualités définis plus haut sont fournis dans les fichiers « SerieLidarH100_20211216-20240430.csv ».

2.2.2 Statistiques de contrôle de la mesure

Afin de contrôler la qualité des données du LiDAR, Météo-France effectue une comparaison des statistiques des données LiDAR avec le point le plus proche du modèle AROME.

Les statistiques étudiées sont maintenant décrites.

Sur un échantillon de taille N , afin de comparer les données d'observation O_i aux données modèle M_i , nous utilisons les scores couramment utilisés par COMPAS.

- **L'erreur moyenne, ou biais** caractérise l'erreur systématique du modèle :

$$Biais = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}(M_i - O_i)$$

  Plus il est proche de 0, plus le modèle est proche « en moyenne » des observations.

- **L'erreur quadratique moyenne** mesure la distance entre le modèle et la référence :

$$EQM = \sqrt{\frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}(M_i - O_i)^2}$$

  Plus elle est proche de 0, plus le modèle est proche de la référence.

- **L'écart-type** caractérise la précision du modèle :

$$ECT = \sqrt{\frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}(M_i - O_i)^2 - \left(\frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}(M_i - O_i)\right)^2}$$

  Plus il est proche de 0, meilleur est le modèle. À noter que les 3 scores précédemment définis vérifient l'équation suivante : $ECT^2 = EQM^2 - Biais^2$

- **Le coefficient de corrélation linéaire de Pearson** permettant de rendre compte de la relation linéaire qui lie les deux variables :

$$Cor = \frac{N\left(\sum_{i=1}^{N} M_i O_i\right) - \left(\sum_{i=1}^{N} M_i\right)\left(\sum_{i=1}^{N} O_i\right)}{\sqrt{\left[N\sum_{i=1}^{N} M_i^2 - \left(\sum_{i=1}^{N} M_i\right)^2\right]\left[N\sum_{i=1}^{N} O_i^2 - \left(\sum_{i=1}^{N} O_i\right)^2\right]}}$$

  Plus il est proche de 1, meilleure est la corrélation.

3 Analyse des données de vent mesuré par le LiDAR

Les différentes statistiques traitées dans cette partie se font uniquement à partir des données réellement mesurées par le LiDAR **(excepté lorsqu'il en est fait mention, les données estimées ne sont pas prises en compte)**. Les heures sont toujours exprimées en UTC.

Dans la suite du rapport, afin de faciliter la dénomination des données, nous utiliserons le code suivant :

- OLidar : Données d'observation au point Lidar
- MLidar : Données modèle au point de grille le plus proche du lidar

3.1 Suivi des données

3.1.1 Disponibilité des données brutes

Nous ne présentons dans ce rapport que le contrôle des séries FF et DD moyennées sur 10 minutes, représentatives, d'un point de vue météorologique, du vent « moyen ». La série de vent instantané FXI fait l'objet d'un simple contrôle de présence des données et n'est donc pas monitorée de façon approfondie.

Dans le cadre de la comparaison avec le modèle au pas de temps horaire, nous nous intéresserons plus particulièrement à la série des 10 dernières minutes de l'heure, représentative du vent moyen horaire.

La présence des données du LiDAR est rapidement vérifiée aux différents niveaux à l'aide de tableaux mensuels indiquant le nombre de données 10 minutes disponibles par heure (*cf.* Illustration 8). Une donnée absente (force et/ou direction) sur les 10 minutes précédant l'heure ronde est signalée par un astérisque. Pour le niveau 100 m, elle devra faire l'objet d'une estimation.

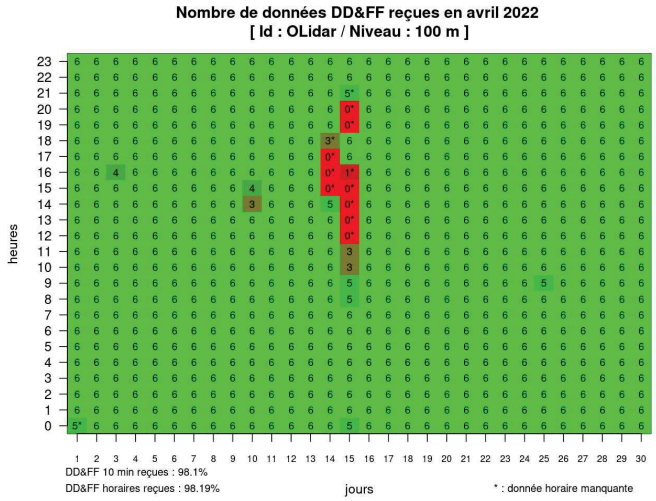


Illustration 8 : Exemple de tableau mensuel de disponibilité des données

Le taux de présence des données du LiDAR décroît naturellement légèrement avec l'altitude, les nuages bas créant un obstacle à la mesure. Il reste cependant encore très bon à 200 m, où l'on comptabilise en moyenne moins de 5 % de données manquantes (*cf*. Tableau 1).
Pour le suivi de la campagne de mesure, nous utilisons les seuils préconisés par le « Carbon Trust ».
Deux taux (« Key Performance Indicators » ou KPI) sont particulièrement surveillés :

- « KPI mensuel » : le taux mensuel de disponibilité des données aux niveaux 60, 100 et 160 m doit être supérieur à 80 %.
- « KPI global » : le taux de disponibilité sur l'ensemble de la campagne pour les niveaux 60, 100 et 160m doit être supérieur à 85 %.

En raison d'une panne sur le LiDAR, la campagne de mesures a dû être écourtée de 15 jours. L'objectif n'a donc pas été atteint sur les 24 mois attendus mais sur une période de 23 mois et 16 jours. En considérant cette période, le taux de disponibilité global est supérieur au taux de 85 % de données attendu sur les trois niveaux 60, 100 et 160 m. Les taux de disponibilité mensuels sont respectés sur 23 mois entiers.

		40 m	50 m	60 m	80 m	100 m	120 m	140 m	150 m	160 m	180 m	200 m	MOY (60,100 et 160m)
2021	12 (16j)	99,87	99,87	99,87	99,87	99,87	99,87	99,74	99,61	99,48	99,18	98,74	**99,74**
2022	1	99,96	99,96	99,96	99,96	99,96	99,96	99,78	99,64	99,48	98,68	97,36	**99,80**
	2	95,73	95,73	95,73	95,73	95,73	95,73	95,73	95,68	95,66	95,54	95,19	**95,71**
	3	69,35	69,35	69,35	69,35	69,35	69,31	69,22	69,13	69,02	68,79	68,19	**69,24**
	4	97,41	97,41	97,50	97,99	98,10	97,78	96,92	96,32	95,76	94,35	92,96	**97,12**
	5	99,98	99,98	99,98	99,98	99,98	99,89	99,84	99,82	99,75	99,46	98,70	**99,90**
	6	98,43	98,43	98,40	98,43	98,43	98,33	97,62	97,27	97,08	96,92	96,55	**97,97**
	7	99,42	99,48	99,66	99,60	99,62	99,48	98,95	98,88	98,61	97,58	95,81	**99,30**
	8	99,73	99,71	99,71	99,64	99,66	99,48	99,08	98,81	98,63	97,78	96,77	**99,34**
	9	87,06	87,25	87,43	87,78	87,87	87,85	87,80	87,73	87,64	87,01	85,79	**87,65**
	10	87,28	87,30	87,30	87,23	87,12	86,98	86,60	86,54	86,38	85,98	85,84	**86,93**
	11	93,68	93,68	93,68	93,68	93,68	93,66	93,63	93,56	93,54	93,38	93,29	**93,63**
	12	86,63	86,60	86,60	86,63	86,60	86,56	86,47	86,49	86,45	86,38	86,27	**86,55**
2023	1	9,79	11	12,28	15,21	16,96	17,16	15,99	15,26	13,66	11,45	9,27	**14,30**
	2	78,72	78,77	78,82	78,84	78,87	78,84	78,60	78,37	78,05	77,75	77,13	**78,58**
	3	99,93	99,93	99,93	99,93	99,93	99,93	99,91	99,91	99,89	99,84	99,71	**99,92**
	4	99,91	99,91	99,91	99,88	99,91	99,91	99,91	99,88	99,68	99,31	99	**99,83**
	5	99,96	99,96	99,96	99,96	99,91	99,60	99,01	98,79	98,52	97,98	97,58	**99,46**
	6	94,10	94,10	94,10	94,03	93,98	93,52	92,62	91,99	91,67	90,81	90,19	**93,25**
	7	99,80	99,82	99,84	99,87	99,87	99,87	99,87	99,87	99,84	99,82	99,46	**99,85**
	8	99,80	99,80	99,80	99,78	99,73	99,64	99,42	99,24	99,10	98,90	98,10	**99,54**
	9	99,79	99,79	99,79	99,79	99,77	99,70	99,65	99,58	99,49	99,35	98,75	**99,68**
	10	96,57	96,57	96,57	96,57	96,57	96,57	96,57	96,57	96,57	96,55	96,53	**96,57**
	11	39,03	39,03	39,03	39,03	39,03	39,03	39,03	39	39,03	39,03	39,03	**39,03**
	12	48,30	48,30	48,30	48,30	48,30	48,30	48,30	48,30	48,30	48,30	48,30	**48,30**
2024	1	98,75	98,75	98,75	98,75	98,75	98,75	98,72	98,57	98,41	97,92	97,49	**98,63**
	2	90,33	90,33	90,33	90,33	90,33	90,33	90,33	90,28	90,25	90,11	89,39	**90,30**
	3	99,87	99,87	99,87	99,87	99,87	99,80	99,57	99,31	99,17	98,97	98,70	**99,63**
	4	99,86	99,86	99,86	99,86	99,86	99,86	99,81	99,84	99,65	99,14	98,59	**99,79**
MOY (867j)		**88,38**	**88,44**	**88,50**	**88,63**	**88,69**	**88,62**	**88,38**	**88,22**	**88,03**	**87,60**	**86,99**	**88,41**

Tableau 1 : Taux de présence (en %) des données (DD,FF) 10 minutes du LiDAR. Les cases colorées en vert ou rouge mettent respectivement en avant la validité ou l'invalidité par rapport aux deux KPI.

3.1.2 Monitoring des données FF brutes

Un suivi de l'ensemble des données du LiDAR et du modèle a été effectuée au fil de l'eau grâce à la production de graphiques de monitoring. Ils permettent de rapidement vérifier la cohérence des données avec la situation synoptique.

Les graphiques ci-dessous présentent, en exemple, les relevés du vent moyen du LiDAR. Ils montrent le passage de la tempête « Ciarán » le 2 novembre 2023. Au plus fort de la tempête, le LiDAR enregistre à 6h pour le niveau 100 m, un premier pic de vent moyen à 31 m/s. Ce qui est tout à fait cohérent avec le modèle AROME. A 9h, un second pic de vent plus fort est enregistré par le LiDAR à 33 m/s. Mais il est cette fois sous-estimé par le modèle.

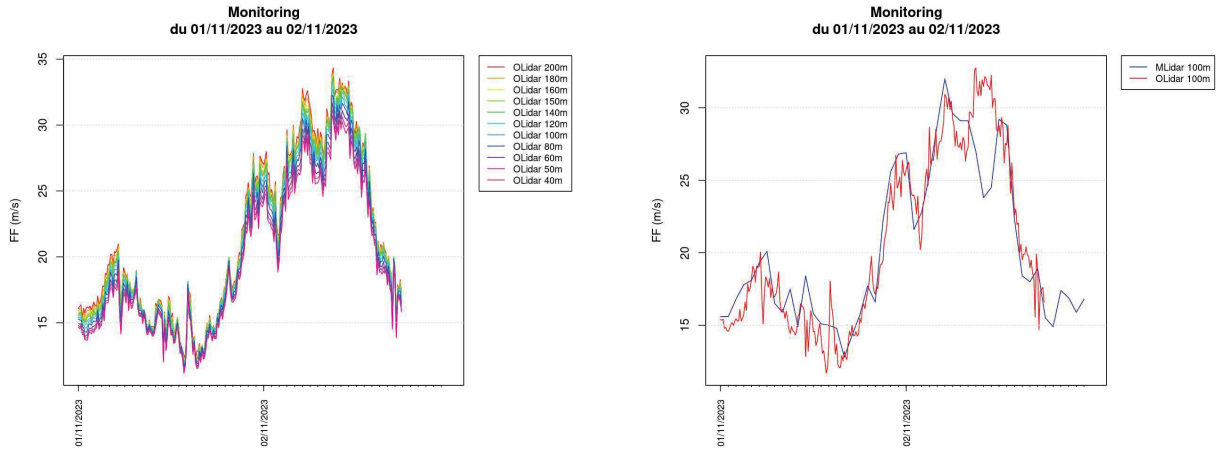


Illustration 9 : Monitoring des données 10 minutes sur les 11 niveaux de mesure (à gauche) et comparaison avec le modèle à 100 m (à droite).

3.1.3 Monitoring des erreurs

Les précédentes campagnes de mesures d'un appareil de type LiDAR auxquelles Météo-France a participé ont montré que le LiDAR et le modèle AROME ne représentent pas de façon très fiable les faibles forces de vent (valeurs inférieures à 3 m/s). Dans la suite de l'étude, nous ne travaillerons donc que sur les forces supérieures ou égales à 3 m/s (à la fois pour les données modèle et les données d'observation).

Nous effectuons un suivi mensuel des moyennes glissantes sur 24 heures, des erreurs sur les forces FF et les directions DD afin de déceler d'éventuelles dérives. Les résultats restent souvent en dessous de 2 m/s et de 20°, et sont donc très inférieurs aux seuils fixés. L'exemple du mois de janvier 2024 est illustré ci-dessous (*cf.* Illustration 10). Les biais de direction de vent observés autour du 16 janvier, avec des écarts jusqu'à 25 à 30°, peuvent s'expliquer par des situations de cols barométriques et des conditions anticycloniques à faible gradient de pression, favorisant des vents faibles, souvent très variables en direction.

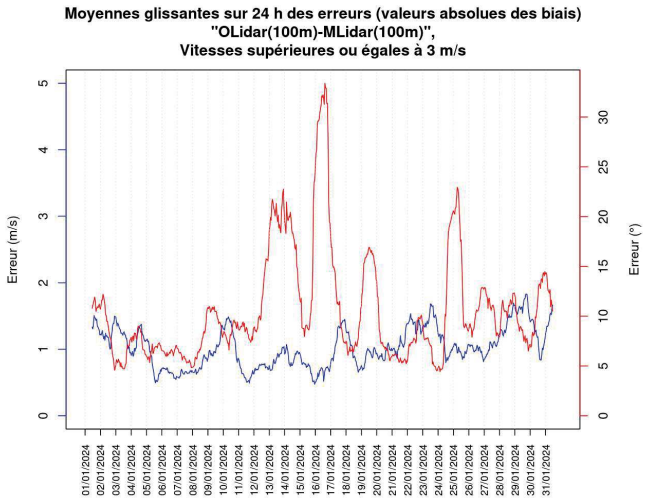


Illustration 10 : Monitoring des erreurs de forces (courbe bleue) et de directions (courbe rouge) pour le mois de janvier 2024.

3.2 Retour sur des cas de données manquantes ou douteuses

Le LiDAR fournit naturellement moins de données d'observations lorsque l'altitude augmente, les nuages bas créant un obstacle à la mesure.

Dans le cadre de notre étude nous effectuons un suivi plus précis des données qui posent problème et de leur cause (technique ou météorologique), pour les niveaux inférieurs à 100 m.

	Incidents techniques impactant la mesure du LiDAR
Décembre 2021	Début de la campagne du Lot6 à compter du 16/12.
Janvier 2022	RAS
Février 2022	Manques ponctuels le 15/02 de 0h à 3h, le 16/02 de 0 à 5h. Puis période manquante du 24/02 à 12h au 25/12 à 5h.
Mars 2022	Du 20/03 au 28/03, les données ont été perdues en raison de la saturation du disque dur (défaut sur le datalogger).
Avril 2022	Manques ponctuels les 14/04 et 15/04.
Mai 2022	RAS
Juin 2022	Données manquantes du 29/06 à 17h10 au 30/06 à 5h (défaut sur le datalogger.)
Juillet 2022	RAS
Août 2022	RAS
Septembre 2022	Données manquantes du 10/09 à 3h au 12/09 à 10h. Puis 17/09 à 16h au 18/09 à 23h50.
Octobre 2022	Plusieurs périodes de manques du 16/10 au 19/10 puis du 27/10 à 17h40 au 28/10 à 23h50.
Novembre 2022	Données manquantes du 01/11 à 7h au 02/11 à 23h50 puis ponctuellement le 30/11 de 6h à 11h30 (défaut sur le datalogger).
Décembre 2022	La bouée à court de méthanol ne fonctionne que grâce aux panneaux solaires : Données manquantes à partir du 27/12 à 20h30.
Janvier 2023	Données absentes du 1er au 22/01 en raison d'une panne d'alimentation électrique de la bouée. Fonctionnement partiel suite à une maintenance le 22/01.
Février 2023	Opération de maintenance nécessitant de ramener la bouée à quai (remplacement de la laserchain) : Données absentes du 04/02 à 12h au 10/02 à 8h00.
Mars 2023	RAS
Avril 2023	RAS
Mai 2023	RAS
Juin 2023	Données manquantes du 21/06 à 18h au 23/06 à 5h50 (fichiers de mouvement non disponibles).
Juillet 2023	RAS
Août 2023	RAS
Septembre 2023	RAS
Octobre 2023	Données manquantes le 30/10 (fichiers de mouvement non disponibles).

Novembre 2023	Plages de données manquantes du 02/11 au 13/11 puis du 18/11 au 24/11 en raison de problèmes sur la pile à combustible. Une opération de maintenance initialement prévue le 29/11 a dû être reportée du fait des conditions météorologiques. L'alimentation des capteurs a volontairement été arrêtée à partir du 30/11 afin de privilégier la recharge des batteries.
Décembre 2023	Du 1er au 16, l'alimentation des capteurs reste coupée afin de privilégier la recharge des batteries. Une opération de maintenance a lieu le 16/12 pour remettre en service la bouée. Celle-ci est écourtée par l'armateur et l'équipe de maintenance du fait des conditions météorologiques.
Janvier 2024	RAS
Février 2024	La bouée présente toujours un dysfonctionnement depuis le remplacement de la pile à combustible le 16/12/2023, le niveau des cartouches de méthanol apparaît comme vide. Des problèmes de tension ont engendré des coupures temporaires. L'arrêt manuel du Lidar et la mise en place d'un script de secours a été effectué pour faire un reset automatique des bidons et la relance de la PAC. Arrêts intempestifs du Lidar les 6, 11, 12, 13 et 14 février.
Mars 2024	Une maintenance a été réalisée le 06/03 pour supprimer les deux splitters en remplaçant les 4 bidons de méthanol M28 par 2 bidons de M60 directement connectés à la PAC. L'intervention n'a pas causé de données manquantes.
Avril 2024	**Choix délibéré de terminer la campagne le 30/04.** En effet, malgré une maintenance qui sera réalisée le 07/05, les données ne seront plus reçues à compter du 14/05. Le LiDAR en fonctionnement depuis le 10/11/2020 semble désormais hors service. Le remplacement de la bouée n'a raisonnablement pas pu être envisagé pour un seul mois de campagne.

Tableau 2 : Récapitulatif des problèmes techniques rencontrés sur le LiDAR

L'analyse de plusieurs situations météorologiques ayant pu impacter les mesures horaires du LiDAR figurent dans les annexes 2, 3 et 4.

3.3 Statistiques de contrôle et descriptives de la mesure

3.3.1 Statistiques de contrôle de la mesure

Dans cette partie, nous réalisons la comparaison des mesures horaires du LiDAR avec le point de grille le plus proche du modèle AROME.

Moins de 4 % des valeurs enregistrées par le LiDAR sortent des seuils fixés, à savoir un écart de force de vent supérieur à 5 m/s et/ou un écart de direction supérieur à 30° (*cf.* Illustration 11). L'essentiel des dépassements de seuil concerne le critère de direction pour des forces inférieures à 10 m/s.

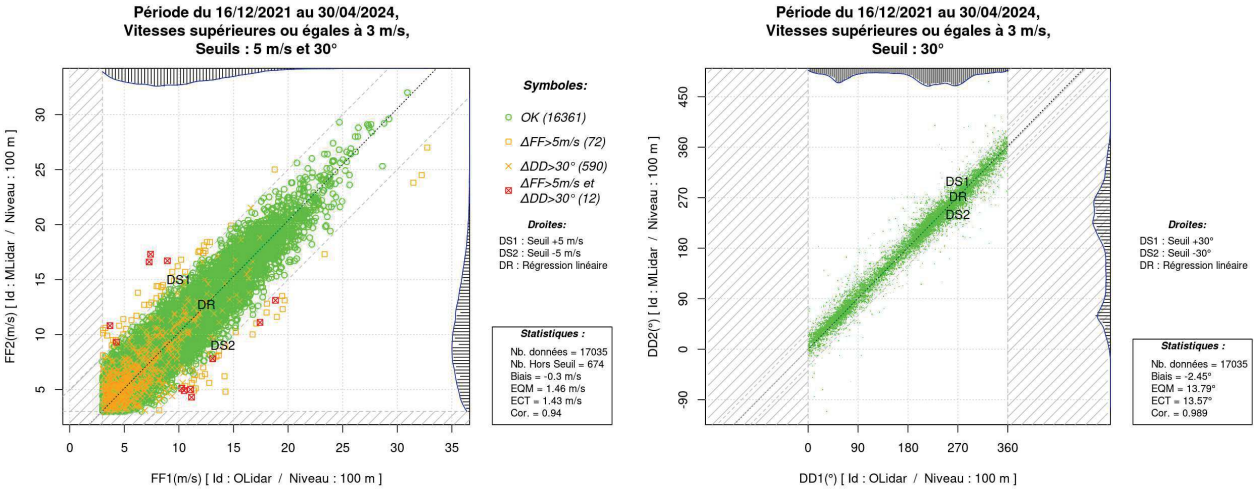


Illustration 11 : Comparaisons des forces (à gauche) et des directions (à droite) du LiDAR avec le modèle

Le diagramme « quantile-quantile » des forces de vent du LiDAR ci-dessous présente des points alignés de manière satisfaisante sur la première bissectrice.

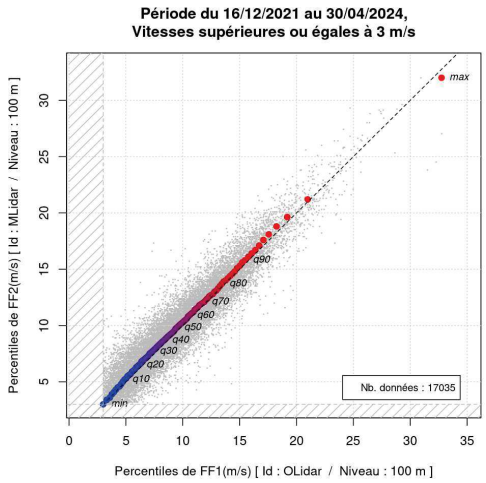


Illustration 12 : Diagramme « quantile-quantile » du LiDAR

Quelle que soit l'heure, l'observation présente un faible biais sur les directions, de moins de 4° par rapport au modèle. Suivant la direction considérée, on note un biais plus marqué pour les directions de composante est (de 3 à 5°) et plus faible pour les secteurs ouest à nord-ouest (moins de 1°) (*cf.* Illustration 13).

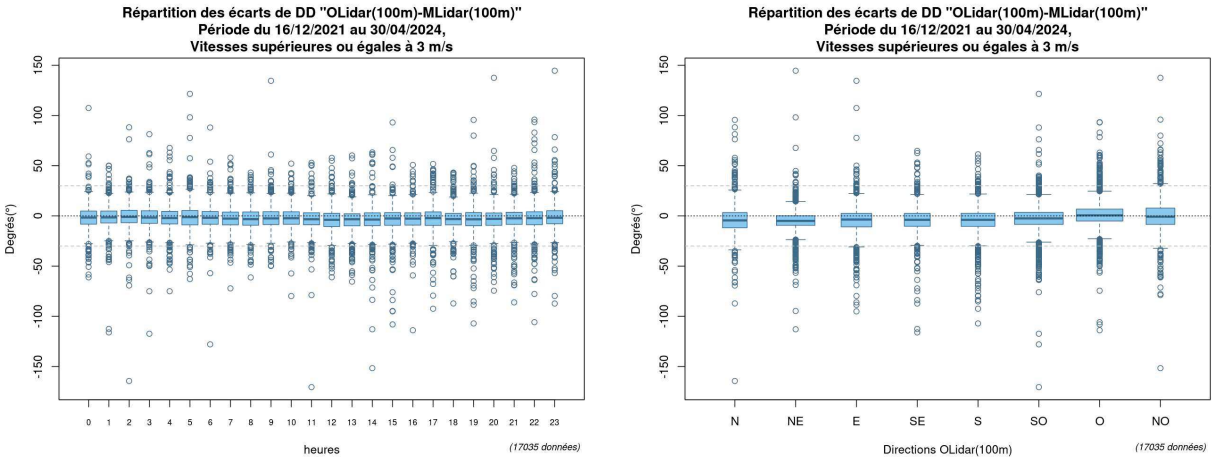


Illustration 13 : Répartitions des écarts de directions du LiDAR en fonction de l'heure (à gauche) et de la direction (à droite)

Les dépassements du seuil de qualité pour la vitesse concernent globalement tous les secteurs de vent mais leur nombre reste très faible. Ils représentent moins de 0,9 % des cas suivant les directions (*cf.* Illustration 14 à gauche).

Pour la quasi-totalité des gammes de forces supérieures à 5 m/s, on enregistre des dépassements du seuil de direction dans moins de 5 % des cas (*cf*. Illustration 14 à droite). Au-dessus de chaque histogramme de cette illustration sont indiqués deux nombres : le nombre de cas franchissant le seuil pour la gamme de force de vent indiquée en abscisse, puis en dessous le nombre total de mesures pour cette même force de vent.

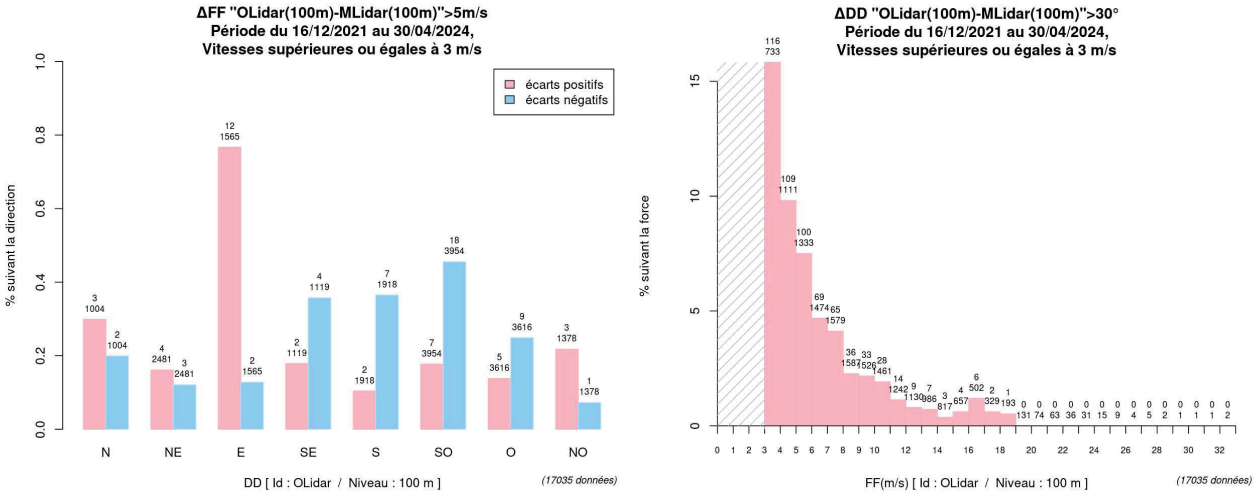


Illustration 14 : Dépassements des seuils de force (à gauche) et de direction (à droite) du vent du LiDAR

3.3.2 Statistiques descriptives du vent mesuré

En préambule, afin de se faire une idée plus précise des conditions météorologiques rencontrées durant les 24 mois de mesure, on rappelle qu'une description détaillée de la climatologie saisonnière de la zone figure en annexe 1.

3.3.2.1 Vent moyen horizontal à 100 m du LiDAR

Dans le tableau qui suit, le taux « brut » correspond à l'ensemble des données 10 minutes du LiDAR et le taux « reconstitué », aux données horaires de la série reconstituée.

Pour la plupart des classes de vitesse, les taux bruts et reconstitués ne diffèrent que de 1 à 2 %. Toutefois, certains mois, des différences plus sensibles apparaissent. Notamment en octobre, novembre et décembre 2022, en janvier 2023 puis en novembre et décembre 2023. Ces différences s'expliquent par les données LiDAR manquantes constatées au cours de ces mois.

Année	Mois	Nombre de cas	0 à 3 m/s	3 à 5 m/s	5 à 10 m/s	10 à 15 m/s	15 à 20 m/s	20 à 25 m/s	25 à 30 m/s	30 à 35 m/s
2021	Décembre	*2303*	*0.2%*	*4.8%*	*43.9%*	*39.8%*	*9%*	*2.2%*	.	.
		384	**0.3%**	**4.9%**	**44%**	**39.6%**	**9.4%**	**1.8%**	**.**	**.**
2022	Janvier	*4462*	*8.7%*	*18.5%*	*39.8%*	*24.5%*	*8%*	*0.6%*	.	.
		744	**8.1%**	**19.8%**	**39.2%**	**24.1%**	**8.3%**	**0.5%**	**.**	**.**
	Février	*3861*	*1.8%*	*4.1%*	*29.3%*	*36.1%*	*19.1%*	*8.9%*	*0.8%*	.
		672	**1.8%**	**3.6%**	**28.3%**	**36.6%**	**20.7%**	**8.3%**	**0.7%**	**.**
	Mars	*3163*	*1.2%*	*8.7%*	*38.5%*	*42.4%*	*9.2%*	.	.	.
		744	**0.9%**	**7.5%**	**41%**	**43.5%**	**7%**	**.**	**.**	**.**
	Avril	*4239*	*5.3%*	*10.2%*	*38.5%*	*35.6%*	*10.2%*	*0.1%*	.	.
		720	**5.4%**	**10.7%**	**38.1%**	**35.4%**	**10.4%**	**.**	**.**	**.**
	Mai	*4463*	*10.5%*	*15.6%*	*51.6%*	*20.6%*	*1.7%*	.	.	.
		744	**10.3%**	**15.7%**	**52.6%**	**19.5%**	**1.9%**	**.**	**.**	**.**
	Juin	*4320*	*10.4%*	*20.1%*	*43.6%*	*20.9%*	*5%*	*0.1%*	.	.
		720	**10.7%**	**20%**	**43.6%**	**20.4%**	**5.1%**	**0.1%**	**.**	**.**
	Juillet	*4447*	*9.8%*	*18.5%*	*55.4%*	*16%*	*0.3%*	.	.	.
		744	**9.7%**	**19.4%**	**55.8%**	**14.9%**	**0.3%**	**.**	**.**	**.**
	Août	*4449*	*8%*	*20.9%*	*46.3%*	*23.7%*	*0.9%*	.	.	.
		744	**7.9%**	**21.8%**	**46.1%**	**23.3%**	**0.9%**	**.**	**.**	**.**
	Septembre	*4125*	*10.7%*	*14.7%*	*44.6%*	*25.3%*	*4.5%*	*0.3%*	.	.
		720	**10.1%**	**14%**	**46.9%**	**24%**	**4.4%**	**0.4%**	**.**	**.**
	Octobre	*3889*	*3.7%*	*9%*	*48.3%*	*31.9%*	*6%*	*1.1%*	.	.
		744	**4.8%**	**9%**	**44.5%**	**35.6%**	**5%**	**1.1%**	**.**	**.**
	Novembre	*4075*	*1.6%*	*3.4%*	*32%*	*36.7%*	*23.7%*	*2.7%*	*0%*	.
		720	**1.2%**	**3.6%**	**29.3%**	**37.2%**	**26.2%**	**2.4%**	**.**	**.**
	Décembre	*3866*	*3.2%*	*11.1%*	*51.1%*	*25.3%*	*9.2%*	*0%*	.	.
		744	**3.2%**	**9.3%**	**44.8%**	**24.3%**	**14.2%**	**4.2%**	**.**	**.**

2023	Janvier	*757*	*0.7%*	*4.5%*	*42.7%*	*47.2%*	*5%*	.	.	.
		744	**2.6%**	**4.8%**	**32.7%**	**31.2%**	**25.3%**	**3.5%**	**.**	**.**
	Février	*3269*	*5.2%*	*12.5%*	*37.5%*	*38.1%*	*6.7%*	.	.	.
		672	**6.8%**	**14.3%**	**40.8%**	**33%**	**5.1%**	**.**	**.**	**.**
	Mars	*4461*	*1.5%*	*5.6%*	*34.8%*	*36.3%*	*18%*	*3.4%*	*0.3%*	.
		744	**1.6%**	**5.6%**	**34.7%**	**36.2%**	**18%**	**3.2%**	**0.7%**	**.**
	Avril	*4318*	*7%*	*9.4%*	*42.8%*	*32.8%*	*6.4%*	*1.4%*	*0.1%*	.
		720	**7.2%**	**9.2%**	**42.2%**	**34.2%**	**5.7%**	**1.4%**	**0.1%**	**.**
	Mai	*4460*	*5.6%*	*13.7%*	*42.7%*	*28.6%*	*9.4%*	.	.	.
		744	**5.4%**	**14%**	**43%**	**28.2%**	**9.4%**	**.**	**.**	**.**
	Juin	*4062*	*4.2%*	*13.7%*	*34.9%*	*36.9%*	*10.2%*	*0.2%*	.	.
		720	**4%**	**13.9%**	**37.1%**	**34.6%**	**10.1%**	**0.3%**	**.**	**.**
	Juillet	*4461*	*3.6%*	*12.4%*	*45.1%*	*34.2%*	*4.6%*	.	.	.
		744	**3.6%**	**12.4%**	**44.9%**	**34.5%**	**4.6%**	**.**	**.**	**.**
	Août	*4458*	*15.7%*	*11.6%*	*50.2%*	*15.9%*	*5.7%*	*0.9%*	.	.
		744	**16.3%**	**11.3%**	**49.9%**	**15.7%**	**6%**	**0.8%**	**.**	**.**
	Septembre	*4316*	*13.4%*	*18.9%*	*37.5%*	*24.5%*	*5.8%*	*0%*	.	.
		720	**13.3%**	**19.2%**	**37.1%**	**24%**	**6.4%**	**.**	**.**	**.**
	Octobre	*4318*	*3.8%*	*8.5%*	*48.7%*	*29.3%*	*9.2%*	*0.5%*	.	.
		744	**3.8%**	**8.1%**	**48.7%**	**30.1%**	**9.1%**	**0.3%**	**.**	**.**
	Novembre	*1688*	*5.7%*	*9.5%*	*24.5%*	*36.7%*	*16.9%*	*2.3%*	*3.2%*	*1.2%*
		720	**3.3%**	**5.7%**	**22.8%**	**41%**	**23.8%**	**1.8%**	**1.1%**	**0.6%**
	Décembre	*2159*	*1%*	*1.7%*	*13%*	*33.1%*	*47%*	*4.3%*	.	.
		744	**1.7%**	**3.9%**	**23.4%**	**33.3%**	**34%**	**3.6%**	**.**	**.**
2024	Janvier	*4414*	*4.1%*	*8.5%*	*35.2%*	*31.8%*	*16.8%*	*3.2%*	*0.4%*	.
		744	**3.4%**	**9.1%**	**34.3%**	**31.9%**	**16.8%**	**4.2%**	**0.4%**	**.**
	Février	*3776*	*1.4%*	*2.5%*	*32.6%*	*47.1%*	*12.8%*	*3.3%*	*0.3%*	.
		696	**1.1%**	**2.6%**	**29.2%**	**49.1%**	**15.1%**	**2.9%**	**.**	**.**
	Mars	*4459*	*5.8%*	*8.8%*	*44.1%*	*32.4%*	*8.3%*	*0.6%*	.	.
		744	**5.6%**	**8.9%**	**44.4%**	**32.8%**	**7.7%**	**0.7%**	**.**	**.**
	Avril	*4315*	*6.3%*	*11.7%*	*37.5%*	*31.2%*	*12.1%*	*1.2%*	.	.
		720	**6.2%**	**11.5%**	**37.8%**	**31.5%**	**11.7%**	**1.2%**	**.**	**.**
Total		*111353*	*6.0 %*	*11.4 %*	*41.1 %*	*30.4 %*	*9.7 %*	*1.2 %*	*0.1 %*	*0.0 %*
		20808	**5.6 %**	**10.9 %**	**39.9 %**	**30.8 %**	**11.1 %**	**1.5 %**	**0.1 %**	**0.0 %**

Tableau 3 : Classes de vitesses par mois. Taux « brut » (en italique) et « reconstitué » (en gras) du LiDAR

3.3.2.2 Distributions

Les distributions statistiques horaires des observations et du modèle à 100 m sont relativement proches (*cf.* Illustration 15). Les quantiles apparaissant ci-dessous dans l'encart diffèrent de 0,3 à 0,4 m/s.

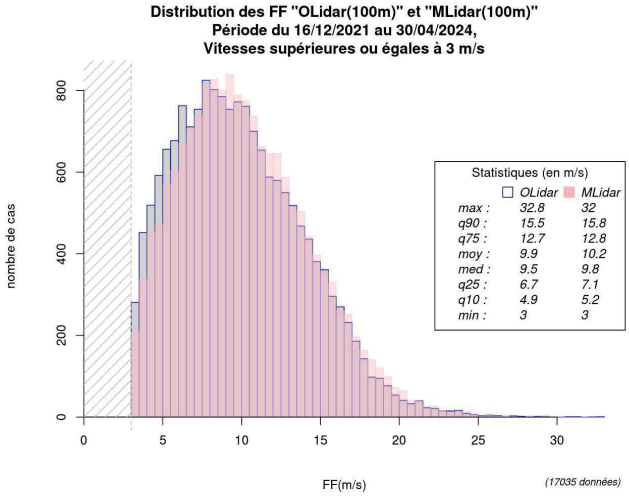


Illustration 15 : Distributions des vents horaires du LiDAR sur l'intégralité de la campagne de mesure.

Les distributions mensuelles des forces de vent du LiDAR à 100 m figurent en annexe 5.

3.3.2.3 Variation diurne de la force du vent horizontal (données horaires)

On constate sur la figure 16 un léger cycle diurne. En journée (globalement de 8h à 15h UTC), les médianes horaires sont légèrement inférieures à la médiane de la période totale (d'environ 0,3 m/s). En soirée, on observe l'effet inverse.

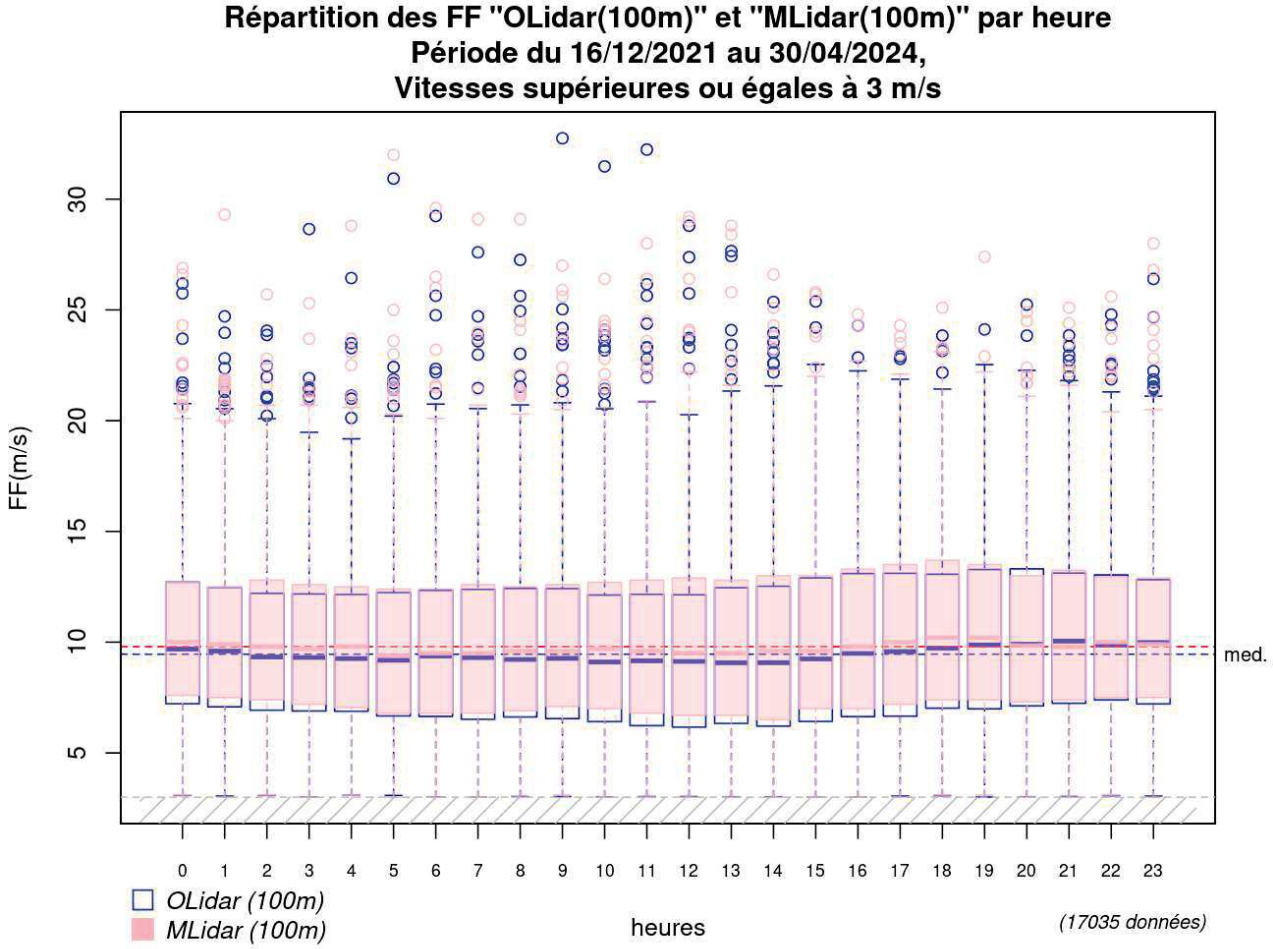


Illustration 16 : Répartitions horaires des forces du vent du LiDAR

Les répartitions horaires, par mois, des forces de vent du LiDAR à 100 m figurent en annexe 6.

3.3.2.4 Variation mensuelle de la force du vent horizontal (données horaires)

On observe des disparités assez marquées sur les répartitions mensuelles (*cf.* Illustration 17) qui s'expliquent par la climatologie.

Au regard de la période étudiée, les mois de mai à septembre 2022 et dans une moindre mesure les mois de mai à octobre 2023, ont été peu venteux. Juillet 2022 enregistre notamment des vents moyens inférieurs à 2,5 m/s par rapport à la médiane de la période. A contrario, les mois les plus agités ont été rencontrés en automne et en hiver. Notamment, novembre 2022 avec des vents moyens dépassant cette fois-ci la médiane de 2,5 m/s.

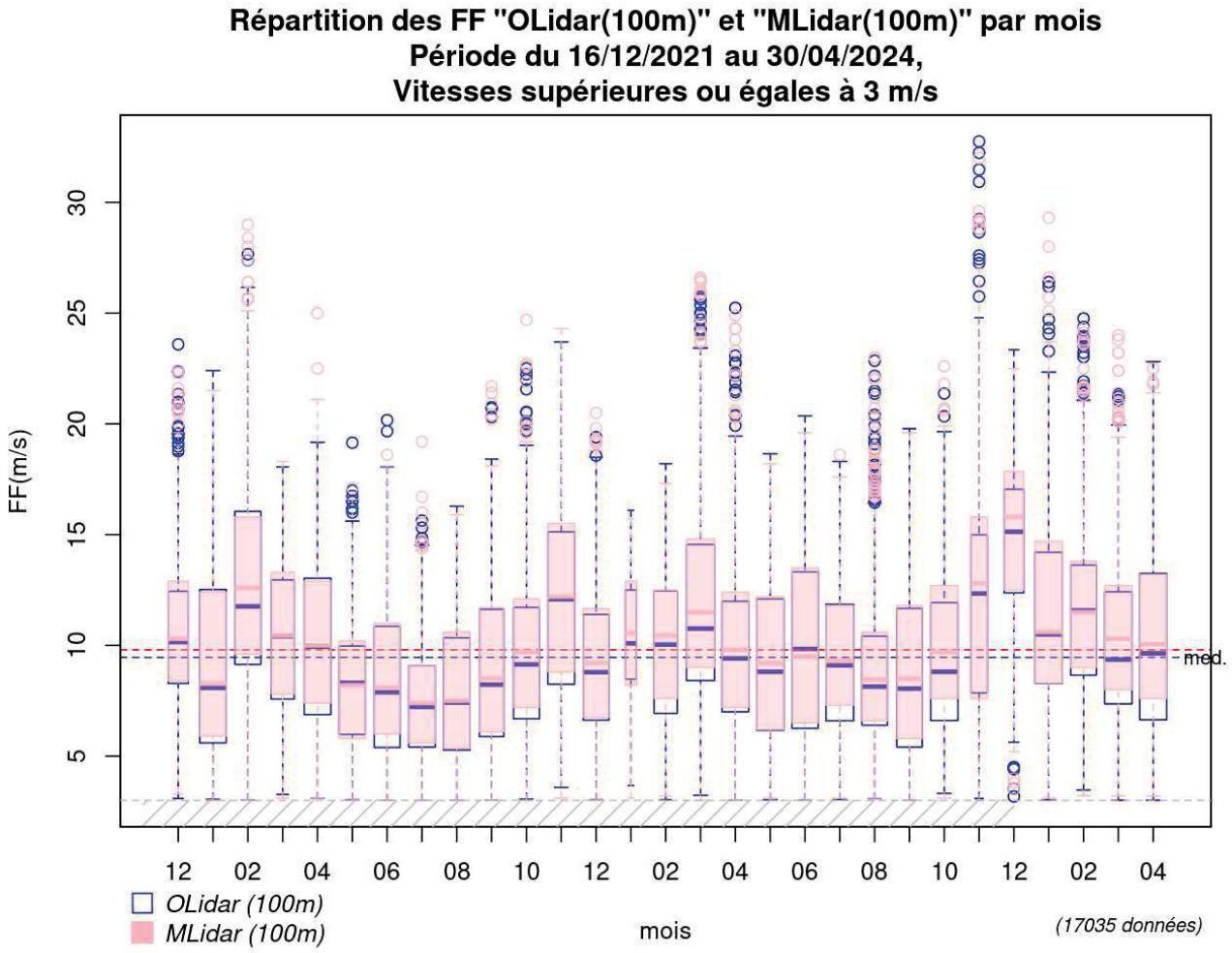


Illustration 17 : Répartitions mensuelles des forces du vent du LiDAR ; la largeur des boîtes à moustaches est fonction du nombre de données

Afin de comparer de manière plus générale la période de la campagne de mesure à la climatologie, nous avons effectué une analyse fréquentielle mensuelle de la vitesse du vent horaire à la station de Gonneville (station de référence la plus proche du LiDAR).

Au regard de la climatologie, le printemps et l'été 2022 ont été conformes aux normales. L'automne 2022 a été globalement peu venteux excepté en novembre. L'hiver 2022-2023 a été contrasté avec un mois de janvier très agité et un mois de février très calme. Le printemps 2023 a été plutôt venteux. En revanche l'été et l'automne 2023 sont restés en moyenne conformes aux normales. Décembre 2023 a été très agité avec deux fois plus de vent fort que la normale. Puis de janvier à avril 2024, on a assisté à une alternance de mois conformes et un peu plus venteux que la normale.

		Vitesses en m/s			
		[0, 1.5[	[1.5, 4.5[	[4.5, 8.0[	>8
2021	Décembre	**3,4**	**31,9**	**44,1**	**20,6**
		1,2	*29,3*	*46,1*	*23,4*
2022	Janvier	**2,9**	**31,8**	**44,2**	**21,1**
		7,9	*47,3*	*32,4*	*12,4*
	Février	**3,5**	**33,9**	**42,2**	**20,4**
		0,2	*22,2*	*40,2*	*37,4*
	Mars	**3,4**	**39,3**	**41,4**	**15,9**
		1,2	*42,5*	*48,5*	*7,8*
	Avril	**5,2**	**46,0**	**38,4**	**10,4**
		4,6	*41,1*	*42,1*	*12,2*
	Mai	**4,2**	**47,6**	**39,6**	**8,6**
		6,8	*51,7*	*38,0*	*3,5*
	Juin	**4,9**	**52,8**	**37,2**	**5,1**
		5,3	*51,8*	*39,3*	*3,6*
	Juillet	**5,7**	**53,7**	**36,2**	**4,4**
		5,7	*59,9*	*32,4*	*2,0*
	Août	**6,6**	**55,7**	**33,8**	**3,9**
		6,7	*56,9*	*36,0*	*0,4*
	Septembre	**5,4**	**52,0**	**36,4**	**6,2**
		7,8	*58,3*	*26,5*	*7,4*
	Octobre	**5,0**	**43,7**	**40,6**	**10,7**
		3,4	*52,3*	*35,6*	*8,7*
	Novembre	**3,6**	**40,8**	**43,4**	**12,2**
		1,1	*32,1*	*41,4*	*25,4*
	Décembre	**3,4**	**31,9**	**44,1**	**20,6**
		8,2	*39,6*	*32,0*	*20,2*
2023	Janvier	**2,9**	**31,8**	**44,2**	**21,1**
		4,0	*29,9*	*34,2*	*31,9*
	Février	**3,5**	**33,9**	**42,2**	**20,4**
		3,7	*42,0*	*43,9*	*10,4*
	Mars	**3,4**	**39,3**	**41,4**	**15,9**
		2,8	*26,3*	*38,0*	*32,9*

	Avril	**5,2**	**46,0**	**38,4**	**10,4**
		3,6	*40,6*	*46,1*	*9,7*
	Mai	**4,2**	**47,6**	**39,6**	**8,6**
		3,5	*42,3*	*45,3*	*8,9*
	Juin	**4,9**	**52,8**	**37,2**	**5,1**
		4,4	*52,6*	*38,1*	*4,9*
	Juillet	**5,7**	**53,7**	**36,2**	**4,4**
		2,7	*36,4*	*48,7*	*12,2*
	Août	**6,6**	**55,7**	**33,8**	**3,9**
		6,2	*55,1*	*31,0*	*7,7*
	Septembre	**5,4**	**52,0**	**36,4**	**6,2**
		7,8	*53,6*	*32,5*	*6,1*
	Octobre	**5,0**	**43,7**	**40,6**	**10,7**
		2,4	*44,9*	*41,8*	*10,9*
	Novembre	**3,6**	**40,8**	**43,4**	**12,2**
		1,4	*22,7*	*48,1*	*27,8*
	Décembre	**3,4**	**31,9**	**44,1**	**20,6**
		1,3	*26,2*	*28,0*	*44,5*
2024	**Janvier**	**2,9**	**31,8**	**44,2**	**21,1**
		1,0	*30,0*	*44,9*	*24,1*
	Février	**3,5**	**33,9**	**42,2**	**20,4**
		0,7	*20,5*	*51,8*	*27,0*
	Mars	**3,4**	**39,3**	**41,4**	**15,9**
		2,3	*37,6*	*42,2*	*17,9*
	Avril	**5,2**	**46,0**	**38,4**	**10,4**
		3,5	*33,8*	*37,4*	*25,3*
Total		**4,3**	**42,8**	**40,2**	**12,6**
		3,9	*40,8*	*39,4*	*16,0*

Tableau 4 : Statistiques 1991-2020 (en gras, en %) et valeurs (en italique, en %) des forces de vent de la station de Gonneville ; surlignages rouge et bleu : excédent et déficit de plus de 5 % par rapport à la normale

Rappel : Une analyse détaillée de la climatologie saisonnière, présentant les différences de vents par secteurs, figure en annexe 1.

3.3.2.5 Roses des vents (données horaires)

Pour une meilleure lisibilité, nous faisons le choix de représenter ci-dessous les roses des vents à 100 m en seulement 4 classes de vents. À noter que la rose des vents observés est réalisée ici à partir de toutes les données brutes **horaires** disponibles (**données inférieures à 3 m/s comprises**).

Les roses des vents du LiDAR présentent quelques petites différences, notamment pour l'observation, une composante ouest-sud-ouest un peu plus faible que pour le modèle. Toutefois ces écarts restent minimes puisqu'ils représentent moins de 2% des cas.

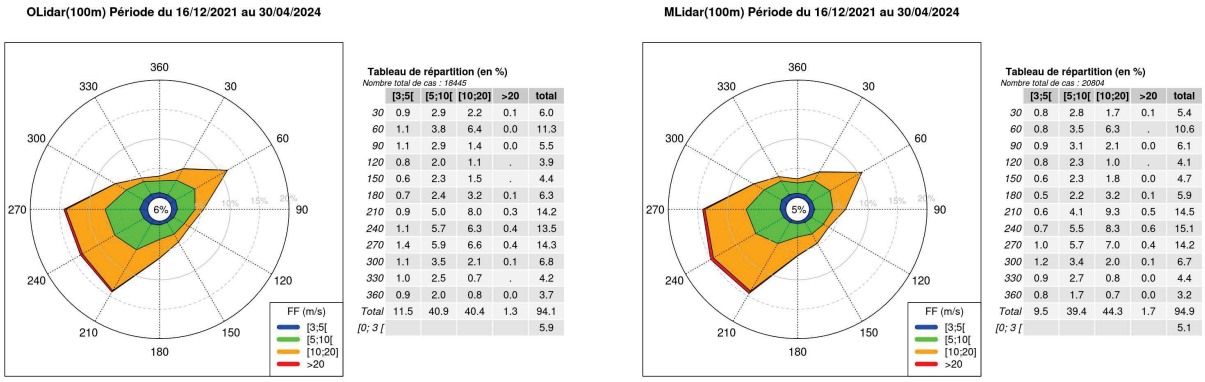


Illustration 18 : Roses des vents observés (à gauche) et modélisés (à droite) du LiDAR

Le tableau de contingence détaillé, présentant les forces de vents du LiDAR par classes de 1 m/s et par secteur de 30° figure en annexe 7.

Les roses des vents mensuelles élaborées à partir de toutes les données brutes **10 minutes** figurent en annexe 8.

3.3.2.6 Profils verticaux de vent (données horaires)

Comme pour les roses des vents, **nous avons ici fait le choix de considérer toutes les données horaires du LiDAR.**

On constate que durant la période de la campagne de mesure, les profils horaires observés sur la couche allant de 40 m à 200 m sont cohérents avec les profils modélisés. Toutefois, pour chaque quartile, les observations sont inférieures au modèle d'environ 0,5 m/s.

Sans surprise, les vitesses du profil moyen observé (profil bleu en pointillés) sont elles aussi inférieures d'environ 0,5 m/s à celles du profil moyen modélisé (profil rouge en pointillés). Elles sont aussi légèrement inférieures à la climatologie AROME sur 20 ans (profil vert en pointillés) de l'ordre de 0,2 m/s pour les hauteurs allant de 40 m à 120 m.

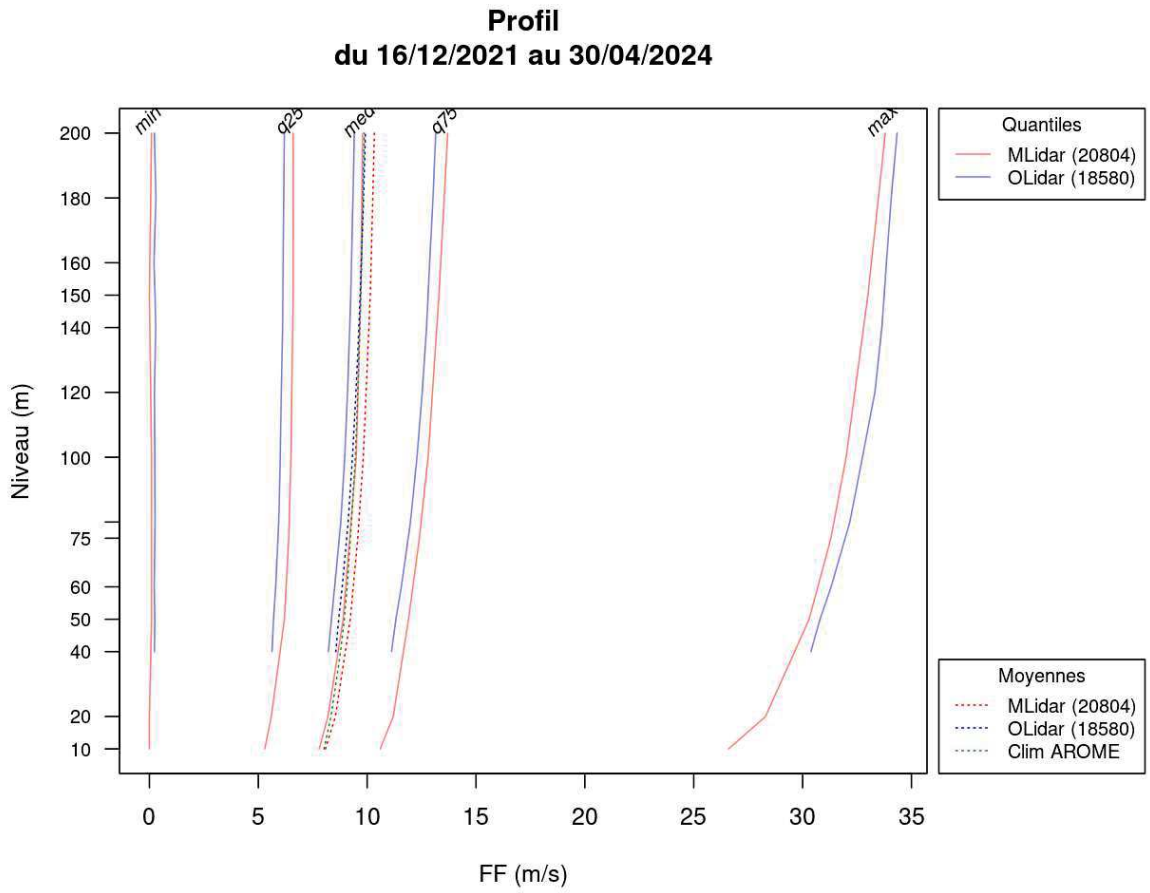


Illustration 19 : Profils de vents avec quantiles du LiDAR

Les profils, par mois, des forces de vent du LiDAR figurent en annexe 9.

3.3.2.7 Cisaillement du vent (données 10 minutes)

Entre les niveaux 40 m et 160 m, on observe un cisaillement de vent du LiDAR assez net d'environ 1,5 m/s pour les directions de sud à ouest (*cf*. Illustration 20). Ces directions témoignent du passage des fronts des perturbations océaniques qui créent du cisaillement en altitude. Nous avons décidé de représenter le cisaillement de vent du modèle entre les niveaux disponibles les plus proches, 50 m et 150 m. Sans grande surprise, on constate que les caractéristiques sont comparables avec toutefois un cisaillement un peu plus faible (autour de 1 m/s) pour les directions de sud à ouest.

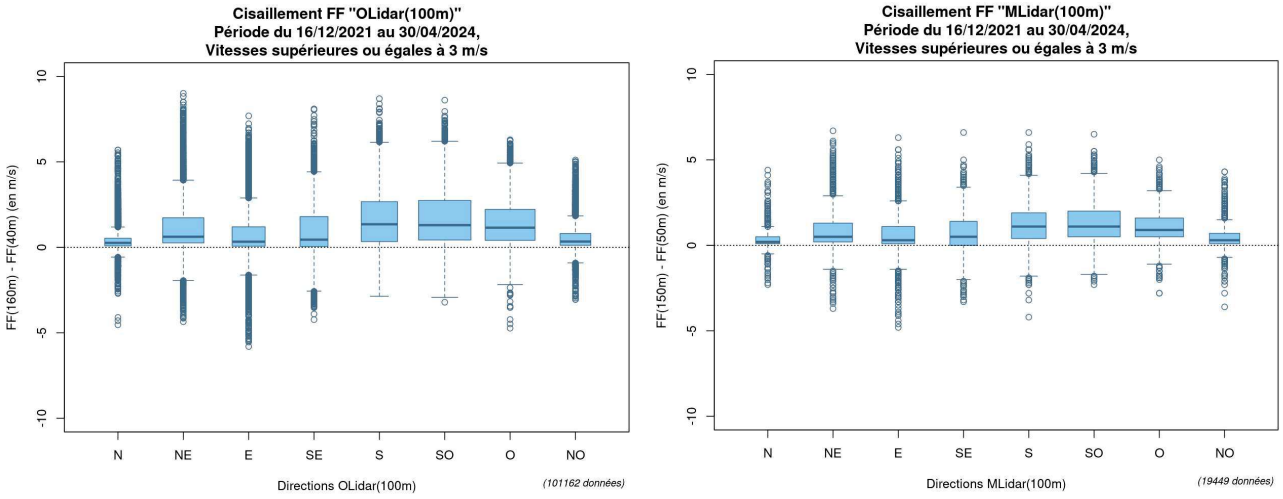


Illustration 20 : Cisaillement des vents observés (à gauche) et modélisés (à droite) du LiDAR

Afin de se faire une idée plus précise de la situation, nous avons décidé de travailler avec **le coefficient α « exposant du cisaillement de vent (wind shear exponent) »** :

$$\alpha = \frac{\ln(FF_2/FF_1)}{\ln(Z_2/Z_1)}$$

où FF1 est la force du vent en m/s au niveau 1 (niveau bas), FF2 la force du vent en m/s au niveau 2 (niveau haut), Z1 l'altitude en m au niveau 1 (niveau bas), Z2 l'altitude en m au niveau 2 (niveau haut).

Le coefficient α de cisaillement vertical de vent **dépend de la rugosité du sol**. C'est un nombre sans dimension qui varie selon la nature du terrain. Dans la littérature, des valeurs standards du coefficient α sont proposées (*cf.* Tableau 5) mais sans que soit précisée la couche verticale associée.

Nature du terrain	Exposant α
Plat : neige, glace, mer, marécages, herbes courtes	0.08 à 0.12
Mer formée	0.13
Peu accidenté : champs et pâturages, cultures	0.13 à 0.16
Rivage	0.16
Plaine	0.20
Accidenté : bois, zones peu habitées	0.20 à 0.23
Plaine boisée	0.24
Très accidenté : villes	0.25 à 0.4

Tableau 5: Valeurs théoriques de l'exposant α en fonction de la nature du terrain (source http://eolienne.f4jr.org/vent)

Les sites les plus intéressants pour la production éolienne sont ceux pour lesquels l'exposant α est faible : cela correspond à des sites peu ou pas accidentés. Dans de tels lieux, les forces du vent près du sol sont élevées et la variation de la vitesse de vent avec l'altitude est faible (les forces de vent en haut et en bas des éoliennes diffèrent peu) ; ainsi, les contraintes mécaniques sur les pales des éoliennes sont moins fortes.

Nous calculons et représentons sur l'illustration 21 le coefficient α de cisaillement par secteur de 30° pour la couche [40 m - 160 m] en faisant une distinction entre le jour (7h à 18h UTC) et la nuit (19h à 6h UTC). Les valeurs les plus faibles de l'indicateur α (inférieures à 0,05) correspondent aux situations non perturbées. On constate qu'en journée et pour des vents de secteur sud-est, α est souvent un peu plus faible que durant la nuit.

Ce phénomène de cisaillement (quand il existe) est globalement un peu plus fort la nuit que le jour.

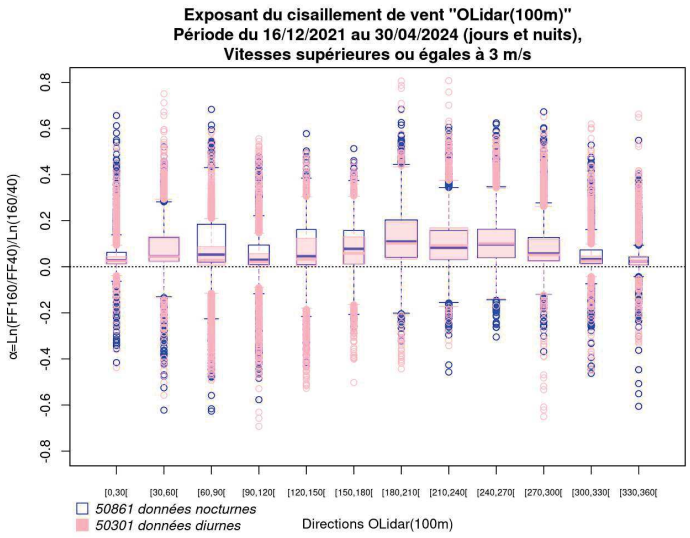


Illustration 21 : Exposant du cisaillement de vent du LiDAR

Les figures de l'exposant du cisaillement sur les périodes mensuelles se trouvent en annexe 10.

3.3.2.8 Analyse des risques de turbulence atmosphérique à 100 m

L'intensité de turbulence est égale au rapport de l'écart type du vent sur 10 minutes sur le vent moyen de ces 10 minutes :

$$IT = \frac{\sigma_{FF}}{FF}$$

Sur la période de la campagne de mesures, on constate que les vents de secteur nord-ouest à nord-nord-est présentent une intensité de turbulence plus forte que pour les autres directions avec une valeur avoisinant 0,13. Pour les autres secteurs, l'intensité de turbulence est comprise entre 0,08 et 0,1 (*cf.* Illustration 22).

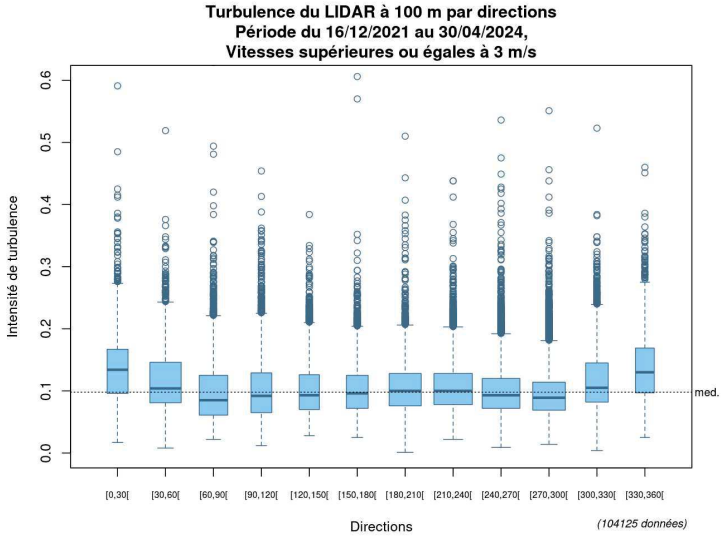


Illustration 22 : Turbulence du LiDAR

Les boîtes à moustaches mensuelles suivant les directions, de l'intensité de turbulence du vent du LiDAR à 100 m figurent en annexe 11.

3.3.2.9 Séries horaires FF et FXI à 100 m

Les séries horaires FF (vent moyen observé **ou estimé**) et FXI (vent maximal calculé) sont très cohérentes.

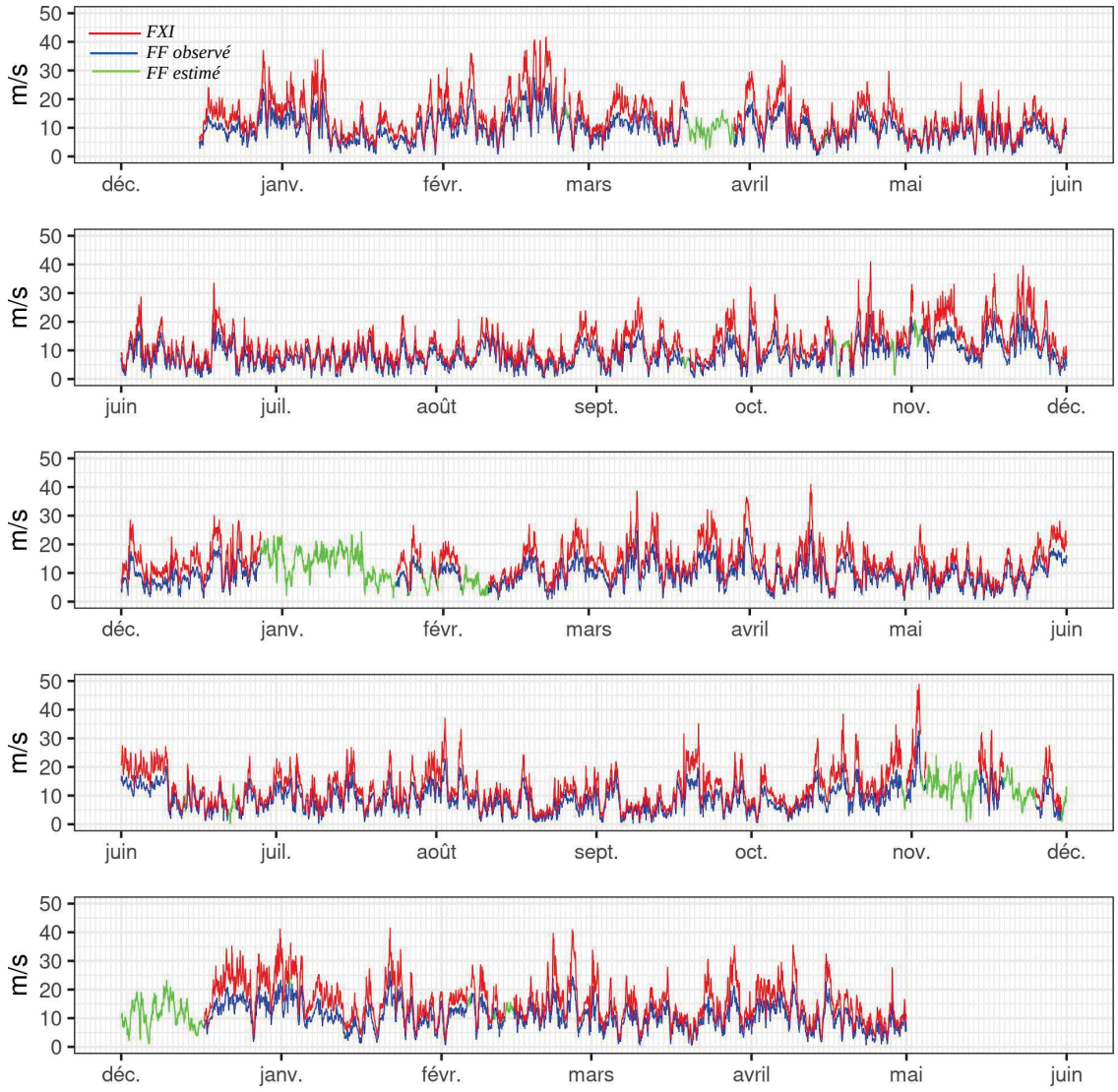


Illustration 23 : Séries FF et FXI à 100 m du LiDAR (16/12/2021 au 30/04/2024)

Météo-France fournit au travers des fichiers « SerieLidarH100_20211216-20240430.csv » les séries de données horaires de vent à 100 m comportant le vent moyen (FF et DD) et la vitesse du vent maximal (FXI). Ces paramètres sont accompagnés des codes qualité QFF, QDD et QFXI (*cf* §2.2.1.3 Codes qualité).

4 Analyse des données de vent mesuré par l'anémomètre

Nous effectuons des contrôles semblables à ceux du LiDAR sur la présence et la cohérence des données de vent de surface mesuré par les anémomètres en considérant les seuils d'erreurs de forces et de directions respectivement de 3 m/s et 30° (*cf* §2.2.1.2 p10).

L'anémomètre étant installé sur la bouée à une hauteur de 4m au-dessus de la mer, nous avons extrapolé les vitesses du vent à 10m à l'aide de la formule logarithmique suivante :

$$FF_{10\,m} = FF_{4\,m} \times \frac{\log(10/0{,}0002)}{\log(4/0{,}0002)}$$ [2]

Environ 5 % des valeurs enregistrées par l'anémomètre sort des seuils de force. Ce qui est nettement plus important que pour le LiDAR. Mais ce constat peut s'expliquer par le fait que l'anémomètre ne dispose pas d'un environnement de mesures parfaitement optimal.

Les dépassements du seuil de direction (écart supérieur à 30° entre l'anémomètre et le modèle) sont assez nombreux. Mais plus des trois quarts de ces dépassements correspondent à des forces plutôt faibles, inférieures à 5 m/s.

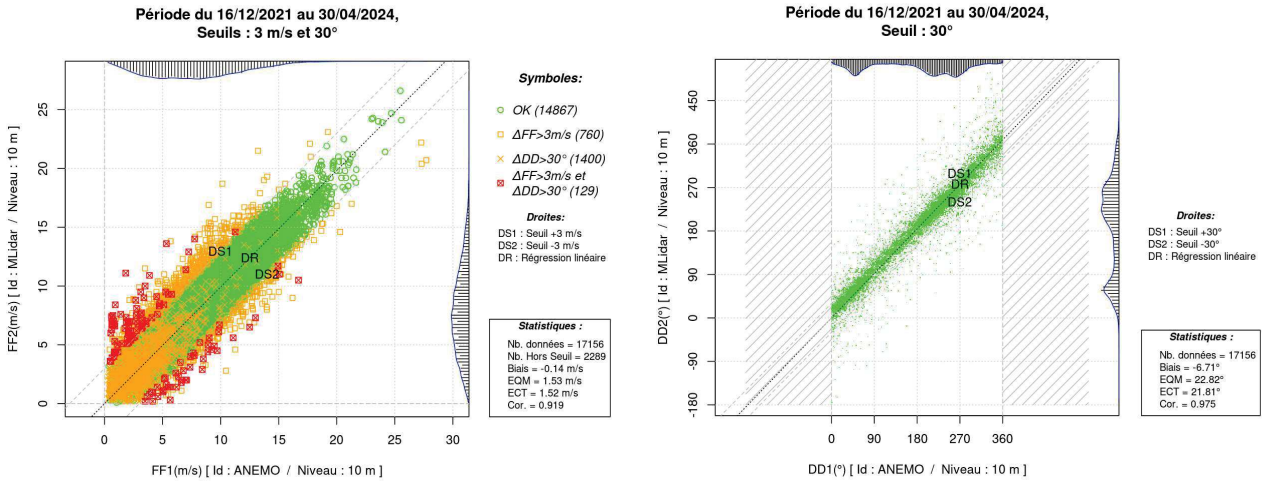


Illustration 24 : Comparaisons des forces (à gauche) et des directions (à droite) de l'anémomètre avec le modèle

2 Emeis, S., & Turk, M. (2007). Comparison of logarithmic wind profiles and power law wind profiles and their applicability for offshore wind profiles. In Wind energy (pp. 61-64). Springer, Berlin, Heidelberg.

Les distributions statistiques horaires des observations et du modèle à 10 m sont assez proches. Les quantiles apparaissant ci-dessous ne diffèrent que de 0,2 à 0,4 m/s pour l'anémomètre. Le diagramme « quantile-quantile » des forces de vent de l'anémomètre présente des points bien alignés sur la première bissectrice avec toutefois une petite dissymétrie autour de q20 indiquant que l'anémomètre a tendance à légèrement sous-estimer les vents faibles à modérés par rapport au modèle. Cependant, les résultats de l'anémomètre restent tout à fait corrects.

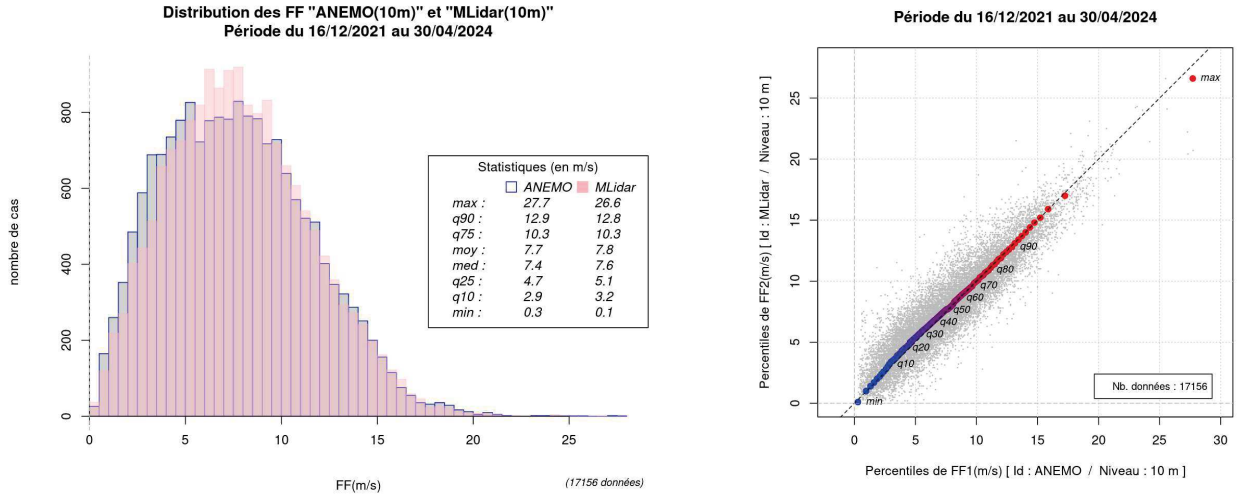


Illustration 25 : Distribution des vents horaires de l'anémomètre (à gauche) et diagramme « quantile-quantile » (à droite)

La rose des vents de l'anémomètre est quasi identique à celle du modèle AROME à 10 m. Elle présente toutefois quelques petites différences, notamment une composante nord-nord-est légèrement plus forte que le modèle, ainsi que plus de vent nul.

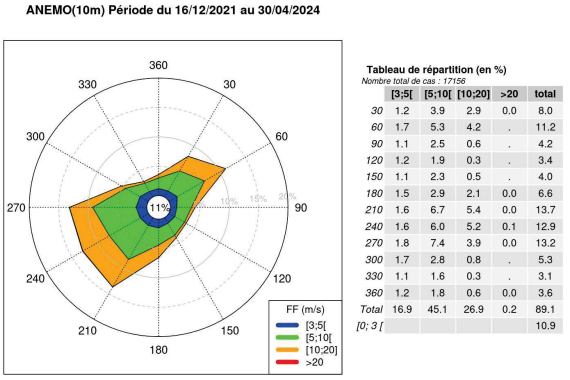


Tableau de répartition (en %)
Nombre total de cas : 17156

	[3;5[	[5;10[	[10;20]	>20	total
30	1.2	3.9	2.9	0.0	8.0
60	1.7	5.3	4.2	.	11.2
90	1.1	2.5	0.6	.	4.2
120	1.2	1.9	0.3	.	3.4
150	1.1	2.3	0.5	.	4.0
180	1.5	2.9	2.1	0.0	6.6
210	1.6	6.7	5.4	0.0	13.7
240	1.6	6.0	5.2	0.1	12.9
270	1.8	7.4	3.9	0.0	13.2
300	1.7	2.8	0.8	.	5.3
330	1.1	1.6	0.3	.	3.1
360	1.2	1.8	0.6	0.0	3.6
Total	16.9	45.1	26.9	0.2	89.1
[0; 3 [					10.9

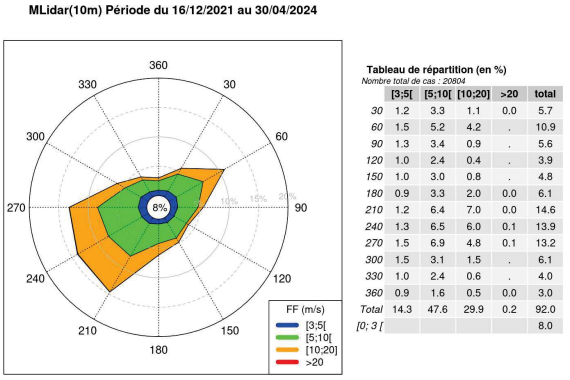


Tableau de répartition (en %)
Nombre total de cas : 20804

	[3;5[	[5;10[	[10;20]	>20	total
30	1.2	3.3	1.1	0.0	5.7
60	1.5	5.2	4.2	.	10.9
90	1.3	3.4	0.9	.	5.6
120	1.0	2.4	0.4	.	3.9
150	1.0	3.0	0.8	.	4.8
180	0.9	3.3	2.0	0.0	6.1
210	1.2	6.4	7.0	0.0	14.6
240	1.3	6.5	6.0	0.1	13.9
270	1.5	6.9	4.8	0.1	13.2
300	1.5	3.1	1.5	.	6.1
330	1.0	2.4	0.6	.	4.0
360	0.9	1.6	0.5	0.0	3.0
Total	14.3	47.6	29.9	0.2	92.0
[0; 3 [					8.0

Illustration 26 : Roses des vents observés (à gauche) et modélisés (à droite) de l'anémomètre

5 Conclusions

En raison d'une panne sur le LiDAR, la campagne de mesures sur la zone d'étude au large de Barfleur a dû être écourtée de 15 jours et les taux de KPI n'ont donc pas pu être atteints sur les 24 mois escomptés mais sur 23 mois et 16 jours.

Cependant, durant la période effective qu'a durée la campagne, nous avons pu établir que les mesures de vent de surface et d'altitude, étaient parfaitement cohérentes avec les données du modèle AROME.

Nous avons toutefois constaté une surestimation du modèle par rapport à l'observation d'environ 0,3 m/s. Un léger biais sur les directions d'environ +2,5° du modèle par rapport à l'observation a aussi été constaté.

Le monitoring du LiDAR a permis de contrôler la présence des données sur les 11 niveaux de mesure et plus précisément, de vérifier à l'aide de statistiques descriptives, la cohérence des observations de force et de direction à 100 m.

Suite à ce contrôle, une série complète de vent horaire à 100 m a pu être créée, corrigée de certaines valeurs aberrantes et estimée sur quelques périodes manquantes.

Bibliographie

Chatel, V., Dalphinet, A., Merle, R., Mezdour, A., Rouchy, N., Roulle, O., Joly B., Pouponneau B. et Legrand R. : Projet de parc éolien off-shore, Note technique Lots 1, 2 et 3, V1 , 2021

Annexes

Table des annexes

Annexe 1 : Climatologie du 16 décembre 2021 au 30 avril 2024.....39
Annexe 2 : Situation du 16 au 17 février 2022 (tempête « Dudley »).....51
Annexe 3 : Situation du 18 février 2022 (tempête « Eunice »).....53
Annexe 4 : Situation du 1er au 2 novembre 2023 (tempête « Ciarán »).....55
Annexe 5 : Distributions mensuelles des forces de vent du LiDAR à 100m (données brutes seuillées à 3 m/s).....58
Annexe 6 : Répartitions horaires par mois des forces de vent du LiDAR à 100m (données brutes seuillées à 3 m/s).....63
Annexe 7 : Tableau de contingence des forces de vent du LiDAR.....68
Annexe 8 : Roses des vents mensuelles du LiDAR à 100m (données brutes).....69
Annexe 9 : Profils de vent du LiDAR.....74
Annexe 10 : Cisaillement du vent du LiDAR à 100m (données brutes seuillées à 3 m/s).....79
Annexe 11 : Turbulence du vent du LiDAR à 100m (données brutes seuillées à 3 m/s).....84

Annexe 1 : Climatologie du 16 décembre 2021 au 30 avril 2024

La station météorologique de référence pour qualifier la climatologie de la zone étudiée est située à Gonneville. Elle se trouve à 134 mètres d'altitude, sur l'aéroport de Maupertus près de Cherbourg (50).
La période sur laquelle portent les statistiques de vent s'étend de 2001 à 2020.

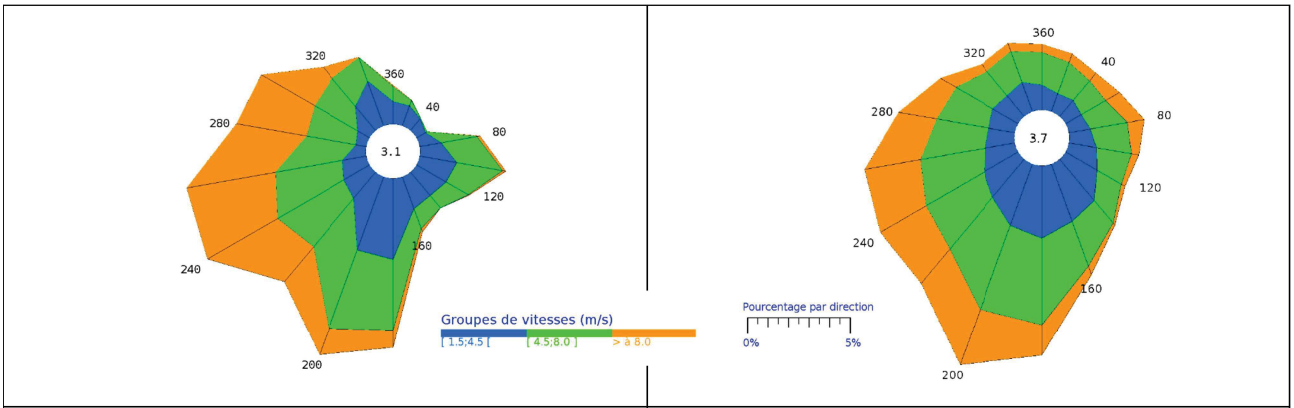
1) Le vent

a) Analyse de l'hiver 2022 (mois de décembre 2021 à février 2022)

La comparaison de la rose de vent observé sur la période de décembre 2021 à février 2022 avec les statistiques 2001-2020 sur cette même période souligne une plus grande fréquence des vents observés sur un large secteur Ouest (entre 180° et 340° : représentant 73 % des cas sur la période observée contre 62 % pour les normales) au détriment des vents de secteur Nord-Est (entre 360° et 080° : représentant 9 % des cas sur la période observée contre 16,5 % pour les normales) et dans une moindre mesure des vents de secteur Sud-Est (entre 100° et 160° : représentant 14,5 % des cas sur la période observée contre 17,5 % pour les normales).

Les intensités de vents sont globalement équivalentes à la normale sur ces trois mois d'hiver 2021/2022. Ainsi, on enregistre seulement 3 % des cas, comme sur 20 ans, de vents très faibles inférieurs à 1.5 m/s et 33 % des cas, comme sur 20 ans, de vents faibles entre 1.5 et 4.5 m/s. Seul écart notable, on enregistre 24 % des cas, contre 20 % sur 20 ans, de vents forts supérieurs à 8.0 m/s.

A noter, cette période sera marquée par un coup de vent le 8 janvier 2022 (rafales de secteur Ouest-Nord-Ouest enregistrée à 29.1 m/s à Gonneville), le passage de la tempête « Dudley » les 16 et 17 février (rafales de secteur Ouest-Sud-Ouest enregistrée à 27.0 m/s à Gonneville), la tempête « Eunice » du 18 février (rafales de secteur Ouest enregistrée à 34.1 m/s à Gonneville), suivie de la tempête « Franklin » des 20 et 21 février (rafales de secteur Ouest enregistrée à 28.6 m/s à Gonneville).



Décembre 2021 à février 2022	*Moyenne 2001-2020 de décembre à février*

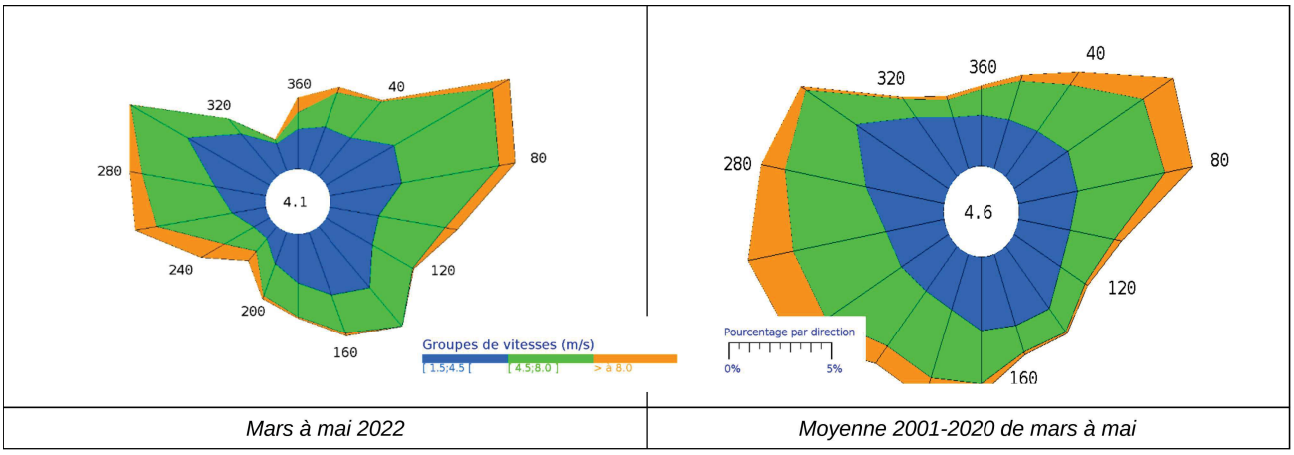
Illustration 27 : Roses des vents de l'hiver 2022 et moyenne sur la période 2001-2020 pour la station de Gonneville

b) Analyse du printemps 2022 (mois de mars à mai)

La comparaison de la rose des vents observée sur la période printanière 2022 avec les statistiques de la saison sur la période 2001-2020 souligne une plus grande fréquence de vent sur un large secteur nord-est (entre 20° et 100° : représentant 37 % des cas sur la période observée contre 29 % pour les normales). Plus modérément dans le secteur sud-est (entre 120° et 200° : 25 % des cas observés contre 23 % pour les normales). Au détriment d'un large secteur ouest (entre le 360° et le 220° : représentant 38 % des cas observés contre 48 % des normales de saison).

Ce printemps sera marqué par une dernière quinzaine du mois de mars douce et ensoleillée. Puis une descente d'air polaire avec un anticyclone puissant en avril, ce qui explique un flux général plus fréquent de secteur nord-est.

Le mois de mai sera marqué par un épisode de chaleur tardif et un épisode orageux avec de fortes précipitations en soirée du 15 mai.



Mars à mai 2022	*Moyenne 2001-2020 de mars à mai*

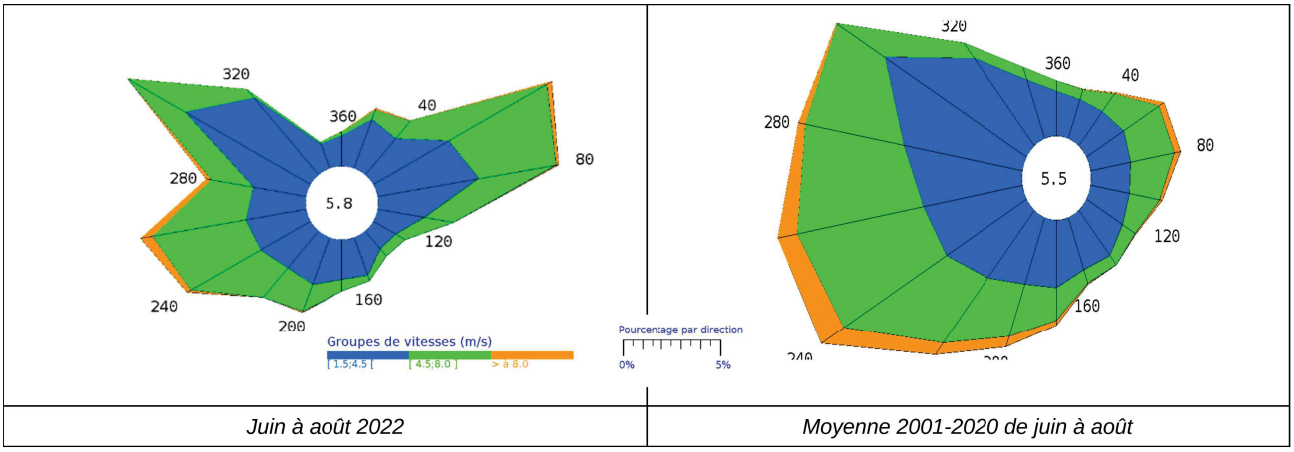
Illustration 28 : Roses des vents du printemps 2022 et moyenne sur la période 2001-2020 pour la station de Gonneville

c) Analyse de l'été 2022 (mois de juin à août)

La rose des vents estivale 2022 apparaît plus aplatie en comparaison à la rose des vents des normales de saison sur la période 2001-2020, laissant transparaître une plus grande fréquence de vent dans un large secteur Est (entre le 20° et le 120° : 37 % sur la période observée contre 20 % pour les normales). Au détriment du secteur sud (entre le 140° et le 240° : 25,3 % des cas observés contre 34,8 % pour les normales). Plus modérément pour le large secteur Ouest (entre le 360° et le 260° : 38 % des observations contre 45 % des normales).

Concernant les intensités de vents, on note des vents forts >8m/s quasi absents (2 % des cas observés concentrés dans le secteur sud-ouest contre 4,6 % pour les normales). La fréquence des vents faibles et modérés sont proches des normales. On observe toutefois une plus grande fréquence de vent modéré (entre 4,5 et 8m/s) dans le secteur Nord-Est de l'ordre de 14 % contre 8 % sur 20 ans.

Il n'y a pas de phénomène tempétueux à signaler sur cette période. Toutefois quelques épisodes orageux sont enregistrés, notamment au mois de juin avec une rafale de vent mesurée à 28,7m/s à l'avant d'une cellule orageuse le 4 juin en soirée, également une rafale maximale enregistrée à 33,5m/s dans la nuit du 18 au 19 juin 2022 à l'avant d'un grain.



Juin à août 2022	*Moyenne 2001-2020 de juin à août*

Illustration 29 : Roses des vents de l'été 2022 et moyenne sur la période 2001-2020 pour la station de Gonneville

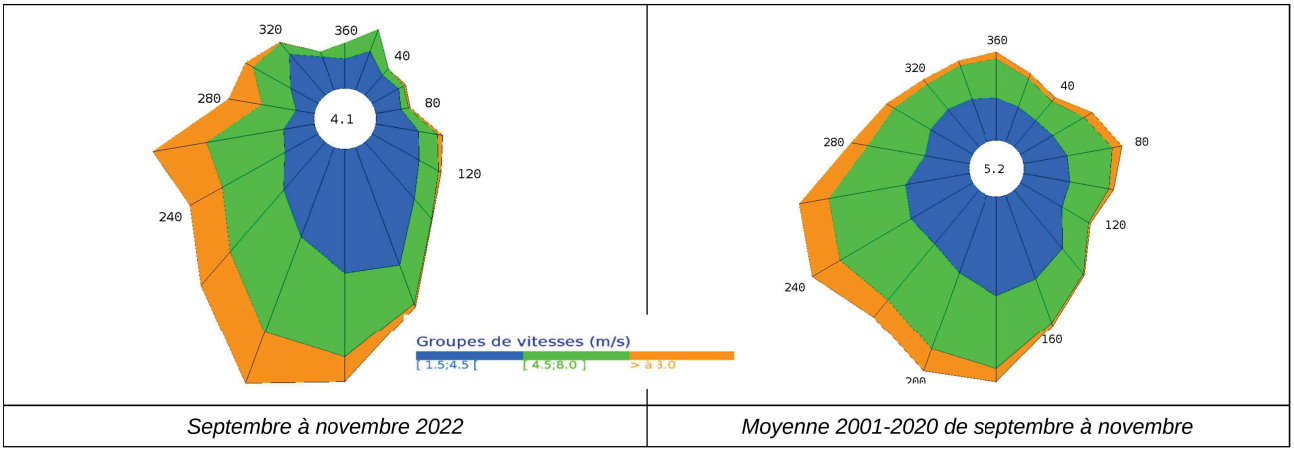
d) Analyse de l'automne 2022 (mois de septembre à novembre)

Sur cette période automnale 2022, la rose des vents observée semble être plus allongée en comparaison de la rose des vents des statistiques sur 20 ans.

En effet, on observe une plus grande fréquence de vent d'un large secteur sud (entre le 140° et le 220° : 50 % des cas observés contre 37 % des normales), au détriment d'un large secteur Nord-Est (entre le 360° et le 120° qui représente 27 % des normales de saison sur 20 ans contre seulement 19 % des cas observés en automne 2022). Dans une moindre mesure, le secteur Ouest à Nord-Ouest est légèrement déventé en cette saison (31 % ces cas contre 35 % des normales).

Concernant l'intensité des vents, on observe en cette saison 2022 une plus grande fréquence de vents forts supérieurs à 8m/s concentrés dans un large secteur Ouest (du 180° au 360°) représentant 13 % des cas observés contre 7,5 % sur 20 ans.

Pour autant, il n'y a pas de phénomène tempétueux relevé sur cette période. Toutefois, un pic maximal de vent a été mesuré à 40,9 m/s dans la nuit du 23 au 24 sous une averse.



Septembre à novembre 2022	*Moyenne 2001-2020 de septembre à novembre*

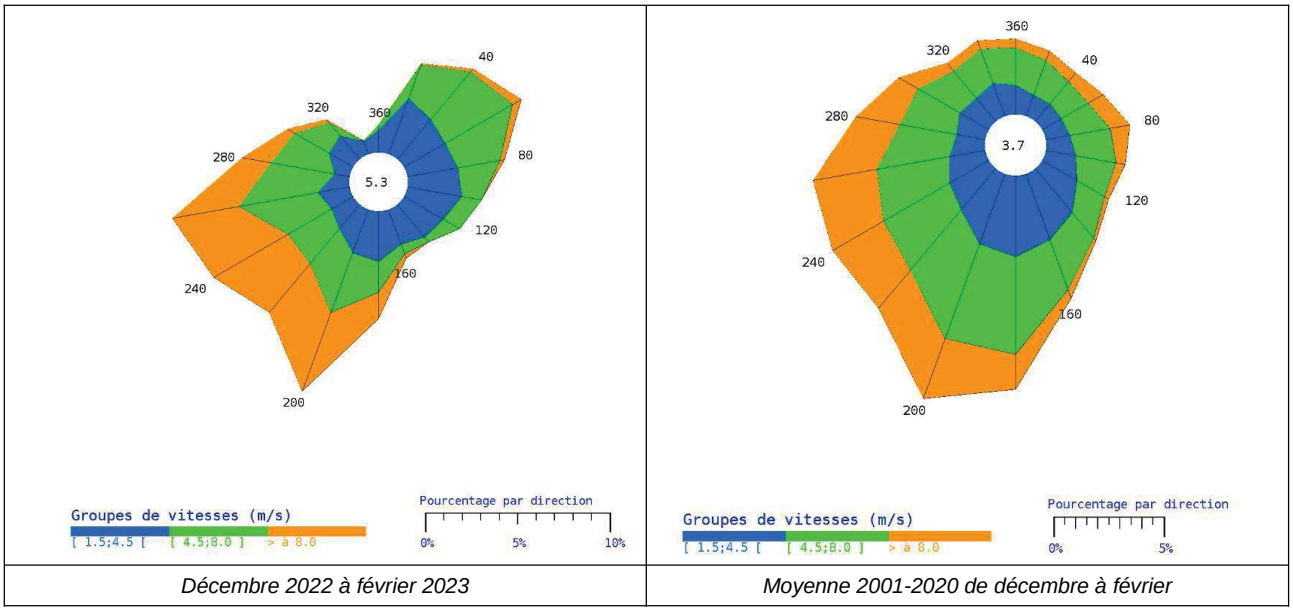
Illustration 30 : Roses des vents de l'automne 2022 et moyenne sur la période 2001-2020 pour la station de Gonneville

e) Analyse de l'hiver 2023 (mois de décembre 2022 à février 2023)

La comparaison de la rose de vents observée sur la période de décembre 2022 à février 2023 avec les statistiques 2001-2020 sur cette même période souligne une plus grande fréquence des vents observés sur un secteur Ouest-Sud-Ouest (entre 240° et 260° : représentant 18,5 % des cas sur la période observée contre 16 % pour les normales) mais surtout d'un large secteur Nord-Est (entre 020° et 100° : représentant 28 % des cas sur la période observée contre 17 % pour les normales) au détriment des vents d'un large secteur Nord-Ouest (entre 280° et 360° : représentant 15 % des cas sur la période observée contre 21 % pour les normales) et tout particulièrement d'un large secteur Sud (entre 140° et 220° : représentant 29 % des cas sur la période observée contre 39 % pour les normales).

Les intensités de vents sont globalement équivalentes à la normale sur ces trois mois d'hiver. Néanmoins, la présence de conditions anticycloniques sur cette période expliquent la présence de vents de Nord-Est très faibles et faibles plus fréquents. Ainsi, on enregistre 5,5 % des cas contre 4 % sur 20 ans de vents très faibles inférieurs à 1.5 m/s et 37 % des cas contre 33 % sur 20 ans de vents faibles entre 1.5 et 4.5 m/s.

Il est à noter que cette période sera marquée par le passage de la tempête « Gérard » entre le 15 et 17 janvier 2023 (rafales de secteur Nord-Ouest enregistrée à 28.3 m/s à Gonneville).



Décembre 2022 à février 2023	*Moyenne 2001-2020 de décembre à février*

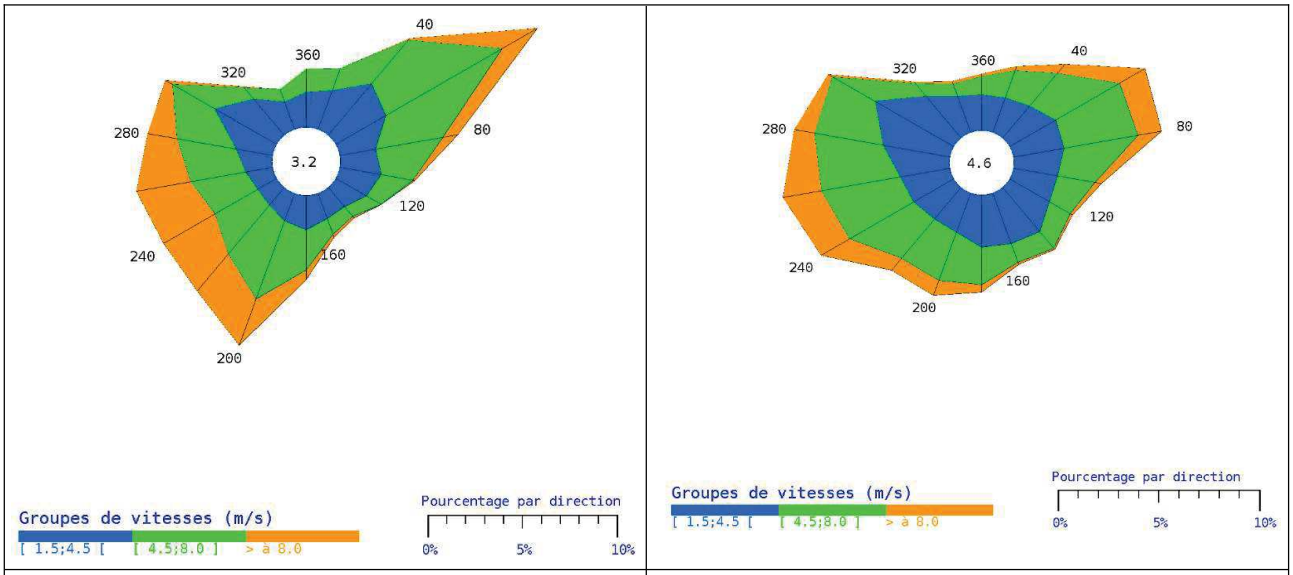
Illustration 31 : Roses des vents de l'hiver 2023 et moyenne sur la période 2001-2020 pour la station de Gonneville

f) Analyse du printemps 2023 (mois de mars à mai)

La comparaison de la rose de vents observée sur la période printanière 2023 avec les statistiques 2001-2020 souligne une plus grande fréquence des vents de secteur Nord à Nord-Est (entre 360° et 060° : représentant 25 % des cas sur la période observée contre 18 % pour les normales) ainsi qu'un secteur Sud-Sud-Ouest plus marqué (entre 200° et 220° : représentant 16 % des cas sur la période observée contre 11 % pour les normales). Ceci est compensé par des vents d'un très large secteur Ouest-Nord-Ouest moins représentés qu'en moyenne (entre 240° et 340° : représentant 33 % des cas sur la période observée contre 37 % pour les normales), tout comme les vents d'un large secteur Sud-Est (entre 080° et 180° : représentant 22 % des cas sur la période observée contre 28 % pour les normales).

Concernant les intensités de vents, on note des vents forts supérieurs à 8 m/s dans 17 % des cas, contre 11 % sur 20 ans, et dans 43 % des cas, contre 39 % sur 20 ans, entre 4.5 et 8.0 m/s, compensés respectivement de façon égale par des vents très faibles inférieurs à 1.5 m/s et par des vents faibles entre 1.5 et 4.5 m/s.

Le passage de la tempête Mathis, le 31 mars 2023 est à signaler, avec des rafales enregistrées à 31.1 m/s à Gonneville.



Mars à mai 2023 | *Moyenne 2001-2020 de mars à mai*

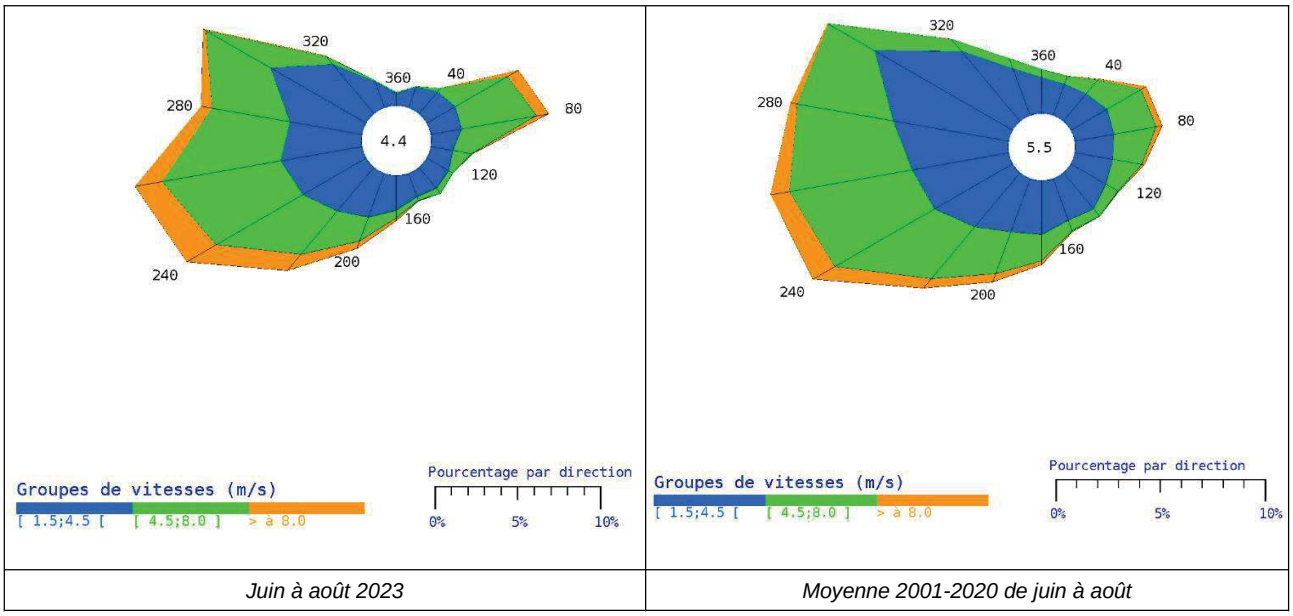
Illustration 32 : Roses des vents du printemps 2023 et moyenne sur la période 2001-2020 pour la station de Gonneville

g) Analyse de l'été 2023 (mois de juin à août)

Sur cette saison estivale, la rose de vents issue de l'observation est assez similaire, dans sa forme, à celle issue des normales 2001-2020 sur la même période. On note cependant sur la rose des vents observés une plus grande fréquence des vents de large secteur Sud-Ouest (entre 220° et 260° : représentant 35 % des cas sur la période observée contre 30 % pour les normales) et du secteur Est-Nord-Est (entre 060° et 080° : représentant 13,5 % des cas sur la période observée contre 8,5 % pour les normales). Ceci est compensé en particulier par les vents d'un large secteur Nord (sur le secteur 320° à 040°) et d'un large secteur Sud-Est (sur le secteur 100° à 200°)

Les intensités de vents observés sont proches des normales sur 20 ans et comparables à une période estivale.

Néanmoins, deux phénomènes marquants sont à signaler sur cette période : le passage d'une dégradation orageuse virulente la nuit du 04 au 05 juillet 2023 et un coup de vent entre le 02 et 03 août 2023 avec des rafales de secteur Ouest-Sud-Ouest enregistrées à 24.4 m/s à Gonneville.



Juin à août 2023	*Moyenne 2001-2020 de juin à août*

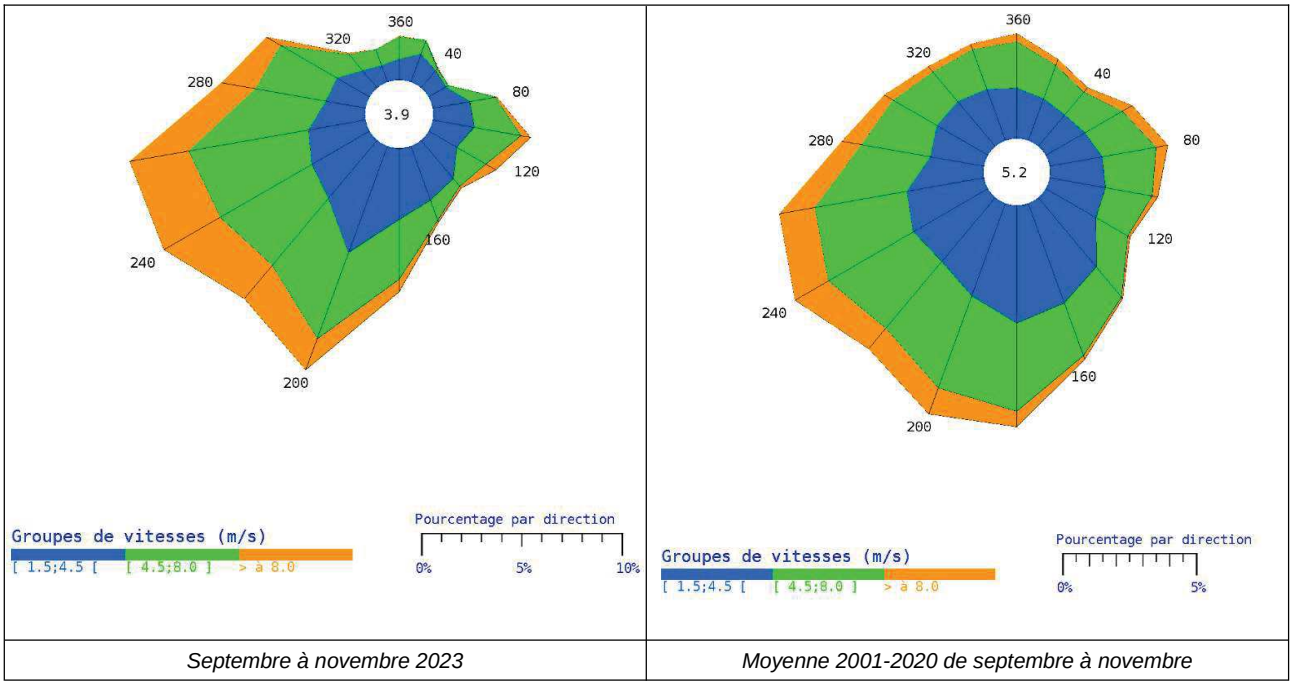
Illustration 33 : Roses des vents de l'été 2023 et moyenne sur la période 2001-2020 pour la station de Gonneville

h) Analyse de l'automne 2023 (mois de septembre à novembre)

La comparaison de la rose de vents observée sur la période de septembre à novembre 2023 avec les statistiques 2001-2020 sur cette même période, souligne une plus grande fréquence des vents sur un large secteur Ouest (entre 200° et 300° : représentant 59 % des cas sur la période observée contre 42 % pour les normales) au détriment d'un large secteur Est.

Les intensités de vents sont globalement plus fortes que la normale sur ces trois mois d'automne 2023. En effet, on note des vents forts supérieurs à 8.0 m/s pour 15 % des observations contre 9 % sur 20 ans et 40,8 % contre 39,4 % sur 20 ans de vents modérés entre 4.5 et 8.0 m/s. A l'opposé, les vents faibles et très faibles sont moins observés que la normale.

Cette analyse de vents plus forts que la normale s'explique en particulier par le passage de la tempête « Ciaran » entre le 01 et 02 novembre 2023 (rafales de secteur Ouest enregistrée à 37,5 m/s à Gonneville).



Septembre à novembre 2023	*Moyenne 2001-2020 de septembre à novembre*

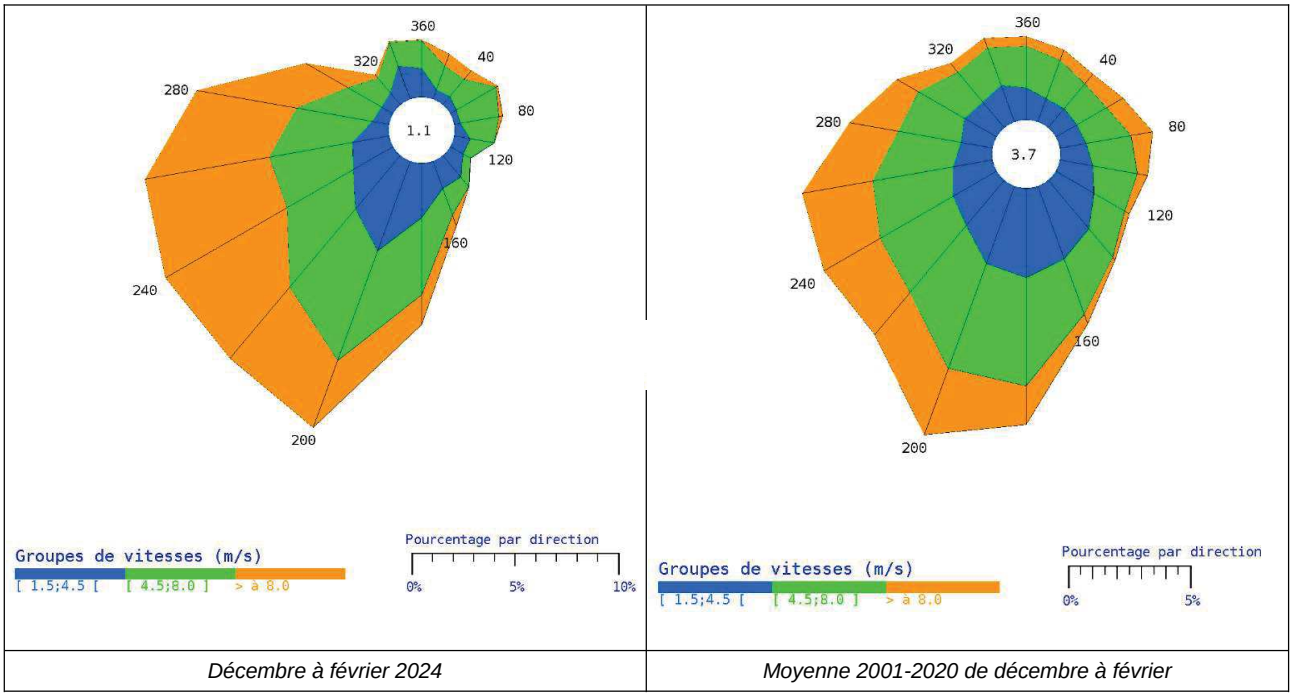
Illustration 34 : Roses des vents de l'automne 2023 et moyenne sur la période 2001-2020 pour la station de Gonneville

i) Analyse de l'hiver 2024 (mois de décembre 2023 à février 2024)

On trouve ici des roses de vents relativement ressemblantes dans leurs formes, mais on note cependant une assez nette sur-représentation des vents d'un très large secteur Ouest (entre 200° et 300° : représentant 65 % des cas sur la période observée contre 46 % pour les normales) au détriment du secteur opposé.

Sur cette période hivernale 2023, les vents forts supérieurs à 8.0 m/s sont sur-représentés soit 32.0 % des cas contre 21 % sur 20 ans, au détriment des vents plus faibles.

Il est à noter que cette période sera marquée par le passage d'un coup de vent sur une longue période du 29 décembre 2023 au 04 janvier 2024 et le passage de la tempête « Louis » le 22 février 2024 (rafales de secteur Ouest-Nord-Ouest enregistrée à 28 m/s à Gonneville). Les coups de vents et la tempête expliquent en grande partie cette analyse de vents observés en direction et force par rapport à la normale.



Décembre à février 2024	*Moyenne 2001-2020 de décembre à février*

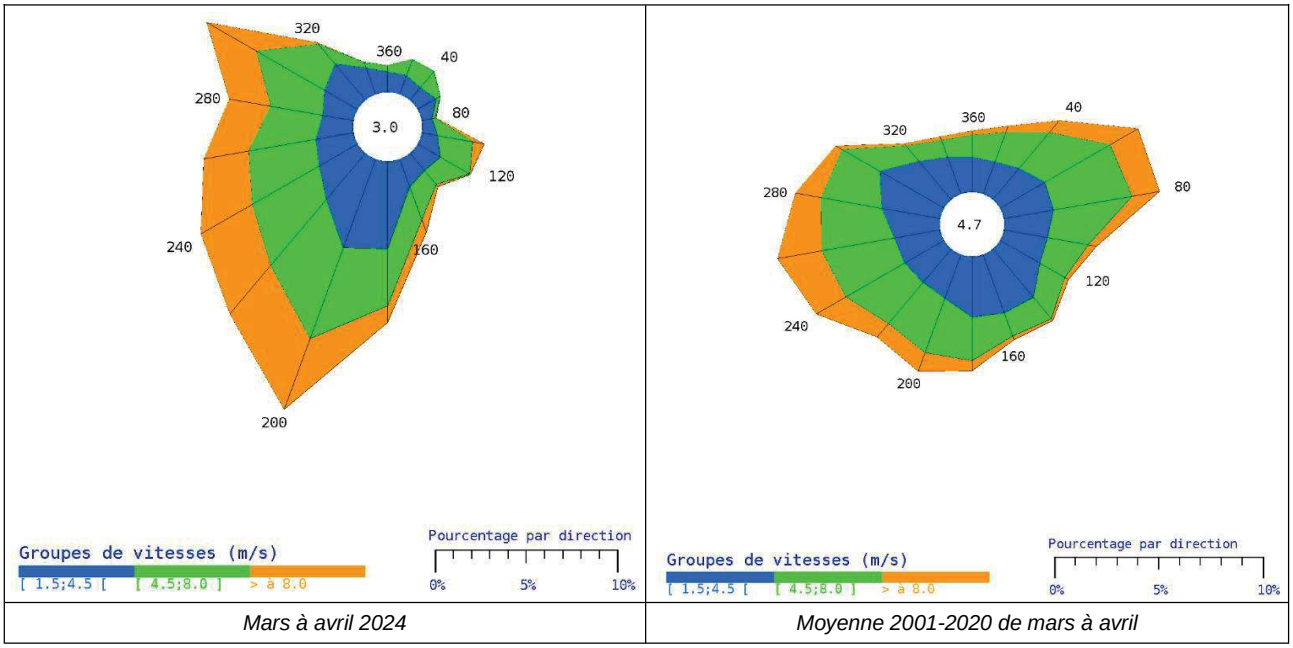
Illustration 35 : Roses des vents de l'hiver 2024 et moyenne sur la période 2001-2020 pour la station de Gonneville

j) Analyse des mois de mars et avril 2024

La comparaison de la rose de vents observée sur la période de mars à avril 2024 avec les statistiques 2001-2020 sur cette même période, souligne une plus grande fréquence des vents observée sur un large secteur Ouest (entre 180° et 320° : représentant 74 % des cas sur la période observée contre 49 % pour les normales) au détriment du secteur opposé.

Les intensités de vents sont globalement plus fortes que la normale sur ces deux mois de printemps 2024. En effet, on note des vents forts supérieurs à 8.0 m/s soit 21.5 % des observations contre 13 % sur 20 ans. En comparaison, les vents faibles entre 1.5 et 4.5 m/s soit 35,7 % des cas contre 42,8 % sur 20 ans.

Cette période sera marquée par le passage de la tempête « Nelson » entre le 28 et 29 mars 2024 (rafales de secteur Sud-Sud-Ouest enregistrée à 28,9 m/s à Gonneville) puis le passage de la tempête « Pierrick » entre le 08 et 09 avril 2024 (rafales de secteur Sud-Ouest enregistrée à 24,2 m/s à Gonneville).



Mars à avril 2024 | *Moyenne 2001-2020 de mars à avril*

Illustration 36 : Roses des vents de mars à avril 2024 et moyenne sur la période 2001-2020 pour la station de Gonneville

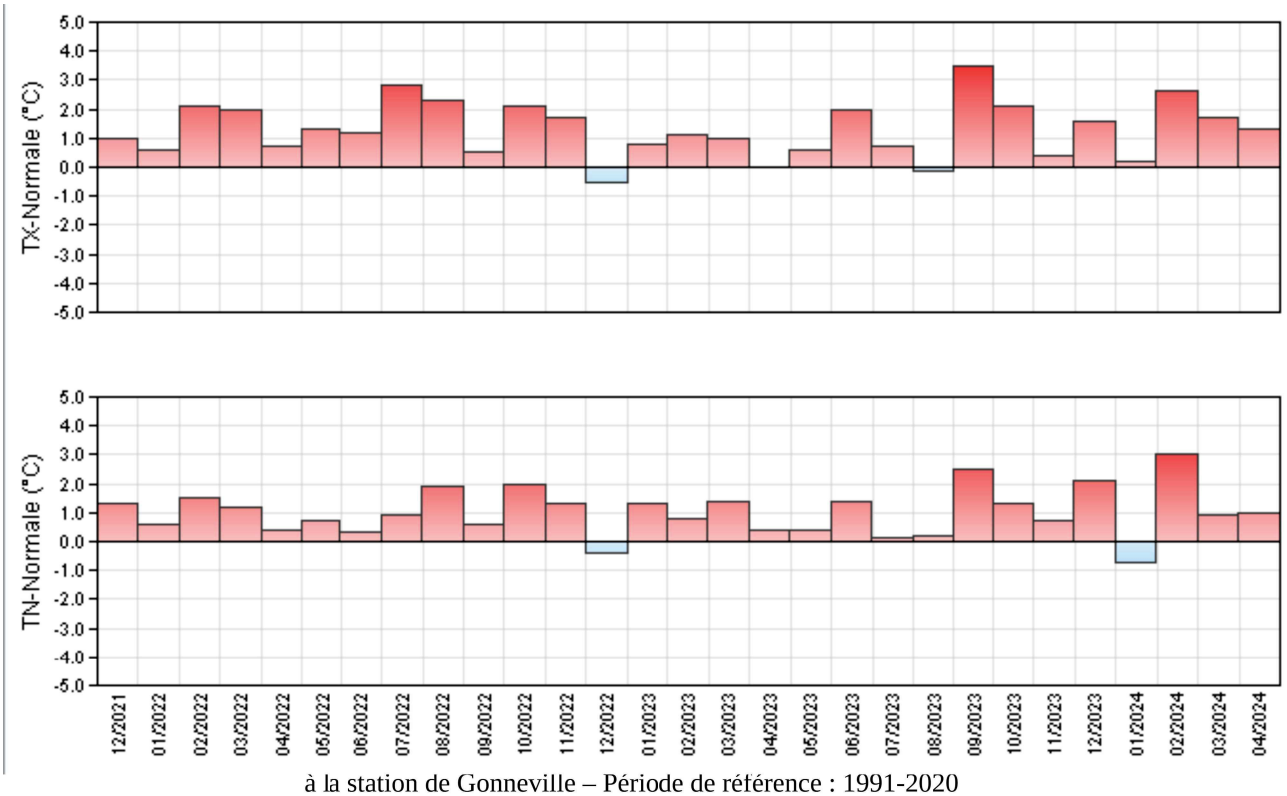
k) Coup de vent, tempêtes

L'événement le plus notable de la période est le passage de la tempête « Ciaran » avec des rafales de vent enregistrées à Gonneville de 37,5 m/s (135 km/h) entre le 01 et 02 novembre 2023.

2) Les températures

Concernant les températures maximales, exceptés 2 mois très légèrement déficitaires, sur l'ensemble de la période, elles ont été très largement supérieures aux normales établies sur 1991-2020. Les excédents sont particulièrement remarquables en juillet et août 2022, en septembre 2023 ainsi qu'en février 2024 avec des anomalies mensuelles comprises entre +2,3 à +3.5 °C.

On observe la même tendance sur le graphe des températures minimales, avec seulement 2 mois en dessous des normales, notamment décembre 2022 (-0,4 °C au-dessous de la normale) et janvier 2024 (-0,7 °C au-dessous de la normale). Tous les autres mois sont nettement excédentaires, ainsi, la constance et l'intensité de ces excédents de températures sont clairement la marque du changement climatique en cours.

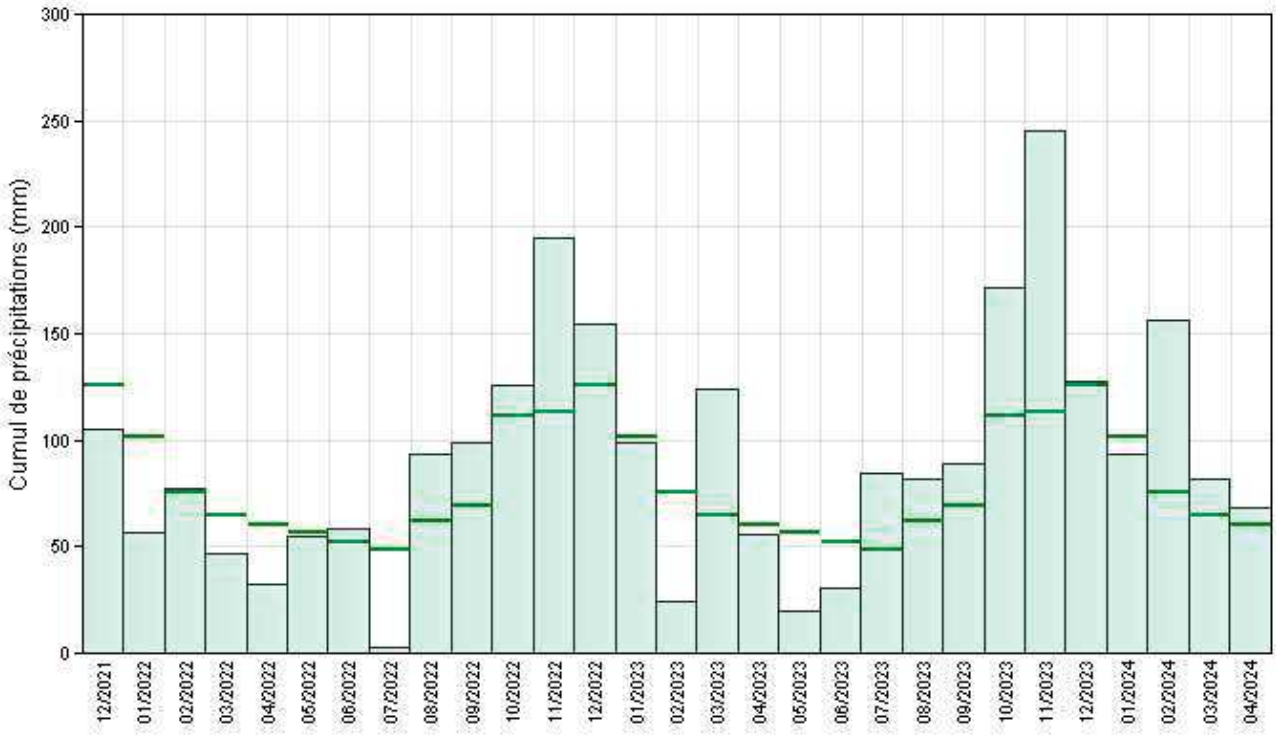


à la station de Gonneville – Période de référence : 1991-2020

3) Les précipitations

Le mois de décembre 2021 et la première moitié de l'année 2022 sont moins arrosés que la normale, en particulier le mois de juillet 2022 avec seulement 3 mm. Les périodes automnales et hivernales restent proches de la normale sauf les mois de novembre 2022 et novembre 2023 qui verront des pluies excédentaires voire abondantes avec respectivement 195,1 mm (+71,9%) et 245,5 mm (+116,3%).

Au final, il est tombé sur toute la période 2655,9 mm, soit un excédant de +11,7 % par rapport à la normale.



Cumuls mensuels de précipitations de décembre 2021 à avril 2024 à la station de Gonneville, histogrammes (en vert) et normale de précipitations (segments vert) - Période de référence : 1991 - 2020

Annexe 2 : Situation du 16 au 17 février 2022 (tempête « Dudley »)

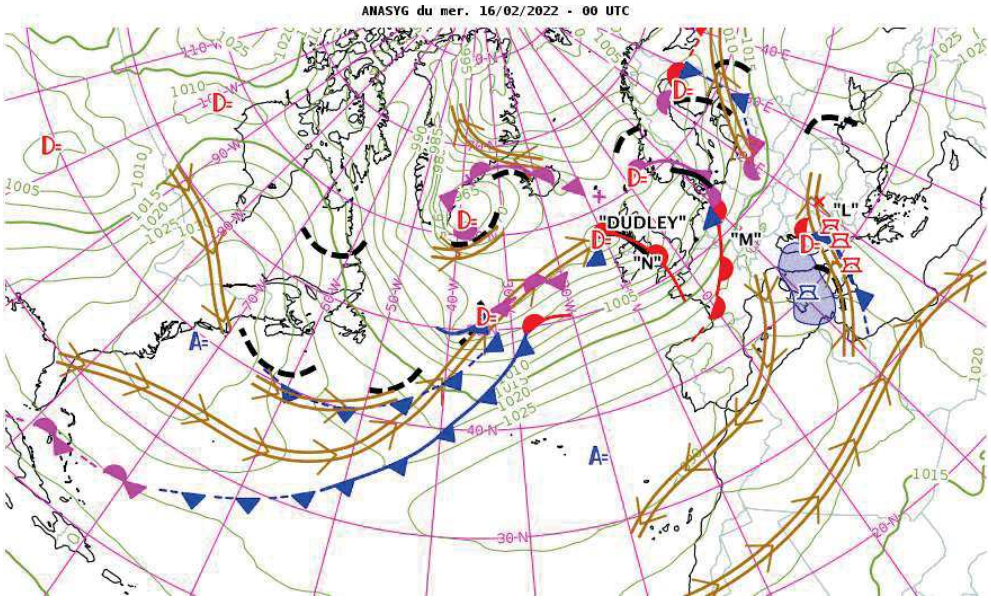


Illustration 37 : Anasyg du mercredi 16 février à 00 UTC

Avec l'anticyclone qui s'est retiré sur les Açores, le jet d'ouest a repris sa place entre l'Atlantique et la Grande-Bretagne. Dans ce flux rapide d'ouest, la dépression « Dudley » circule durant la nuit de mercredi 16 au jeudi 17 de l'Écosse vers la Scandinavie, engendrant des vents tempétueux jusque sur le nord de la France.

La partie sud de la dépression a balayé le nord du pays du mercredi 16 en fin d'après-midi au jeudi 17 février en matinée avec les valeurs les plus fortes dépassant les 100 km/h sur les côtes de la Manche.

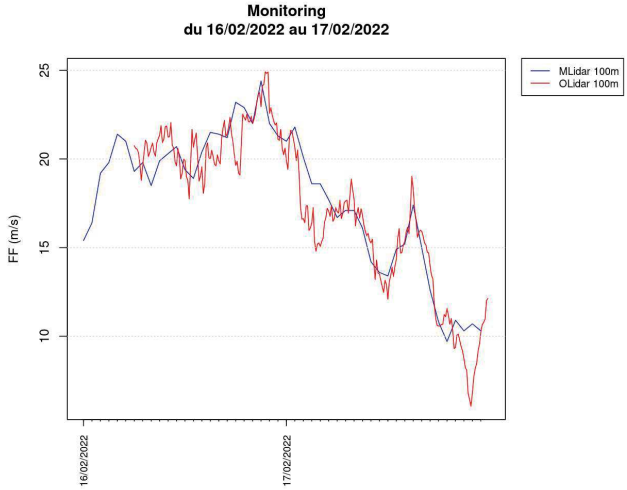


Illustration 38 :Comparaison des mesures du Lidar avec le modèle AROME du 16 au 17 février 2022

On observe que les courbes de FF (m/s) entre les vents observés par le LIDAR et la modélisation AROME sont relativement similaires dans la progression de la tempête « Dudley » . Un pic d'intensité à 25 m/s est mesuré durant la nuit, plutôt bien modélisé par AROME. A l'arrière de la tempête, la décroissance du vent est progressive. Toutefois le modèle semble très légèrement au-dessus de l'observation en fin de nuit.

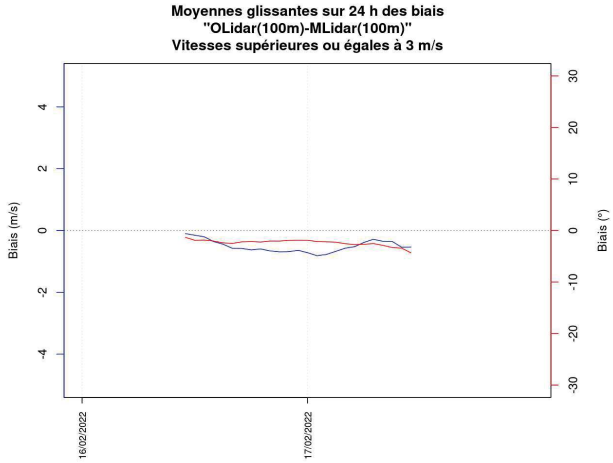


Illustration 39 : Biais des mesures du Lidar avec le modèle AROME les 16 et 17 février 2022

La moyenne glissante sur 24h des biais entre la mesure du vent Lidar à 100 m et le modèle AROME confirme ce faible écart entre observation et modélisation, avec un biais d'intensité (courbe bleue) inférieure à 1m/s et de direction du vent (courbe rouge) en dessous de 5°.

Annexe 3 : Situation du 18 février 2022 (tempête « Eunice »)

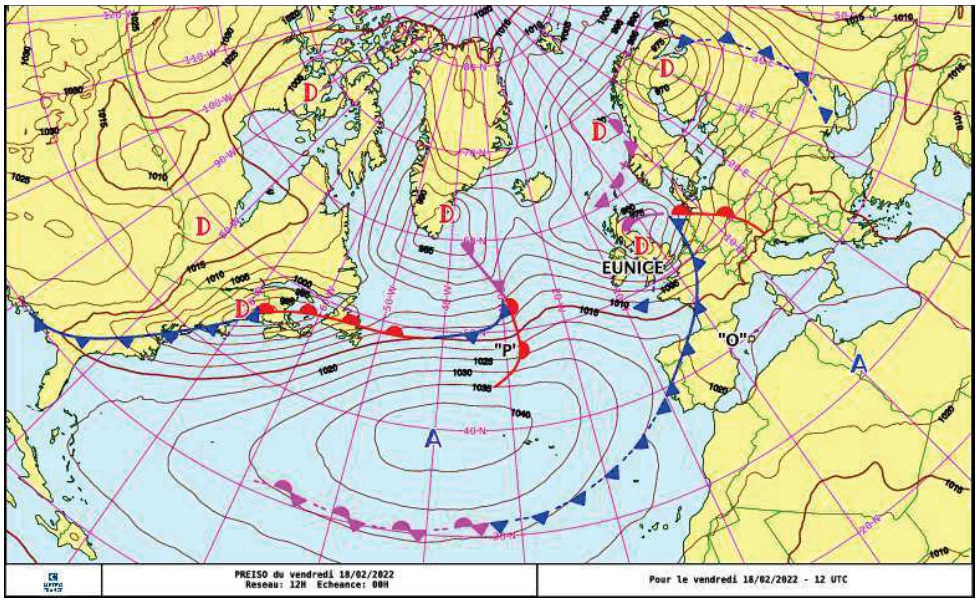


Illustration 40 : Preiso du vendredi 18 février à 12 UTC

Après la tempête « Dundley » ayant balayé le nord de l'Europe du 16 au 17 février avec des vents violents sur les côtes de la Manche, la tempête « Eunice » du 18 février 2022 balaie une nouvelle fois une petite moitié nord du pays. Là encore La Somme, le Nord et le Pas-de-Calais sont les départements les plus touchés, suivis de la Manche, du Calvados et de la Seine-Maritime.

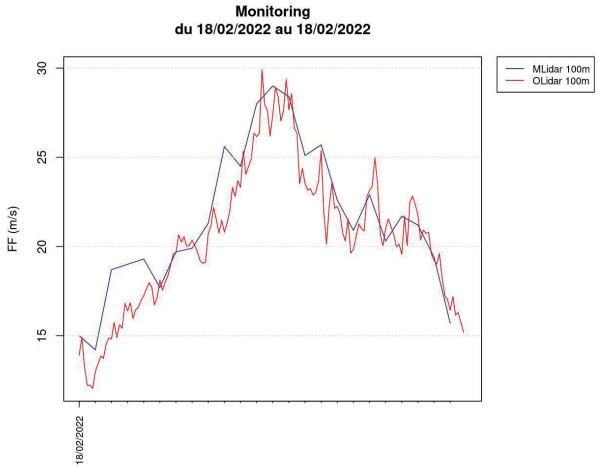


Illustration 41 :Comparaison des mesures du Lidar avec le modèle AROME le 18 février 2022

La comparaison entre les forces de vent observées par le Lidar et la modélisation AROME ne montre pas d'anomalie particulière. La bonne convergence des deux courbes traduit une bonne corrélation en termes d'intensité et de chronologie des évènements. On peut seulement noter une légère surestimation des vents par le modèle en début d'échéance, des pics de vent observés légèrement plus fort au maximum de l'intensité à la mi-journée ainsi qu'à l'arrière de la dépression dans la traîne. Il est également à noter que la résolution temporelle des observations, nettement supérieure au modèle, fait apparaître des variations plus rapides liées aux phénomènes de petite échelle (averses, grains, cisaillements…).

Annexe 4 : Situation du 1er au 2 novembre 2023 (tempête « Ciarán »)

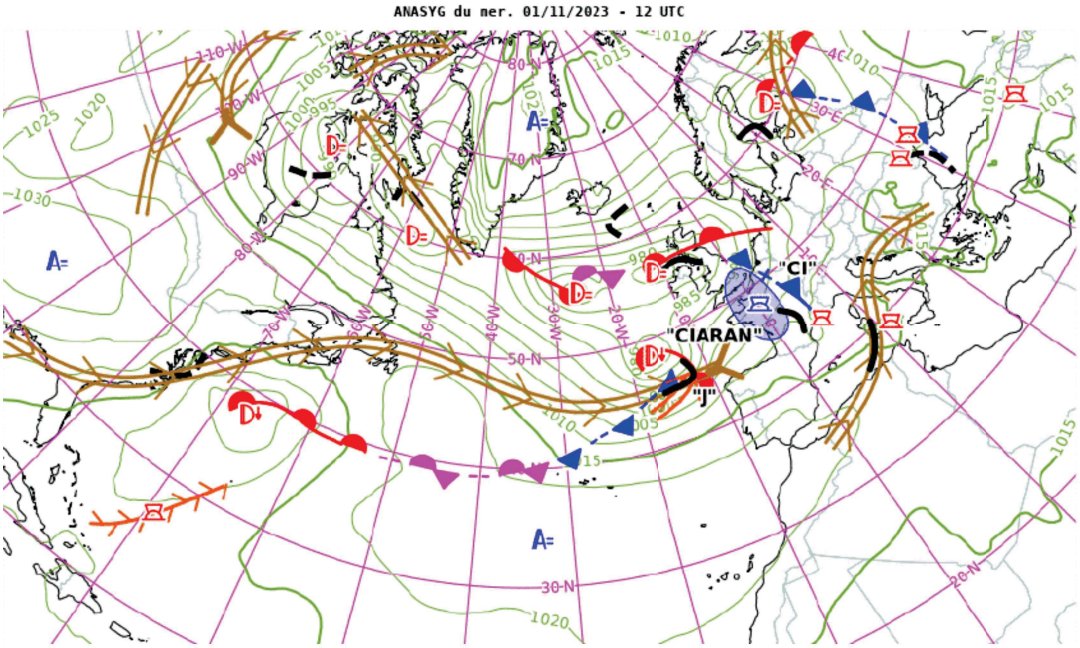


Illustration 42: Anasyg du mercredi 1er novembre 2023 à 12 UTC

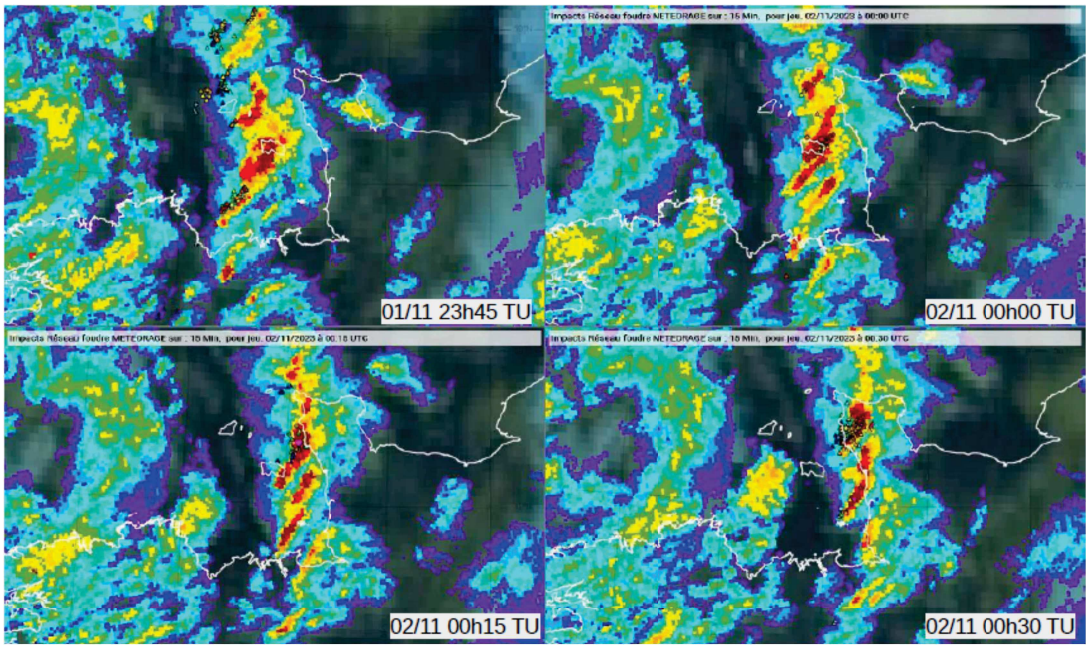


Illustration 43 : Image satellite MSG-RSS + maximum de réflectivité (Opéra) + impacts UKMO 15min

La tempête Ciarán concerne principalement la Bretagne et la Normandie du 1er au 2 novembre. 3 départements (Finistère, Côtes d'Armor et Manche) sont placés en vigilance rouge le 01/11/2023.

Cette tempête en plein cœur de l'automne marquera la Bretagne et la Normandie de part les valeurs extrêmes en particulier les records absolus de vent.

Cette tempête est ainsi l'occasion de comparer les mesures, tout particulièrement en présence d'instabilité. En atteste le passage de la cellule orageuse (avec tornade observée selon Tornado and Storm Research Organisation) qui a touché l'île de Jersey vers 00h00UTC avant de se décaler sur la zone d'études 30 minutes plus tard (voir image satellite ci-dessus).

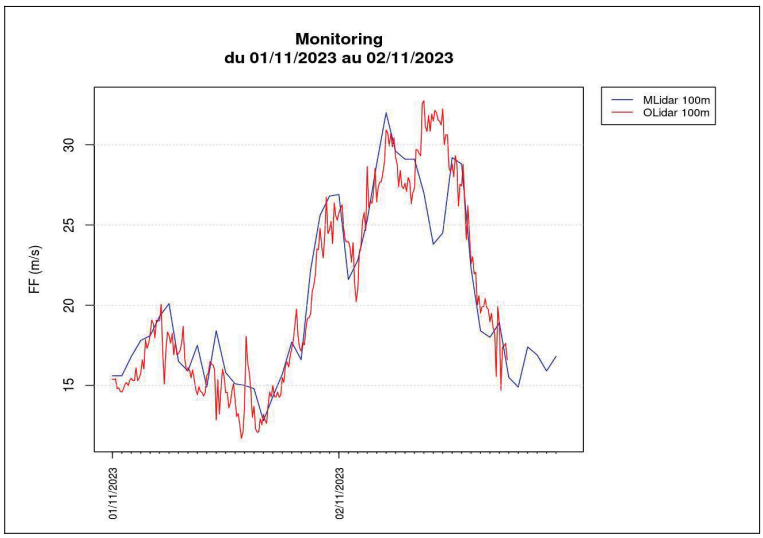


Illustration 44 : Comparaison des mesures du Lidar avec le modèle AROME les 1er et 2 novembre 2023

Malgré la forte intensité de vent et la présence d'instabilité durant cette période, on observe une très bonne corrélation entre les valeurs de vent à 100 m enregistrées par le Lidar et celles issues de la modélisation AROME. La contiguïté des courbes traduit une excellente concordance des données que ce soit en termes d'intensité des vents ou de synchronisation temporelle.

On peut juste remarquer un pic de vent observé supérieur à 30 m/s le 2 en fin de matinée qui n'a pas été prévu par le modèle. Cela est lié à la succession de cellules orages exceptionnelles ce jour-là.

Par ailleurs, la résolution temporelle du modèle limitée à 1 heure ne permet pas de voir les phénomènes de courte durée (oscillations) enregistrés par les capteurs.

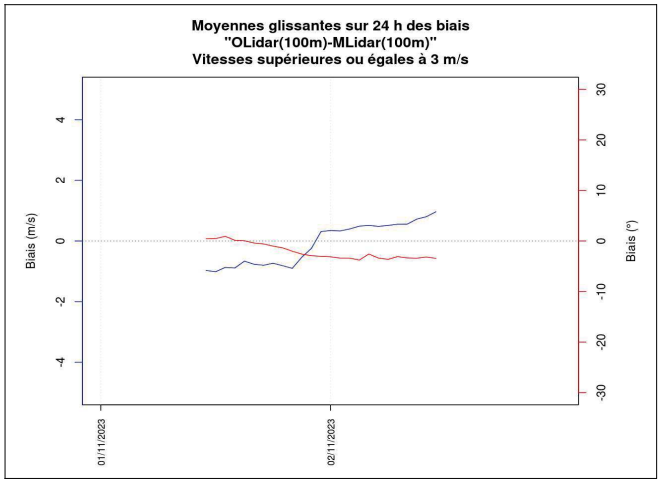
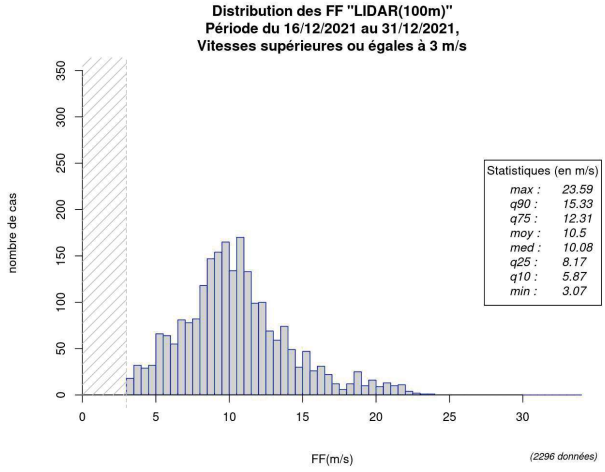
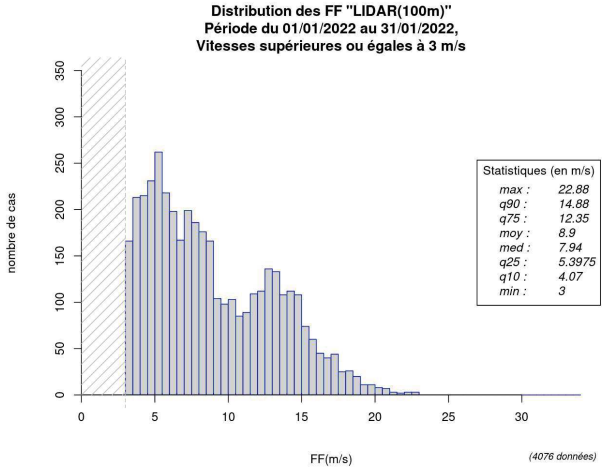


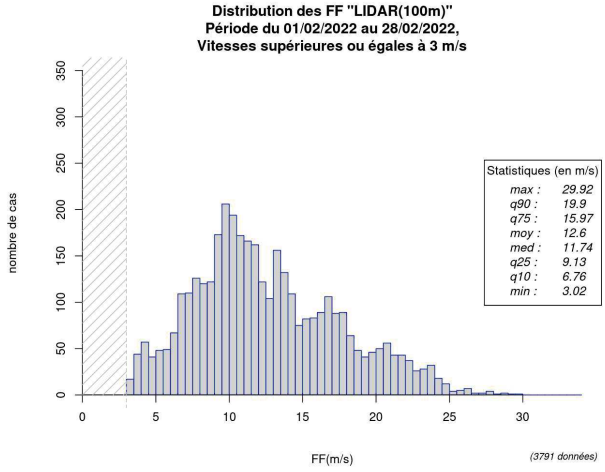
Illustration 45 : Biais des mesures du Lidar avec le modèle AROME les 1er et 2 novembre 2023

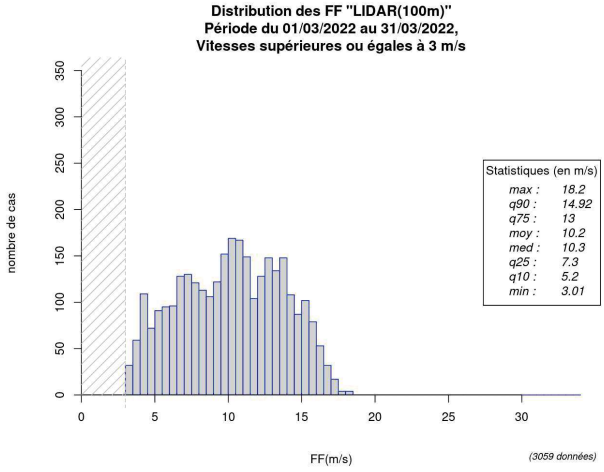
Malgré la forte intensité de vent et la présence d'instabilité durant cette période, la moyenne glissante sur 24h des biais entre la mesure du vent Lidar à 100 m et le modèle AROME confirme ce très faible écart entre observation et modélisation. Avec un biais d'intensité (courbe bleue) inférieure à 1 m/s et de direction du vent (courbe rouge) comprise entre zéro et 5 degrés.

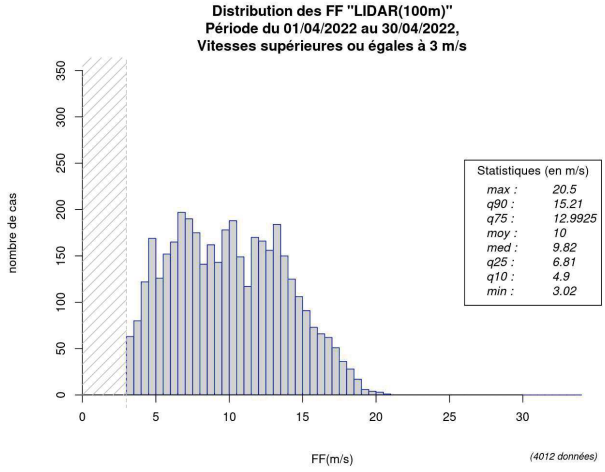
Annexe 5 : Distributions mensuelles des forces de vent du LiDAR à 100m (données brutes seuillées à 3 m/s)

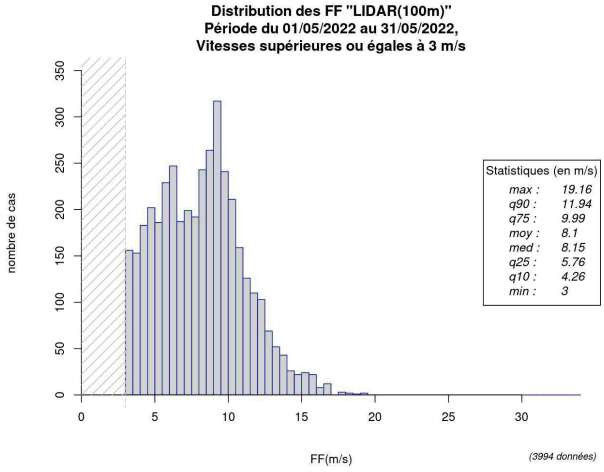


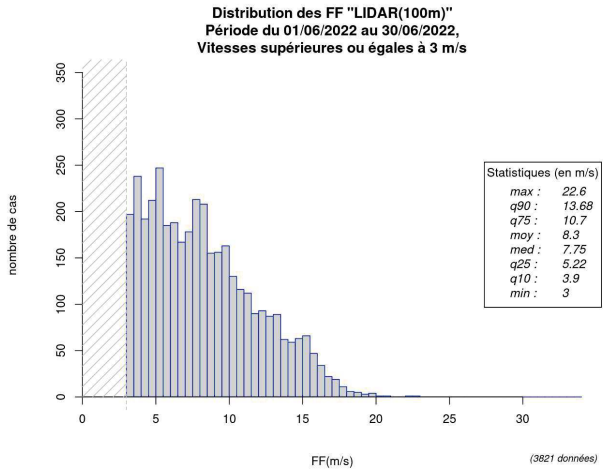


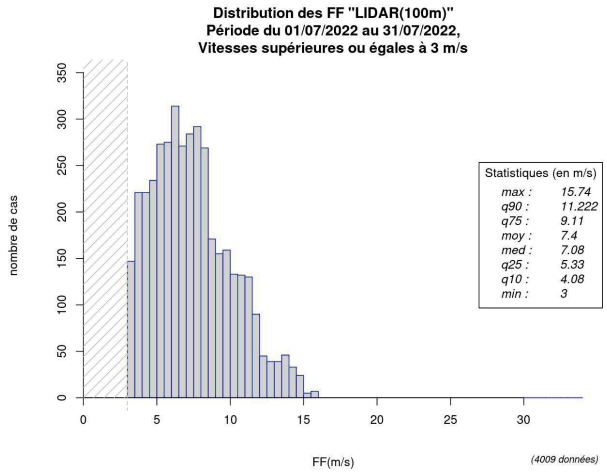


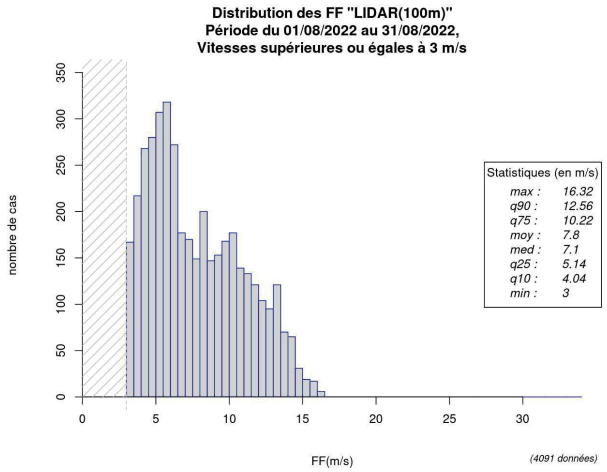


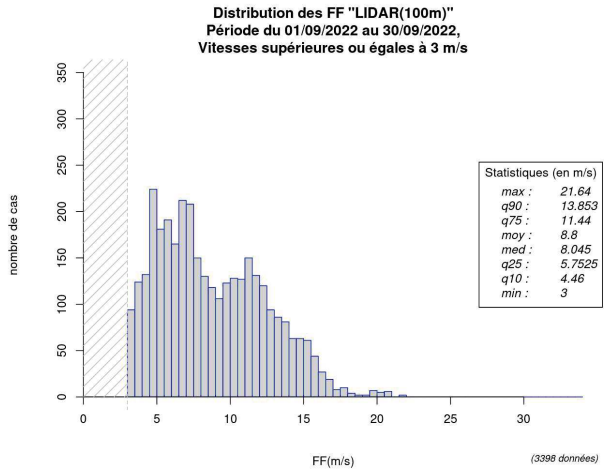


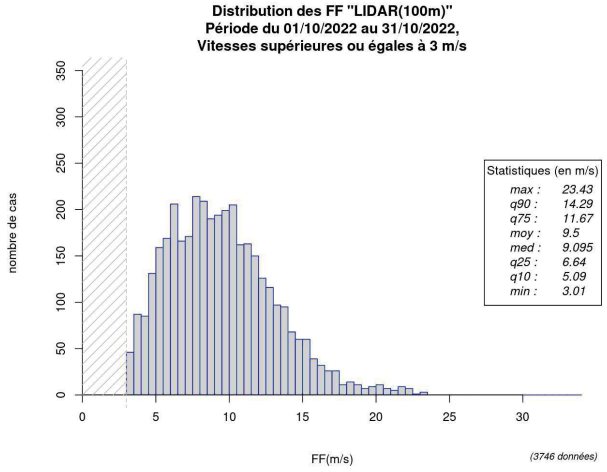


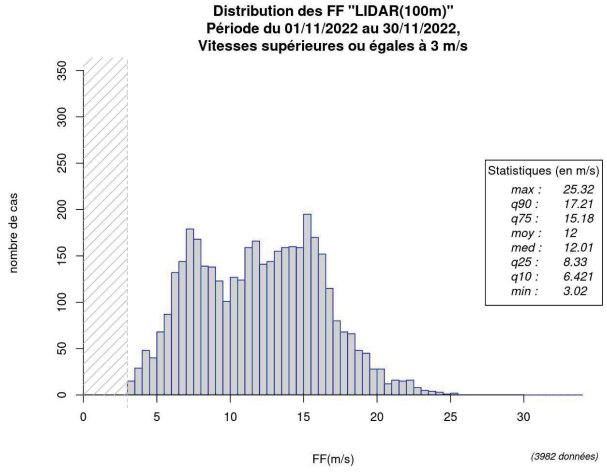

Distribution des FF "LIDAR(100m)"
Période du 01/06/2022 au 30/06/2022,
Vitesses supérieures ou égales à 3 m/s
nombre de cas
FF(m/s)
(3821 données)
Statistiques (en m/s)
max : 22.6
q90 : 13.68
q75 : 10.7
moy : 8.3
med : 7.75
q25 : 5.22
q10 : 3.9
min : 3

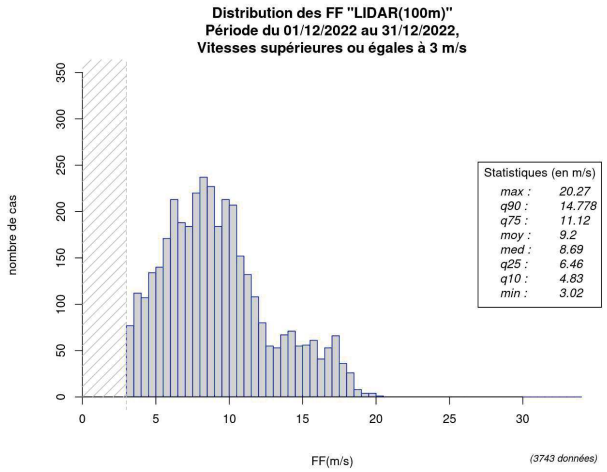

Distribution des FF "LIDAR(100m)"
Période du 01/07/2022 au 31/07/2022,
Vitesses supérieures ou égales à 3 m/s
nombre de cas
FF(m/s)
(4009 données)
Statistiques (en m/s)
max : 15.74
q90 : 11.222
q75 : 9.11
moy : 7.4
med : 7.08
q25 : 5.33
q10 : 4.08
min : 3

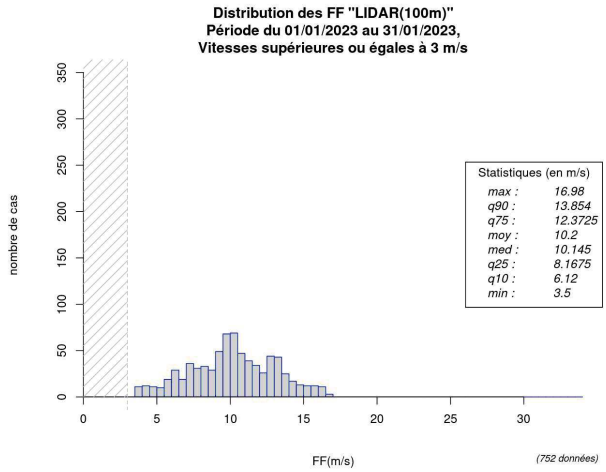

Distribution des FF "LIDAR(100m)"
Période du 01/08/2022 au 31/08/2022,
Vitesses supérieures ou égales à 3 m/s
nombre de cas
FF(m/s)
(4091 données)
Statistiques (en m/s)
max : 16.32
q90 : 12.56
q75 : 10.22
moy : 7.8
med : 7.1
q25 : 5.14
q10 : 4.04
min : 3

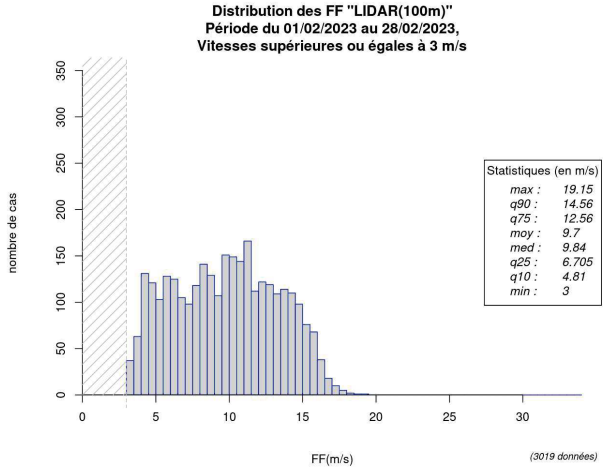

Distribution des FF "LIDAR(100m)"
Période du 01/09/2022 au 30/09/2022,
Vitesses supérieures ou égales à 3 m/s
nombre de cas
FF(m/s)
(3398 données)
Statistiques (en m/s)
max : 21.64
q90 : 13.853
q75 : 11.44
moy : 8.8
med : 8.045
q25 : 5.7525
q10 : 4.46
min : 3

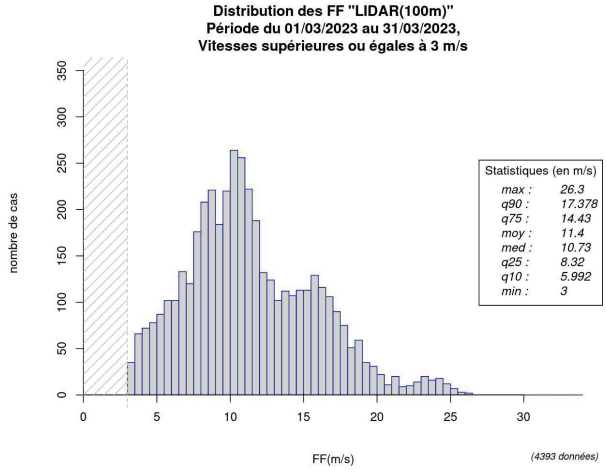

Distribution des FF "LIDAR(100m)"
Période du 01/10/2022 au 31/10/2022,
Vitesses supérieures ou égales à 3 m/s
nombre de cas
FF(m/s)
(3746 données)
Statistiques (en m/s)
max : 23.43
q90 : 14.29
q75 : 11.67
moy : 9.5
med : 9.095
q25 : 6.64
q10 : 5.09
min : 3.01

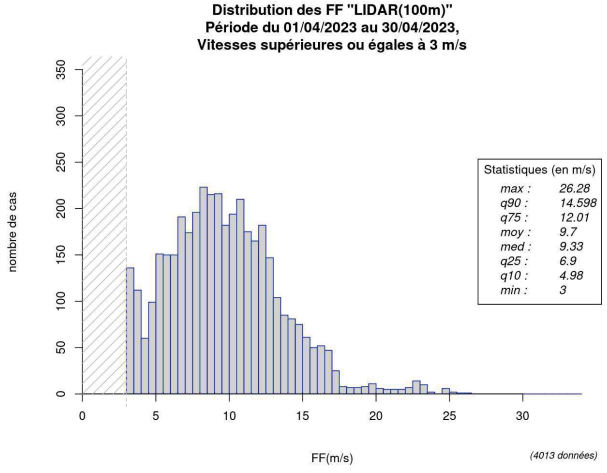

Distribution des FF "LIDAR(100m)"
Période du 01/11/2022 au 30/11/2022,
Vitesses supérieures ou égales à 3 m/s
nombre de cas
FF(m/s)
(3982 données)
Statistiques (en m/s)
max : 25.32
q90 : 17.21
q75 : 15.18
moy : 12
med : 12.01
q25 : 8.33
q10 : 6.421
min : 3.02

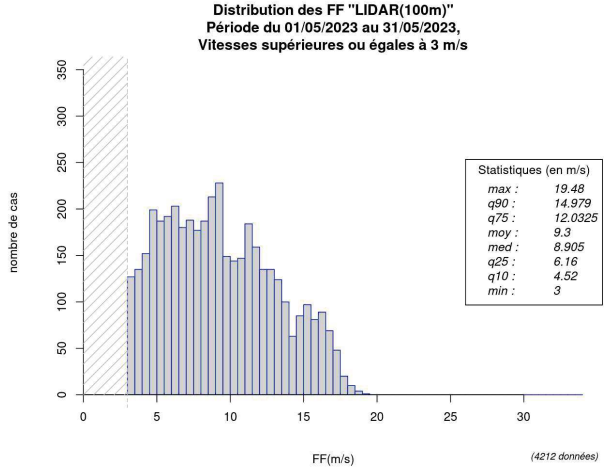

Distribution des FF "LIDAR(100m)"
Période du 01/12/2022 au 31/12/2022,
Vitesses supérieures ou égales à 3 m/s
Statistiques (en m/s)
max : 20.27
q90 : 14.778
q75 : 11.12
moy : 9.2
med : 8.69
q25 : 6.46
q10 : 4.83
min : 3.02
nombre de cas
FF(m/s)
(3743 données)

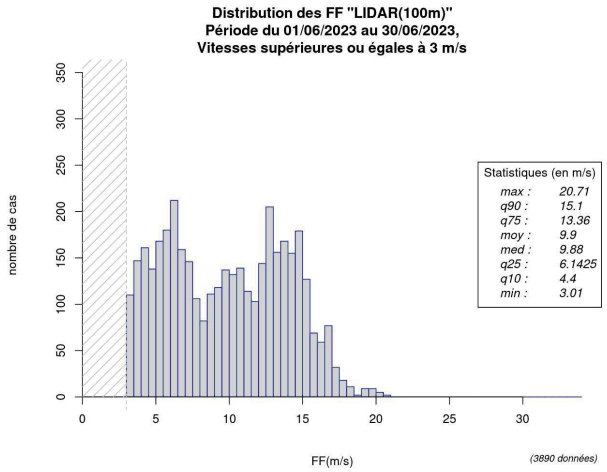

Distribution des FF "LIDAR(100m)"
Période du 01/01/2023 au 31/01/2023,
Vitesses supérieures ou égales à 3 m/s
Statistiques (en m/s)
max : 16.98
q90 : 13.854
q75 : 12.3725
moy : 10.2
med : 10.145
q25 : 8.1675
q10 : 6.12
min : 3.5
nombre de cas
FF(m/s)
(752 données)

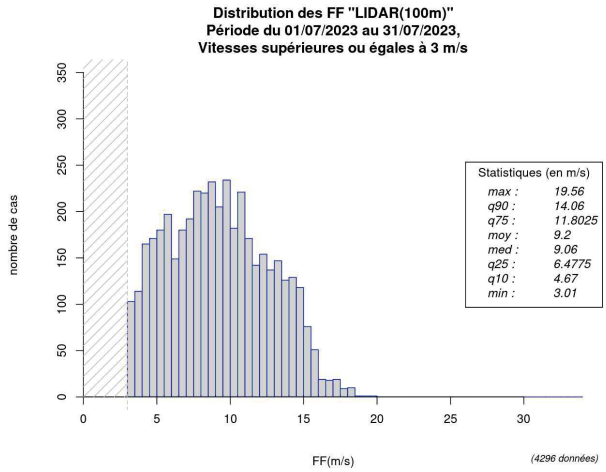

Distribution des FF "LIDAR(100m)"
Période du 01/02/2023 au 28/02/2023,
Vitesses supérieures ou égales à 3 m/s
Statistiques (en m/s)
max : 19.15
q90 : 14.56
q75 : 12.56
moy : 9.7
med : 9.84
q25 : 6.705
q10 : 4.81
min : 3
nombre de cas
FF(m/s)
(3019 données)

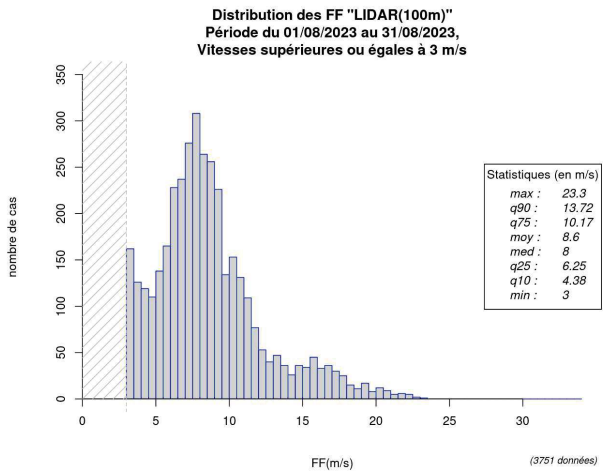

Distribution des FF "LIDAR(100m)"
Période du 01/03/2023 au 31/03/2023,
Vitesses supérieures ou égales à 3 m/s
Statistiques (en m/s)
max : 26.3
q90 : 17.378
q75 : 14.43
moy : 11.4
med : 10.73
q25 : 8.32
q10 : 5.992
min : 3
nombre de cas
FF(m/s)
(4393 données)

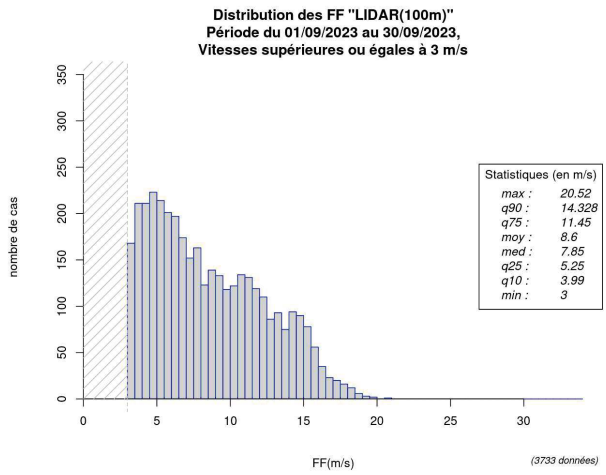

Distribution des FF "LIDAR(100m)"
Période du 01/04/2023 au 30/04/2023,
Vitesses supérieures ou égales à 3 m/s
Statistiques (en m/s)
max : 26.28
q90 : 14.598
q75 : 12.01
moy : 9.7
med : 9.33
q25 : 6.9
q10 : 4.98
min : 3
nombre de cas
FF(m/s)
(4013 données)

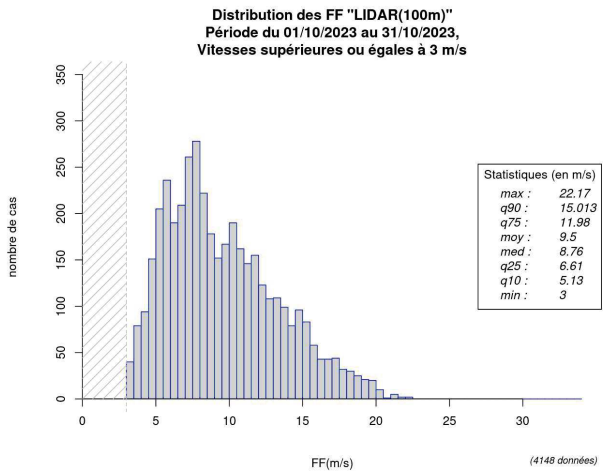

Distribution des FF "LIDAR(100m)"
Période du 01/05/2023 au 31/05/2023,
Vitesses supérieures ou égales à 3 m/s
Statistiques (en m/s)
max : 19.48
q90 : 14.979
q75 : 12.0325
moy : 9.3
med : 8.905
q25 : 6.16
q10 : 4.52
min : 3
nombre de cas
FF(m/s)
(4212 données)

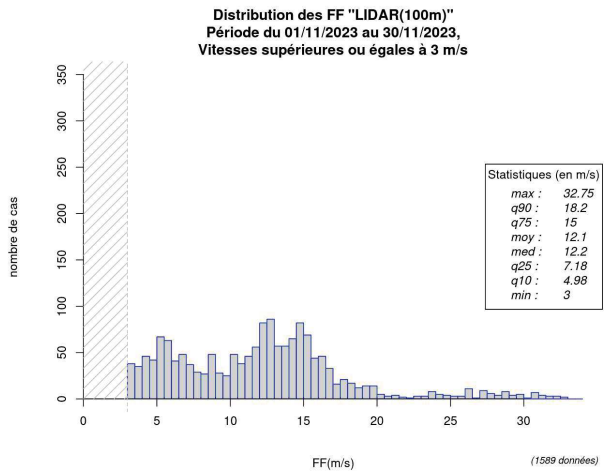

Distribution des FF "LIDAR(100m)"
Période du 01/06/2023 au 30/06/2023,
Vitesses supérieures ou égales à 3 m/s
nombre de cas
FF(m/s)
(3890 données)
Statistiques (en m/s)
max : 20.71
q90 : 15.1
q75 : 13.36
moy : 9.9
med : 9.88
q25 : 6.1425
q10 : 4.4
min : 3.01

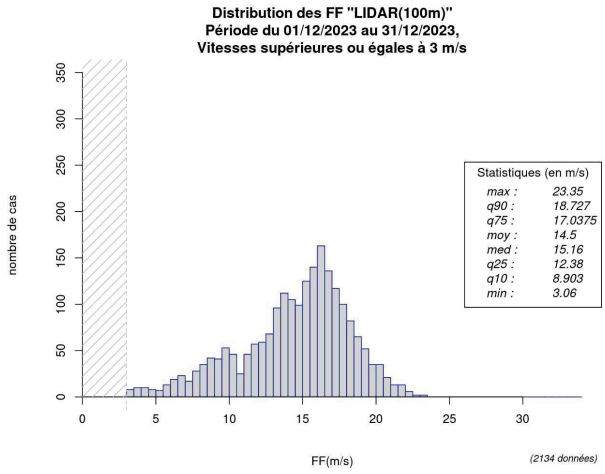

Distribution des FF "LIDAR(100m)"
Période du 01/07/2023 au 31/07/2023,
Vitesses supérieures ou égales à 3 m/s
nombre de cas
FF(m/s)
(4296 données)
Statistiques (en m/s)
max : 19.56
q90 : 14.06
q75 : 11.8025
moy : 9.2
med : 9.06
q25 : 6.4775
q10 : 4.67
min : 3.01

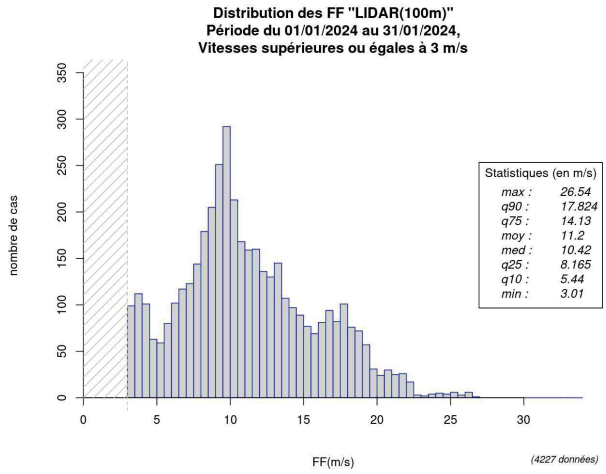

Distribution des FF "LIDAR(100m)"
Période du 01/08/2023 au 31/08/2023,
Vitesses supérieures ou égales à 3 m/s
nombre de cas
FF(m/s)
(3751 données)
Statistiques (en m/s)
max : 23.3
q90 : 13.72
q75 : 10.17
moy : 8.6
med : 8
q25 : 6.25
q10 : 4.38
min : 3

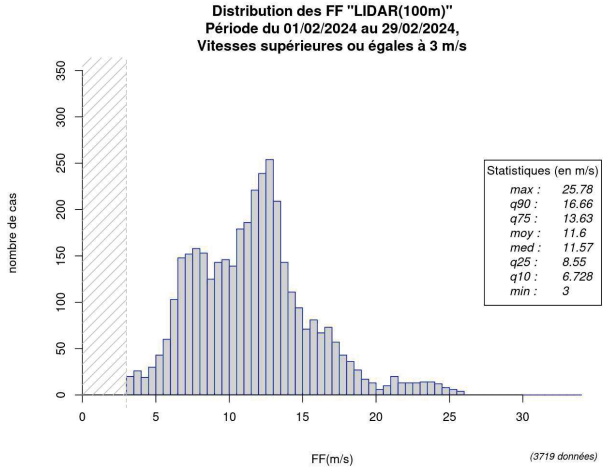

Distribution des FF "LIDAR(100m)"
Période du 01/09/2023 au 30/09/2023,
Vitesses supérieures ou égales à 3 m/s
nombre de cas
FF(m/s)
(3733 données)
Statistiques (en m/s)
max : 20.52
q90 : 14.328
q75 : 11.45
moy : 8.6
med : 7.85
q25 : 5.25
q10 : 3.99
min : 3

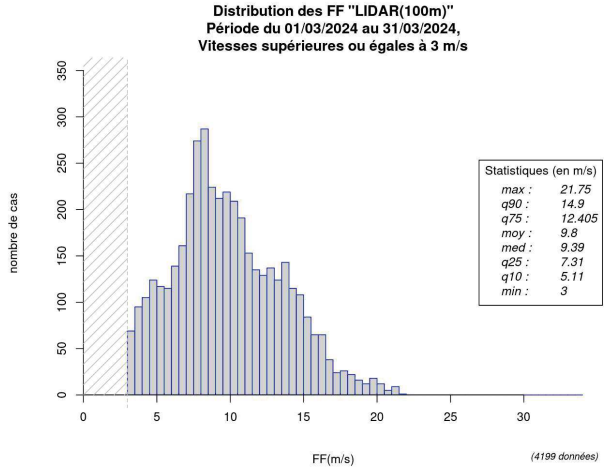

Distribution des FF "LIDAR(100m)"
Période du 01/10/2023 au 31/10/2023,
Vitesses supérieures ou égales à 3 m/s
nombre de cas
FF(m/s)
(4148 données)
Statistiques (en m/s)
max : 22.17
q90 : 15.013
q75 : 11.98
moy : 9.5
med : 8.76
q25 : 6.61
q10 : 5.13
min : 3

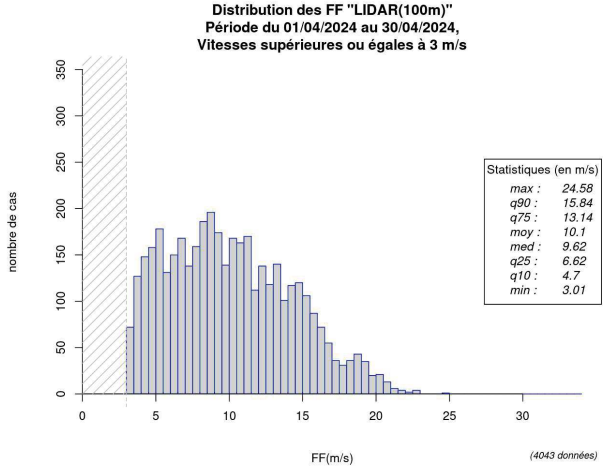

Distribution des FF "LIDAR(100m)"
Période du 01/11/2023 au 30/11/2023,
Vitesses supérieures ou égales à 3 m/s
nombre de cas
FF(m/s)
(1589 données)
Statistiques (en m/s)
max : 32.75
q90 : 18.2
q75 : 15
moy : 12.1
med : 12.2
q25 : 7.18
q10 : 4.98
min : 3


Distribution des FF "LIDAR(100m)"
Période du 01/12/2023 au 31/12/2023,
Vitesses supérieures ou égales à 3 m/s
Statistiques (en m/s)
max : 23.35
q90 : 18.727
q75 : 17.0375
moy : 14.5
med : 15.16
q25 : 12.38
q10 : 8.903
min : 3.06
nombre de cas
FF(m/s)
(2134 données)

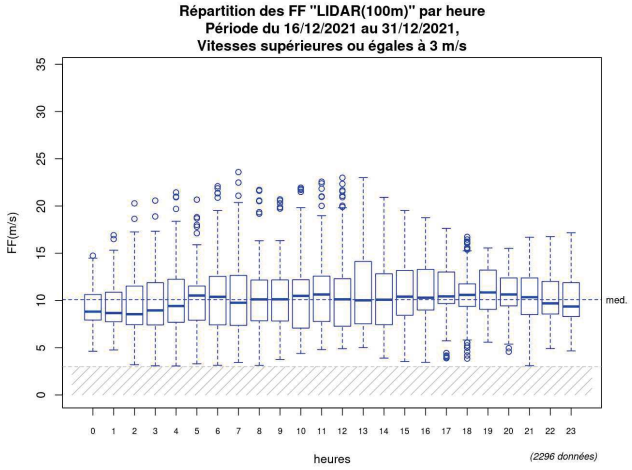

Distribution des FF "LIDAR(100m)"
Période du 01/01/2024 au 31/01/2024,
Vitesses supérieures ou égales à 3 m/s
Statistiques (en m/s)
max : 26.54
q90 : 17.824
q75 : 14.13
moy : 11.2
med : 10.42
q25 : 8.165
q10 : 5.44
min : 3.01
nombre de cas
FF(m/s)
(4227 données)

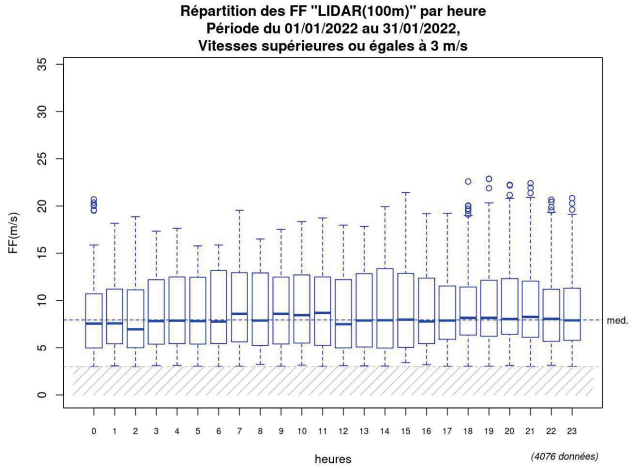

Distribution des FF "LIDAR(100m)"
Période du 01/02/2024 au 29/02/2024,
Vitesses supérieures ou égales à 3 m/s
Statistiques (en m/s)
max : 25.78
q90 : 16.66
q75 : 13.63
moy : 11.6
med : 11.57
q25 : 8.55
q10 : 6.728
min : 3
nombre de cas
FF(m/s)
(3719 données)

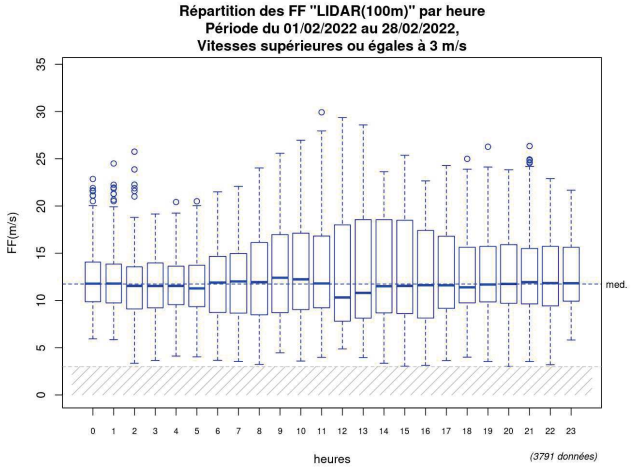

Distribution des FF "LIDAR(100m)"
Période du 01/03/2024 au 31/03/2024,
Vitesses supérieures ou égales à 3 m/s
Statistiques (en m/s)
max : 21.75
q90 : 14.9
q75 : 12.405
moy : 9.8
med : 9.39
q25 : 7.31
q10 : 5.11
min : 3
nombre de cas
FF(m/s)
(4199 données)

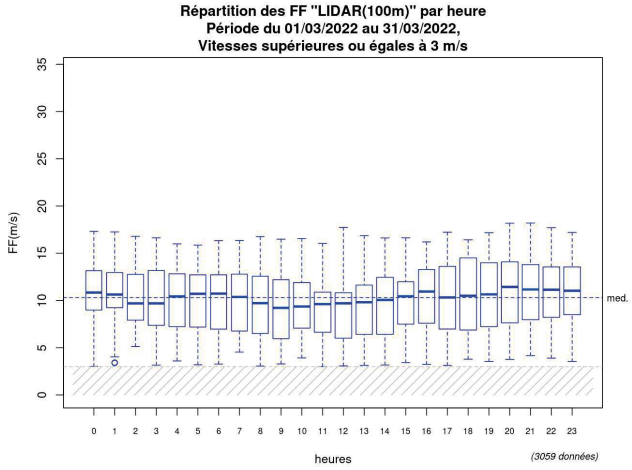

Distribution des FF "LIDAR(100m)"
Période du 01/04/2024 au 30/04/2024,
Vitesses supérieures ou égales à 3 m/s
Statistiques (en m/s)
max : 24.58
q90 : 15.84
q75 : 13.14
moy : 10.1
med : 9.62
q25 : 6.62
q10 : 4.7
min : 3.01
nombre de cas
FF(m/s)
(4043 données)

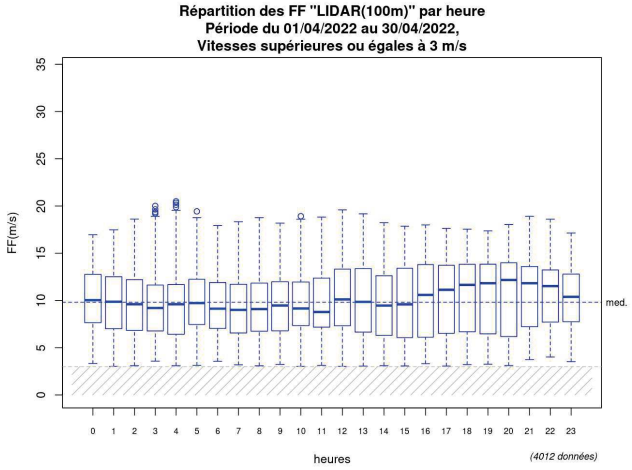
Annexe 6 : Répartitions horaires par mois des forces de vent du LiDAR à 100m (données brutes seuillées à 3 m/s)

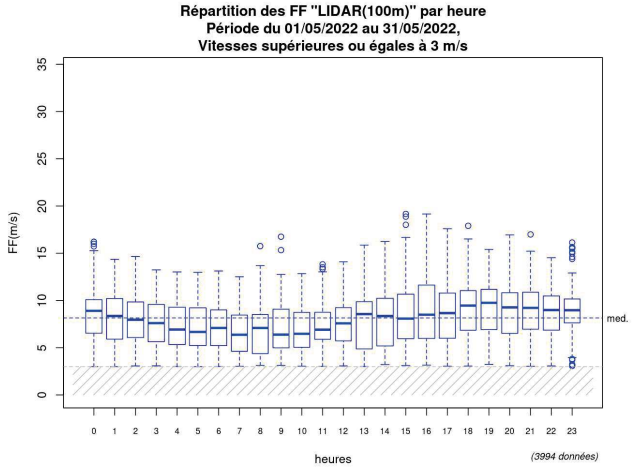


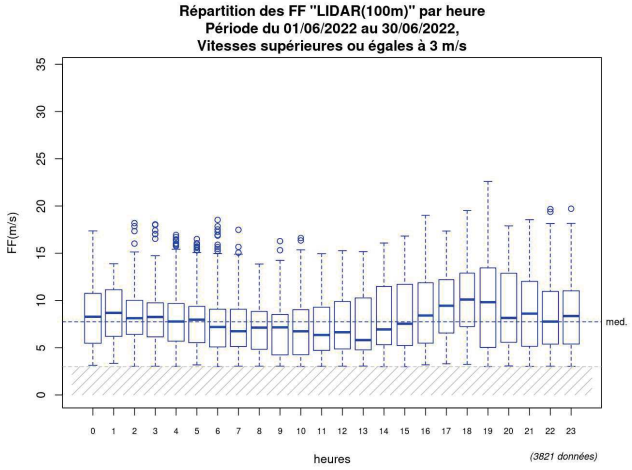


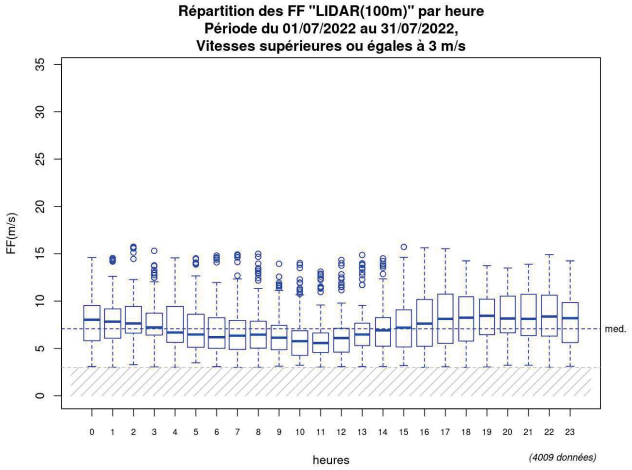


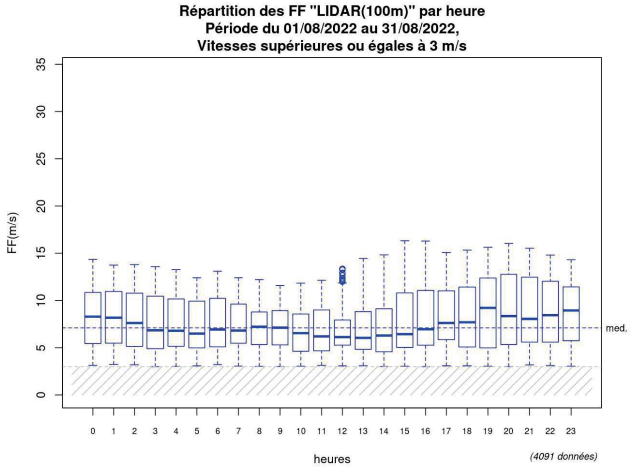


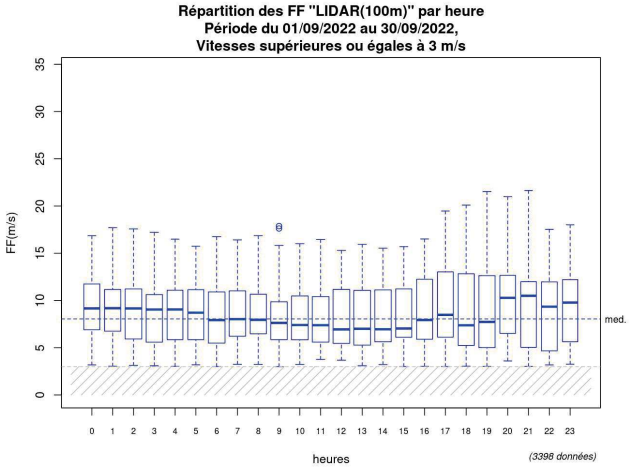


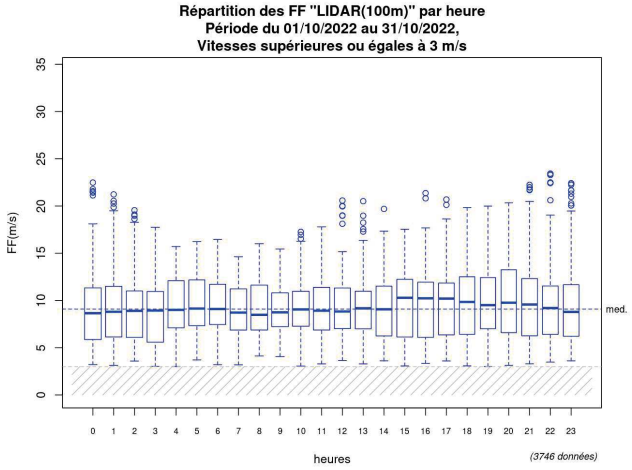


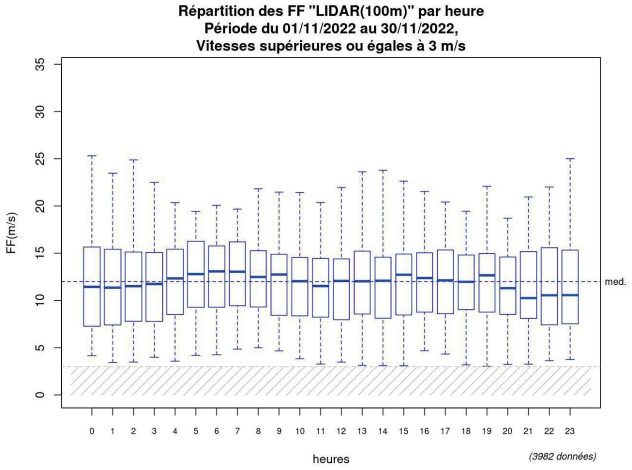

Répartition des FF "LIDAR(100m)" par heure
Période du 01/06/2022 au 30/06/2022,
Vitesses supérieures ou égales à 3 m/s
FF(m/s)
heures
med.
(3821 données)

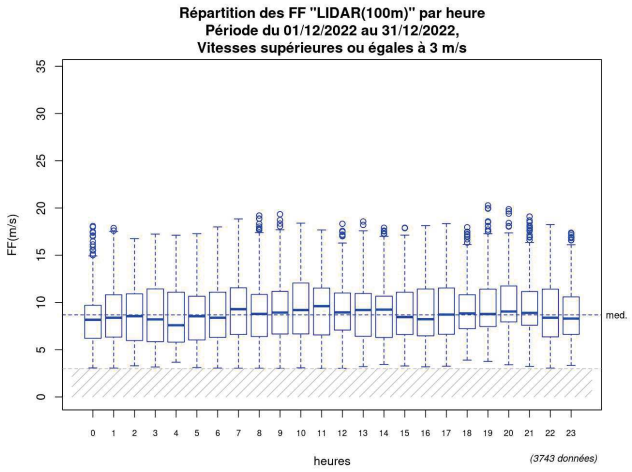

Répartition des FF "LIDAR(100m)" par heure
Période du 01/07/2022 au 31/07/2022,
Vitesses supérieures ou égales à 3 m/s
FF(m/s)
heures
med.
(4009 données)

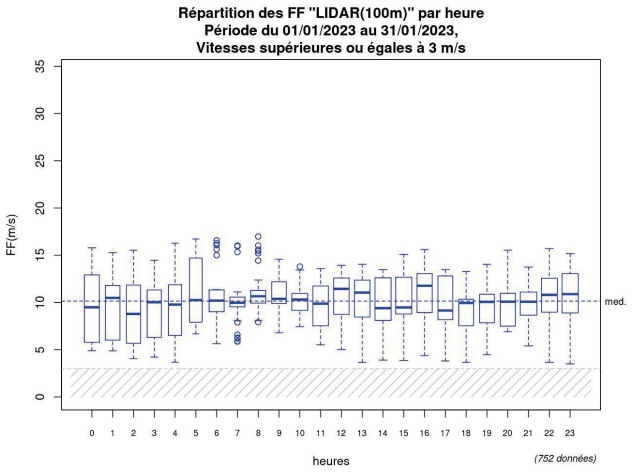

Répartition des FF "LIDAR(100m)" par heure
Période du 01/08/2022 au 31/08/2022,
Vitesses supérieures ou égales à 3 m/s
FF(m/s)
heures
med.
(4091 données)

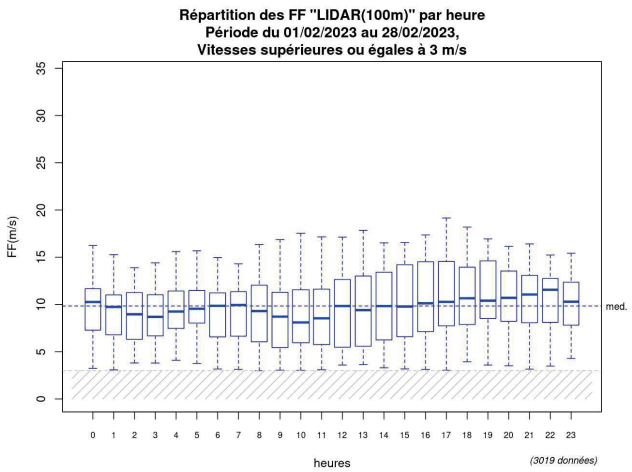

Répartition des FF "LIDAR(100m)" par heure
Période du 01/09/2022 au 30/09/2022,
Vitesses supérieures ou égales à 3 m/s
FF(m/s)
heures
med.
(3398 données)

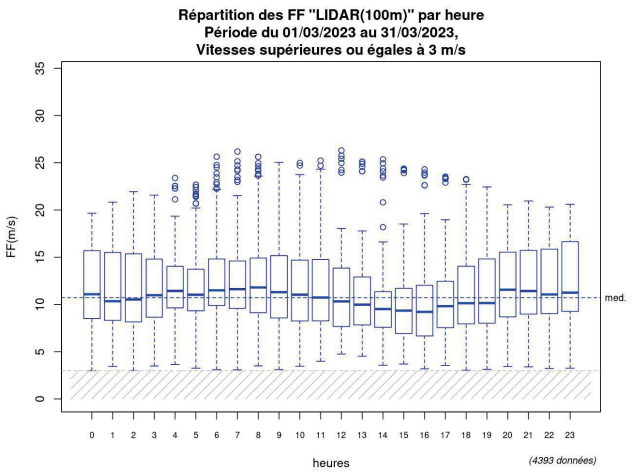

Répartition des FF "LIDAR(100m)" par heure
Période du 01/10/2022 au 31/10/2022,
Vitesses supérieures ou égales à 3 m/s
FF(m/s)
heures
med.
(3746 données)

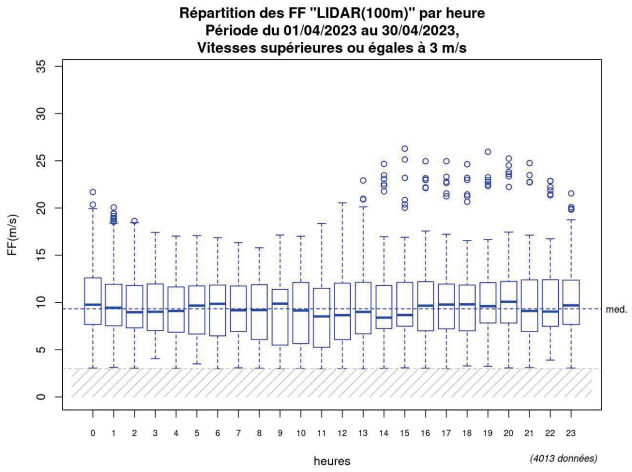

Répartition des FF "LIDAR(100m)" par heure
Période du 01/11/2022 au 30/11/2022,
Vitesses supérieures ou égales à 3 m/s
FF(m/s)
heures
med.
(3982 données)

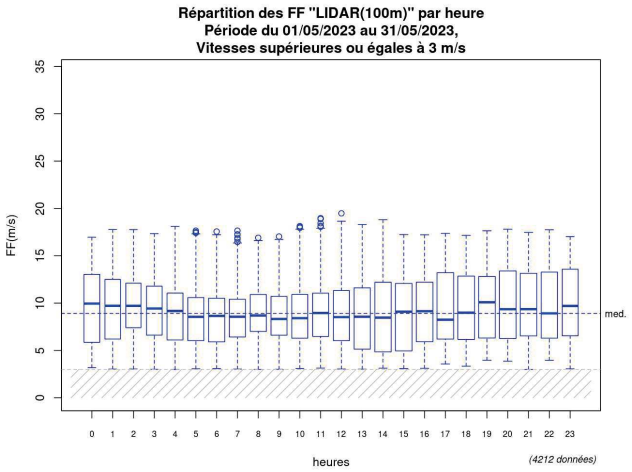

Répartition des FF "LIDAR(100m)" par heure
Période du 01/12/2022 au 31/12/2022,
Vitesses supérieures ou égales à 3 m/s
FF(m/s)
heures
med.
(3743 données)

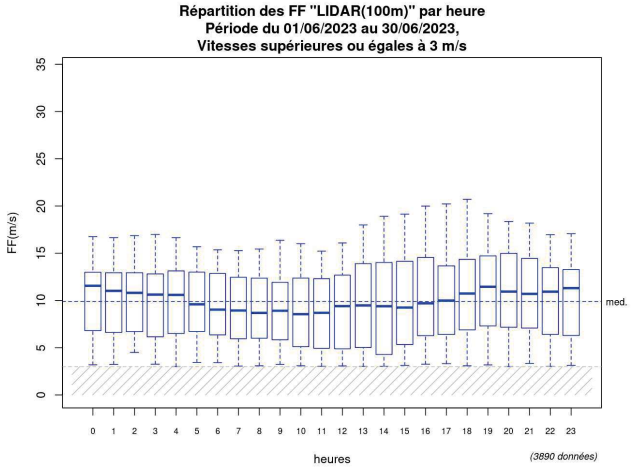

Répartition des FF "LIDAR(100m)" par heure
Période du 01/01/2023 au 31/01/2023,
Vitesses supérieures ou égales à 3 m/s
FF(m/s)
heures
med.
(752 données)

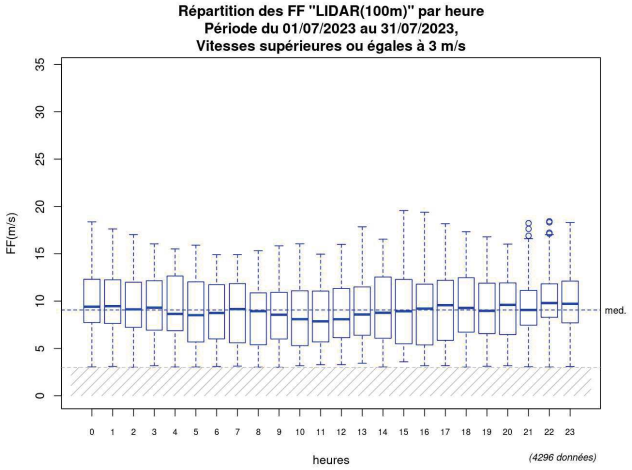

Répartition des FF "LIDAR(100m)" par heure
Période du 01/02/2023 au 28/02/2023,
Vitesses supérieures ou égales à 3 m/s
FF(m/s)
heures
med.
(3019 données)

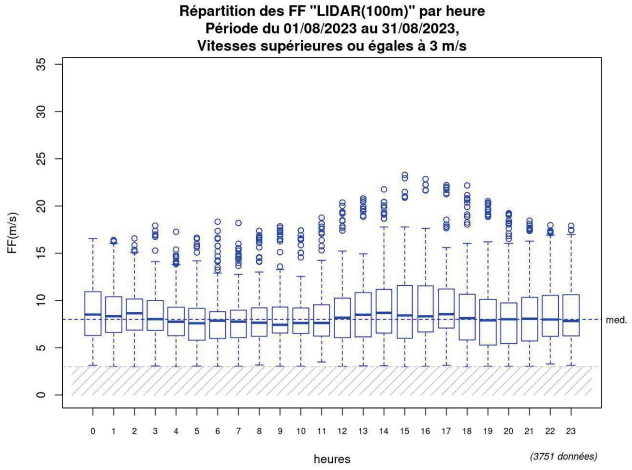

Répartition des FF "LIDAR(100m)" par heure
Période du 01/03/2023 au 31/03/2023,
Vitesses supérieures ou égales à 3 m/s
FF(m/s)
heures
med.
(4393 données)

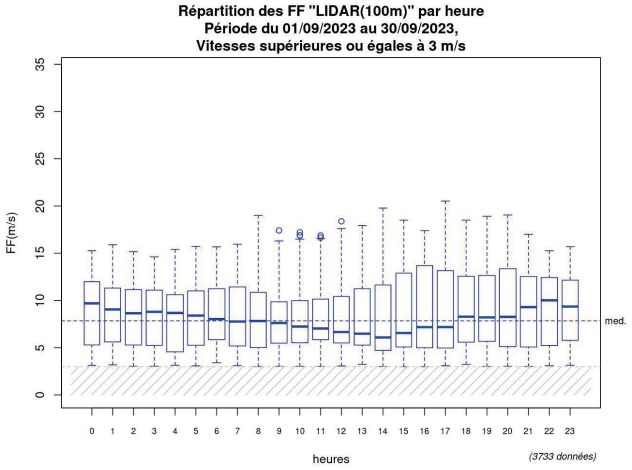

Répartition des FF "LIDAR(100m)" par heure
Période du 01/04/2023 au 30/04/2023,
Vitesses supérieures ou égales à 3 m/s
FF(m/s)
heures
med.
(4013 données)

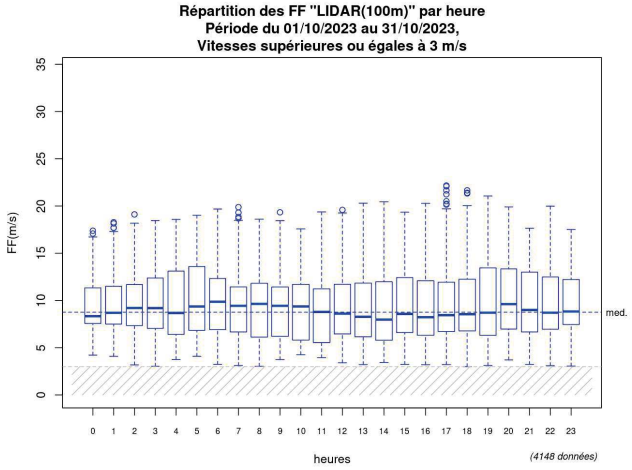

Répartition des FF "LIDAR(100m)" par heure
Période du 01/05/2023 au 31/05/2023,
Vitesses supérieures ou égales à 3 m/s
FF(m/s)
heures
med.
(4212 données)

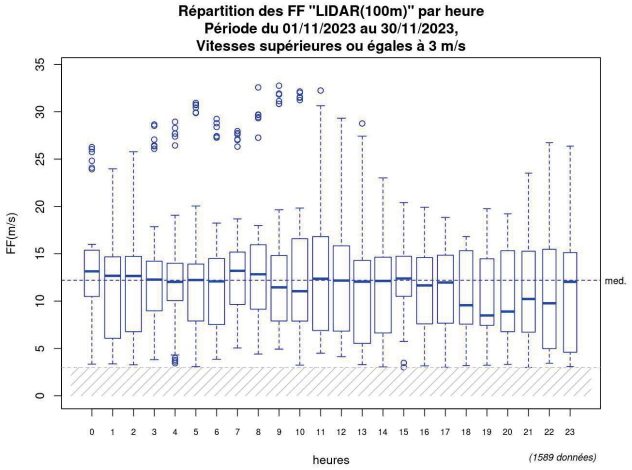

Répartition des FF "LIDAR(100m)" par heure
Période du 01/06/2023 au 30/06/2023,
Vitesses supérieures ou égales à 3 m/s
FF(m/s)
heures
med.
(3890 données)

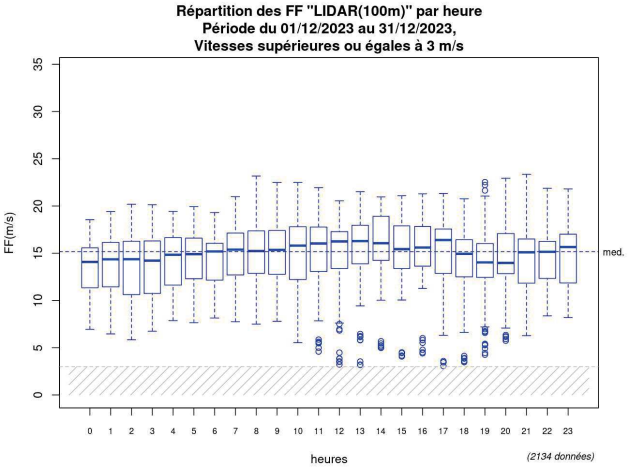

Répartition des FF "LIDAR(100m)" par heure
Période du 01/07/2023 au 31/07/2023,
Vitesses supérieures ou égales à 3 m/s
FF(m/s)
heures
med.
(4296 données)

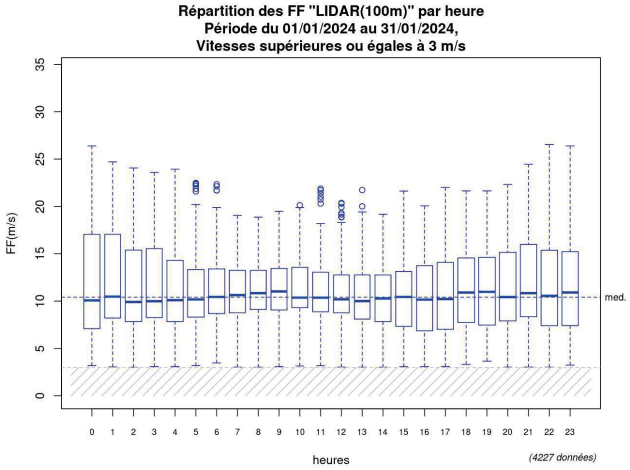

Répartition des FF "LIDAR(100m)" par heure
Période du 01/08/2023 au 31/08/2023,
Vitesses supérieures ou égales à 3 m/s
FF(m/s)
heures
med.
(3751 données)

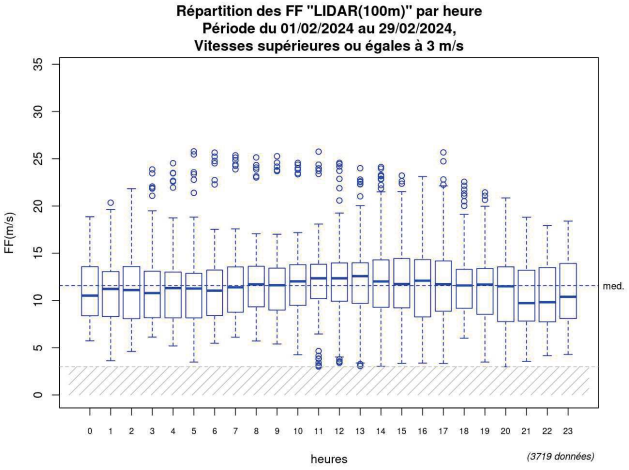

Répartition des FF "LIDAR(100m)" par heure
Période du 01/09/2023 au 30/09/2023,
Vitesses supérieures ou égales à 3 m/s
FF(m/s)
heures
med.
(3733 données)

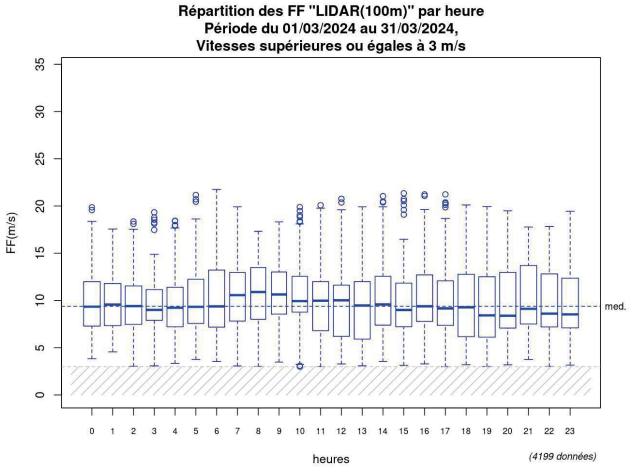

Répartition des FF "LIDAR(100m)" par heure
Période du 01/10/2023 au 31/10/2023,
Vitesses supérieures ou égales à 3 m/s
FF(m/s)
heures
med.
(4148 données)

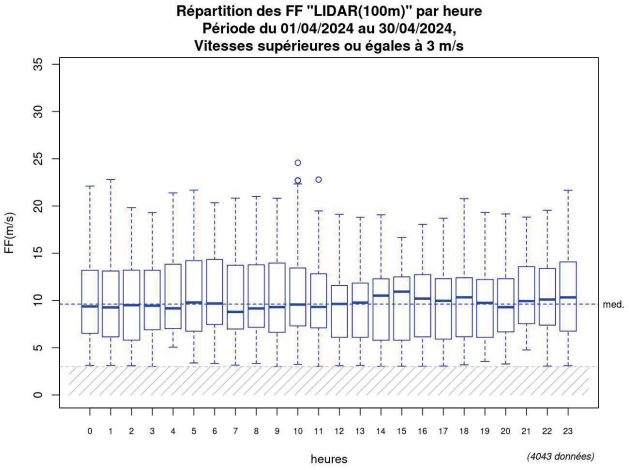

Répartition des FF "LIDAR(100m)" par heure
Période du 01/11/2023 au 30/11/2023,
Vitesses supérieures ou égales à 3 m/s
FF(m/s)
heures
med.
(1589 données)


Répartition des FF "LIDAR(100m)" par heure
Période du 01/12/2023 au 31/12/2023,
Vitesses supérieures ou égales à 3 m/s
FF(m/s)
heures
med.
(2134 données)


Répartition des FF "LIDAR(100m)" par heure
Période du 01/01/2024 au 31/01/2024,
Vitesses supérieures ou égales à 3 m/s
FF(m/s)
heures
med.
(4227 données)


Répartition des FF "LIDAR(100m)" par heure
Période du 01/02/2024 au 29/02/2024,
Vitesses supérieures ou égales à 3 m/s
FF(m/s)
heures
med.
(3719 données)


Répartition des FF "LIDAR(100m)" par heure
Période du 01/03/2024 au 31/03/2024,
Vitesses supérieures ou égales à 3 m/s
FF(m/s)
heures
med.
(4199 données)


Répartition des FF "LIDAR(100m)" par heure
Période du 01/04/2024 au 30/04/2024,
Vitesses supérieures ou égales à 3 m/s
FF(m/s)
heures
med.
(4043 données)

Annexe 7 : Tableau de contingence des forces de vent du LiDAR

	Directions en degrés												
	30	**60**	**90**	**120**	**150**	**180**	**210**	**240**	**270**	**300**	**330**	**360**	**Total**
[34,35[	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	**.**
[33,34[	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	**.**
[32,33[	.	.	.	.	.	.	.	0,0	.	.	.	.	**0,0**
[31,32[	.	.	.	.	.	.	.	0,1	.	.	.	.	**0,1**
[30,31[	.	.	.	.	.	.	0,0	0,0	0,0	.	.	.	**0,1**
[29,30[	.	.	.	.	.	.	0,0	0,0	0,0	.	.	.	**0,1**
[28,29[	.	.	.	.	.	.	0,1	0,0	0,1	.	.	.	**0,1**
[27,28[	.	.	.	.	.	.	0,1	0,0	0,0	.	.	.	**0,2**
[26,27[	.	.	.	.	.	0,0	0,1	0,1	0,1	0,0	.	.	**0,3**
[25,26[	0,1	.	.	.	.	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	.	0,0	**0,4**
[24,25[	0,1	0,0	.	.	.	0,1	0,1	0,4	0,3	0,0	.	0,1	**1,0**
[23,24[	0,1	.	.	.	0,0	0,1	0,1	0,6	0,5	0,0	.	0,1	**1,5**
[22,23[	0,1	.	0,0	.	.	0,0	0,3	0,7	0,7	0,1	.	0,1	**2,1**
[21,22[	0,2	.	.	.	0,0	0,1	0,7	0,9	0,9	0,2	.	0,0	**3,2**
[20,21[	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,3	1,0	1,3	1,3	0,2	0,0	.	**4,4**
[19,20[	0,1	0,3	0,0	0,1	0,2	0,7	1,7	1,7	1,6	0,4	0,1	0,0	**6,8**
[18,19[	0,2	0,4	0,1	0,0	0,2	1,3	2,9	2,8	2,3	0,6	0,1	0,1	**10,9**
[17,18[	0,5	1,6	0,0	0,1	0,2	1,7	5,0	3,8	3,0	0,6	0,1	0,4	**17,1**
[16,17[	0,7	4,5	0,4	0,3	0,5	2,4	7,3	5,1	3,9	0,9	0,2	0,6	**26,7**
[15,16[	1,2	6,8	0,6	0,4	1,2	2,8	9,5	6,5	5,0	1,2	0,4	0,6	**36,2**
[14,15[	1,9	8,8	0,7	0,7	1,6	3,3	9,9	7,4	6,3	2,1	0,8	0,8	**44,2**
[13,14[	2,9	10,1	1,6	1,6	1,9	3,4	10,9	8,5	8,9	2,7	1,0	0,6	**54,2**
[12,13[	3,5	10,3	2,8	2,1	2,2	4,4	10,3	8,8	9,8	3,4	1,3	1,0	**60,1**
[11,12[	5,0	9,9	4,1	2,2	2,9	5,5	11,2	9,0	11,7	4,1	1,3	1,6	**68,5**
[10,11[	5,7	11,0	4,3	2,8	4,1	5,7	12,1	10,3	13,6	5,1	1,8	2,3	**78,9**
[9,10[	5,7	10,4	4,9	3,0	4,1	5,2	13,4	11,2	13,2	5,3	3,5	2,8	**82,6**
[8,9[	6,2	8,6	5,8	4,2	5,2	5,5	11,0	11,9	13,4	6,8	4,6	3,0	**86,2**
[7,8[	6,1	6,7	5,8	4,1	4,8	5,3	10,0	14,1	11,7	7,7	5,7	3,5	**85,5**
[6,7[	5,8	6,7	5,7	5,3	4,4	4,3	8,1	10,8	11,9	7,4	5,8	4,3	**80,4**
[5,6[	5,3	6,9	6,5	4,8	3,7	4,2	7,6	9,2	8,5	7,1	5,6	5,4	**75,0**
[4,5[	4,7	5,8	6,3	4,7	3,2	4,1	4,7	6,5	8,0	6,3	5,2	4,7	**64,1**
[3,4[	3,8	5,0	4,4	3,8	2,4	2,8	3,9	4,4	6,0	5,1	4,5	3,7	**49,6**
[0,3[	**4,6**	**5,0**	**5,4**	**4,5**	**3,6**	**3,9**	**4,2**	**5,0**	**6,5**	**5,3**	**5,9**	**5,7**	**59,5**
Total	**64,6**	**118,8**	**59,3**	**44,7**	**46,5**	**67,4**	**146,1**	**141,2**	**149,4**	**72,7**	**47,7**	**41,5**	**1000,0**

Nombre de cas : 111359

Analyse de répartition du vent LiDAR observé à 100 m sur la période du 16 décembre 2021 au 30 avril 2024 (en pour mille)

Les vents inférieurs à 3 m/s (non comptabilisés dans les statistiques) apparaissent ici en surligné dans le tableau. Ils représentent moins de 6 % des cas.

Annexe 8 : Roses des vents mensuelles du LiDAR à 100m (données brutes)

DÉCEMBRE 2021 - LIDAR (100m)

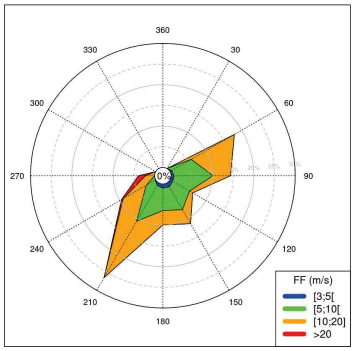


Tableau de répartition (en %)
Nombre total de cas : 2301

	[3;5[	[5;10[	[10;20]	>20	total
30	.	.	.	.	.
60	0.4	5.5	12.0	.	17.9
90	0.7	9.4	4.2	.	14.3
120	0.7	4.7	0.9	.	6.3
150	1.1	6.4	3.9	.	11.4
180	1.0	5.4	3.5	.	9.9
210	0.7	10.0	15.7	.	26.4
240	0.1	2.5	6.4	0.5	9.6
270	.	.	2.2	1.7	3.9
300	.	.	.	.	.
330	.	.	.	.	.
360	.	.	.	.	.
Total	4.8	43.9	48.8	2.2	99.8
[0; 3 [					0.2

JANVIER 2022 - LIDAR (100m)

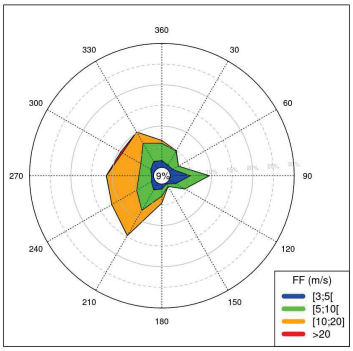


Tableau de répartition (en %)
Nombre total de cas : 4462

	[3;5[	[5;10[	[10;20]	>20	total
30	1.0	3.9	0.1	.	5.0
60	1.0	1.6	.	.	2.6
90	4.9	4.5	.	.	9.5
120	1.9	2.5	.	.	4.4
150	0.3	0.7	.	.	1.0
180	1.2	1.7	1.7	.	4.6
210	2.0	5.7	7.0	0.0	14.7
240	0.9	4.1	6.9	.	12.0
270	0.5	3.0	7.8	0.1	11.5
300	1.1	2.8	5.1	0.5	9.5
330	2.0	5.1	3.1	.	10.2
360	1.7	4.2	0.7	.	6.5
Total	18.5	39.8	32.5	0.6	91.3
[0; 3 [					8.7

FÉVRIER 2022 - LIDAR (100m)

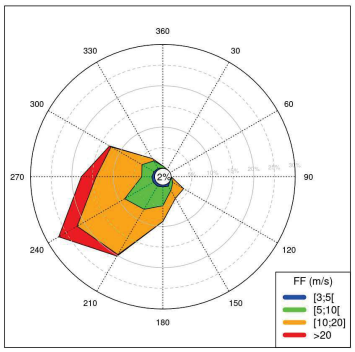


Tableau de répartition (en %)
Nombre total de cas : 3860

	[3;5[	[5;10[	[10;20]	>20	total
30	.	0.0	.	.	0.0
60	.	.	.	.	.
90	.	.	.	.	.
120	.	0.8	3.0	.	3.8
150	0.7	1.2	2.2	.	4.0
180	0.5	4.6	3.8	0.0	8.8
210	0.6	6.5	12.6	0.4	20.2
240	0.7	7.9	13.3	5.2	27.1
270	0.7	2.4	11.0	3.6	17.7
300	0.5	3.4	8.6	0.4	12.9
330	0.3	2.1	0.6	.	3.1
360	0.1	0.5	.	.	0.6
Total	4.1	29.3	55.2	9.6	98.2
[0; 3 [					1.8

MARS 2022 - LIDAR (100m)

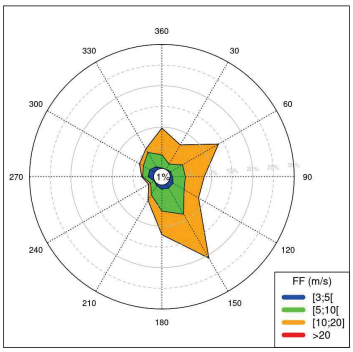


Tableau de répartition (en %)
Nombre total de cas : 3096

	[3;5[	[5;10[	[10;20]	>20	total
30	0.1	1.4	5.4	.	6.9
60	0.4	3.4	10.0	.	13.8
90	0.6	3.1	4.6	.	8.2
120	1.2	3.0	4.0	.	8.2
150	1.2	7.3	12.2	.	20.7
180	1.0	5.3	5.7	.	12.0
210	0.5	2.6	1.6	.	4.7
240	0.1	1.0	0.5	.	1.7
270	1.3	1.3	0.2	.	2.9
300	1.4	1.8	1.1	.	4.2
330	0.8	4.0	1.0	.	5.7
360	0.1	3.2	6.5	.	9.8
Total	8.8	37.3	52.7	.	98.8
[0; 3 [					1.2

AVRIL 2022 - LIDAR (100m)

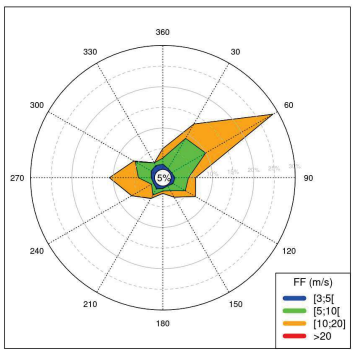


Tableau de répartition (en %)
Nombre total de cas : 4238

	[3;5[	[5;10[	[10;20]	>20	total
30	0.5	8.4	4.0	.	13.0
60	0.4	9.5	18.8	.	28.7
90	0.9	3.2	1.7	.	5.9
120	0.8	3.4	2.8	.	7.1
150	0.3	1.3	1.8	.	3.4
180	0.6	0.6	0.6	.	1.8
210	1.1	1.7	0.9	0.1	3.8
240	0.6	0.5	5.5	0.0	6.7
270	0.8	3.1	7.0	.	10.9
300	1.3	4.4	0.4	.	6.1
330	1.4	0.7	.	.	2.1
360	1.3	1.5	2.3	.	5.0
Total	10.2	38.4	45.9	0.1	94.7
[0; 3 [					5.3

MAI 2022 - LIDAR (100m)

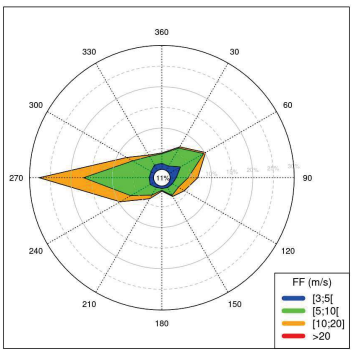


Tableau de répartition (en %)
Nombre total de cas : 4463

	[3;5[	[5;10[	[10;20]	>20	total
30	1.3	5.0	0.4	.	6.6
60	3.2	6.5	0.5	.	10.2
90	1.5	2.8	2.3	.	6.7
120	0.9	1.7	1.7	.	4.3
150	0.8	2.2	0.3	.	3.2
180	0.6	0.4	0.2	.	1.3
210	0.7	2.1	1.0	.	3.9
240	1.3	5.4	3.0	.	9.6
270	1.1	15.8	10.7	.	27.6
300	1.0	5.1	1.6	.	7.8
330	1.6	2.4	0.4	.	4.3
360	1.5	2.3	0.2	.	4.0
Total	15.6	51.6	22.3	.	89.5
[0; 3 [					10.5

JUIN 2022 - LIDAR (100m)

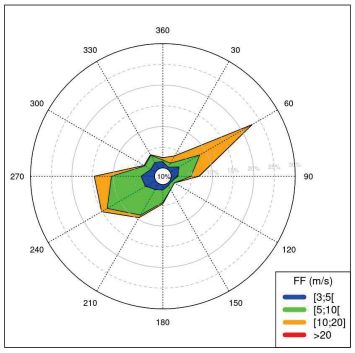


Tableau de répartition (en %)
Nombre total de cas : 4252

	[3;5[	[5;10[	[10;20]	>20	total
30	0.5	1.1	2.0	.	3.7
60	2.5	5.8	14.6	.	22.9
90	1.6	3.2	1.9	0.1	6.8
120	0.4	0.8	.	.	1.2
150	0.6	1.1	.	.	1.7
180	1.3	3.0	0.3	.	4.6
210	1.7	7.1	0.7	.	9.5
240	2.9	10.7	1.6	.	15.1
270	3.3	7.1	4.2	.	14.6
300	1.4	1.6	0.2	.	3.2
330	1.9	1.9	0.2	.	4.0
360	1.5	0.4	0.5	.	2.5
Total	19.7	43.7	26.3	0.1	89.9
[0; 3 [					10.1

JUILLET 2022 - LIDAR (100m)

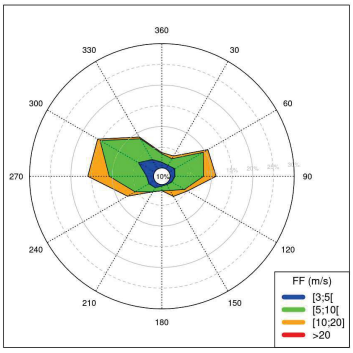


Tableau de répartition (en %)
Nombre total de cas : 4447

	[3;5[	[5;10[	[10;20]	>20	total
30	1.0	1.8	0.8	.	3.6
60	1.6	7.9	1.3	.	10.8
90	1.2	6.9	3.0	.	11.1
120	0.8	3.5	0.8	.	5.1
150	0.3	1.6	1.6	.	3.6
180	0.4	1.1	.	.	1.5
210	1.2	1.1	.	.	2.3
240	1.6	3.9	2.1	.	7.6
270	1.7	9.0	5.2	.	15.9
300	4.6	10.7	0.7	.	15.9
330	2.7	5.8	0.5	.	8.9
360	1.4	2.0	0.3	.	3.7
Total	18.5	55.4	16.3	.	90.2
[0; 3 [					9.8

AOÛT 2022 - LIDAR (100m)

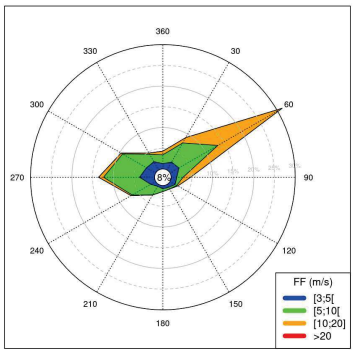


Tableau de répartition (en %)
Nombre total de cas : 4449

	[3;5[	[5;10[	[10;20]	>20	total
30	2.2	5.3	1.5	.	9.0
60	2.5	10.9	17.9	.	31.3
90	1.4	1.5	1.8	.	4.7
120	1.4	0.5	0.3	.	2.2
150	0.8	0.4	.	.	1.3
180	0.8	0.6	.	.	1.4
210	0.5	2.4	0.0	.	2.9
240	1.4	5.1	0.3	.	6.9
270	3.6	8.7	1.2	.	13.6
300	2.6	6.7	0.4	.	9.7
330	2.3	2.1	0.3	.	4.7
360	1.3	2.1	0.9	.	4.3
Total	20.9	46.3	24.7	.	92.0
[0; 3 [					8.0

SEPTEMBRE 2022 - LIDAR (100m)

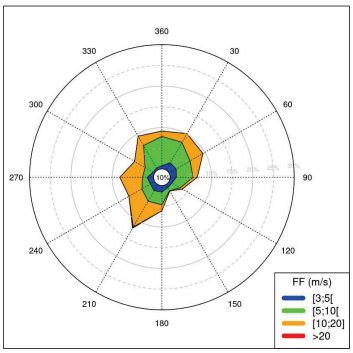


Tableau de répartition (en %)
Nombre total de cas : 3796

	[3;5[	[5;10[	[10;20]	>20	total
30	2.0	5.7	2.4	.	10.1
60	2.0	3.9	3.6	.	9.5
90	1.5	4.0	1.0	.	6.6
120	0.8	2.3	0.6	.	3.7
150	0.9	0.8	0.1	.	1.8
180	1.6	3.1	1.4	.	6.1
210	1.7	3.0	7.2	0.3	12.2
240	1.2	2.3	3.6	.	7.2
270	1.5	1.1	5.5	.	8.2
300	0.4	2.2	2.9	.	5.6
330	0.6	6.3	2.6	.	9.5
360	0.8	7.0	1.3	.	9.1
Total	15.1	41.7	32.3	0.3	89.5
[0; 3 [					10.5

OCTOBRE 2022 - LIDAR (100m)

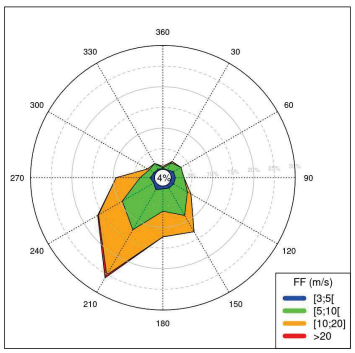


Tableau de répartition (en %)
Nombre total de cas : 3889

	[3;5[	[5;10[	[10;20]	>20	total
30	0.2	2.0	0.4	.	2.5
60	1.0	2.0	.	.	3.0
90	1.1	2.1	.	.	3.1
120	1.0	3.8	1.0	.	5.8
150	0.9	7.6	4.5	.	13.1
180	0.7	5.4	6.2	0.0	12.3
210	1.4	11.1	12.6	0.8	26.0
240	0.6	8.7	6.7	0.2	16.2
270	1.1	2.4	5.8	.	9.3
300	0.4	1.4	0.5	.	2.3
330	0.4	1.6	.	.	2.0
360	0.3	0.1	0.4	.	0.7
Total	9.0	48.3	38.0	1.1	96.3
[0; 3 [					3.7

NOVEMBRE 2022 - LIDAR (100m)

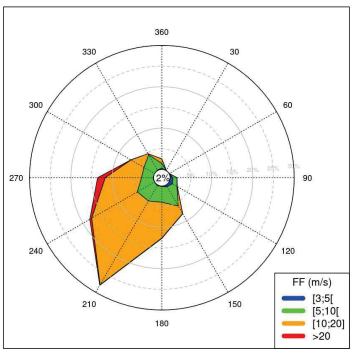


Tableau de répartition (en %)
Nombre total de cas : 4047

	[3;5[	[5;10[	[10;20]	>20	total
30	0.1	.	0.0	.	0.1
60	.	0.0	.	.	0.0
90	0.7	1.0	.	.	1.7
120	0.9	1.3	0.1	.	2.3
150	0.5	5.4	2.1	0.0	8.1
180	0.1	3.8	8.6	0.1	12.7
210	0.2	4.3	23.4	0.1	28.0
240	0.1	4.7	12.7	0.5	18.1
270	0.1	2.8	8.8	1.9	13.5
300	0.0	3.0	3.6	0.0	6.6
330	0.2	4.2	0.3	.	4.7
360	0.3	1.1	1.1	.	2.5
Total	3.3	31.6	60.8	2.7	98.4
[0; 3 [					1.6

DÉCEMBRE 2022 - LIDAR (100m)

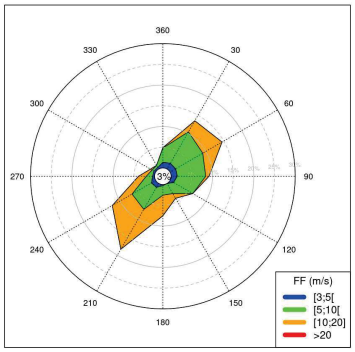


Tableau de répartition (en %)

Nombre total de cas : 3866

	[3;5[	[5;10[	[10;20]	>20	total
30	1.6	8.7	3.1	.	13.5
60	1.6	7.6	5.4	.	14.5
90	1.5	6.9	0.8	.	9.2
120	1.0	5.3	.	.	6.3
150	0.1	2.8	1.3	.	4.1
180	0.3	2.3	5.0	0.0	7.6
210	1.1	6.1	11.1	.	18.3
240	1.2	5.4	5.5	.	12.1
270	0.5	1.6	1.9	.	3.9
300	0.5	0.5	0.4	.	1.4
330	0.5	0.6	.	.	1.0
360	1.4	3.4	0.1	.	4.9
Total	11.1	51.1	34.5	0.0	96.8
[0; 3 [					3.2

JANVIER 2023 - LIDAR (100m)

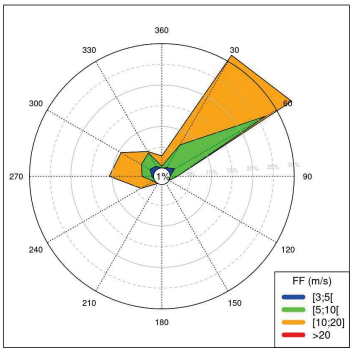


Tableau de répartition (en %)

Nombre total de cas : 757

	[3;5[	[5;10[	[10;20]	>20	total
30	0.4	6.3	25.0	.	31.7
60	1.6	25.4	7.3	.	34.2
90	.	1.7	.	.	1.7
120	.	.	.	.	.
150	.	.	.	.	.
180	.	.	.	.	.
210	.	.	.	.	.
240	.	0.4	3.4	.	3.8
270	0.4	2.4	7.9	.	10.7
300	1.3	2.4	5.7	.	9.4
330	0.8	3.7	0.4	.	4.9
360	.	0.4	2.5	.	2.9
Total	4.5	42.7	52.2	.	99.3
[0; 3 [					0.7

FÉVRIER 2023 - LIDAR (100m)

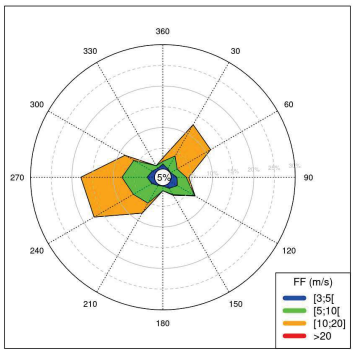


Tableau de répartition (en %)

Nombre total de cas : 3180

	[3;5[	[5;10[	[10;20]	>20	total
30	0.4	3.6	8.7	.	12.6
60	0.2	1.8	9.3	.	11.3
90	1.4	2.2	0.6	.	4.2
120	2.0	4.8	0.1	.	7.0
150	1.1	1.8	0.2	.	3.0
180	0.2	1.1	.	.	1.3
210	0.3	4.9	2.8	.	8.0
240	1.1	5.2	11.0	.	17.2
270	1.8	6.1	9.9	.	17.8
300	1.0	5.1	2.5	.	8.6
330	0.5	0.7	.	.	1.2
360	1.2	0.6	0.8	.	2.7
Total	11.1	37.9	46.0	.	94.9
[0; 3 [					5.1

MARS 2023 - LIDAR (100m)

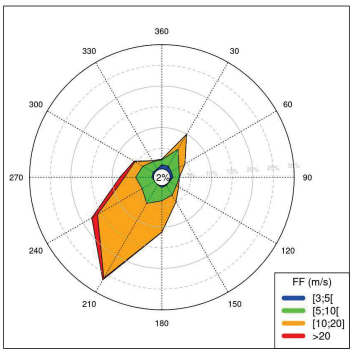


Tableau de répartition (en %)

Nombre total de cas : 4461

	[3;5[	[5;10[	[10;20]	>20	total
30	1.1	4.7	4.1	.	10.0
60	0.7	2.1	1.7	.	4.4
90	0.7	1.5	.	.	2.2
120	0.1	1.9	0.6	.	2.7
150	0.2	2.7	1.9	.	4.8
180	0.5	3.2	7.6	0.1	11.3
210	0.1	5.2	20.8	0.5	26.6
240	0.0	3.5	12.5	1.6	17.6
270	0.4	3.9	2.7	1.2	8.2
300	0.4	2.9	2.2	0.3	5.8
330	0.3	2.0	0.3	.	2.6
360	1.0	1.2	0.2	.	2.4
Total	5.6	34.8	54.4	3.7	98.5
[0; 3 [					1.5

AVRIL 2023 - LIDAR (100m)

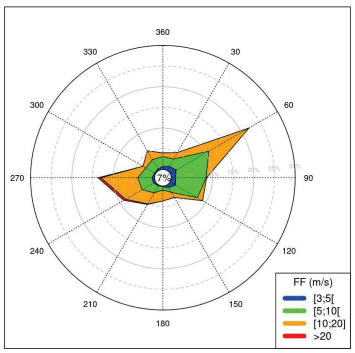


Tableau de répartition (en %)

Nombre total de cas : 4316

	[3;5[	[5;10[	[10;20]	>20	total
30	1.2	2.1	1.8	.	5.0
60	1.7	9.1	11.2	.	22.0
90	1.1	7.4	0.1	.	8.6
120	1.5	6.1	1.4	.	9.1
150	0.8	1.3	1.4	.	3.5
180	0.2	0.7	2.7	.	3.6
210	0.2	2.0	3.1	0.2	5.5
240	0.6	3.2	4.6	0.6	8.9
270	0.7	3.4	8.9	0.8	13.7
300	0.3	2.5	0.8	.	3.5
330	0.4	2.6	2.4	.	5.5
360	0.7	2.4	0.9	.	4.0
Total	9.4	42.8	39.2	1.5	93.0
[0; 3 [					7.0

MAI 2023 - LIDAR (100m)

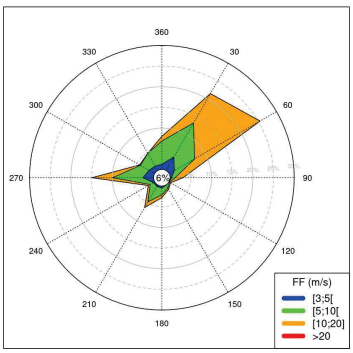


Tableau de répartition (en %)

Nombre total de cas : 4460

	[3;5[	[5;10[	[10;20]	>20	total
30	3.8	9.5	8.2	.	21.5
60	1.5	5.7	18.3	.	25.4
90	0.3	0.9	1.9	.	3.1
120	0.1	0.1	0.2	.	0.4
150	0.1	0.8	0.4	.	1.3
180	0.5	1.6	0.7	.	2.8
210	0.4	4.3	1.6	.	6.3
240	0.3	0.9	0.5	.	1.8
270	2.6	7.3	5.0	.	14.9
300	1.6	2.4	0.2	.	4.2
330	1.3	3.5	0.0	.	4.8
360	1.3	5.6	1.1	.	8.0
Total	13.7	42.7	38.0	.	94.4
[0; 3 [					5.6

JUIN 2023 - LIDAR (100m)

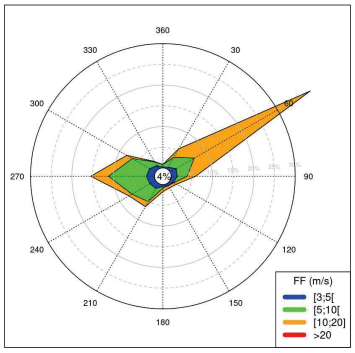


Tableau de répartition (en %)
Nombre total de cas : 4060

	[3;5[	[5;10[	[10;20]	>20	total
30	0.5	2.8	2.4	.	5.6
60	1.7	5.0	32.2	0.2	39.1
90	1.5	2.4	2.0	.	5.9
120	1.0	0.1	0.8	.	1.8
150	0.6	.	0.6	.	1.2
180	0.4	0.4	0.8	.	1.7
210	1.4	3.6	1.4	.	6.5
240	1.6	5.0	0.8	.	7.5
270	2.0	9.1	4.3	.	15.4
300	1.7	4.9	1.5	.	8.1
330	1.0	1.0	0.1	.	2.1
360	0.2	0.6	.	.	0.8
Total	13.7	35.0	47.0	0.2	95.8
[0; 3 [					4.2

JUILLET 2023 - LIDAR (100m)

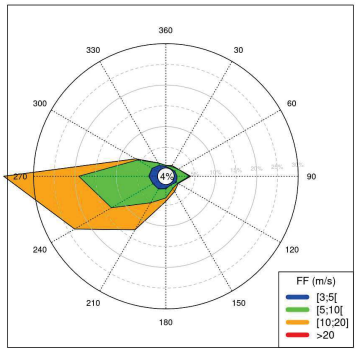


Tableau de répartition (en %)
Nombre total de cas : 4458

	[3;5[	[5;10[	[10;20]	>20	total
30	0.2	0.5	0.3	.	1.0
60	0.5	0.9	0.0	.	1.4
90	0.7	2.9	0.3	.	4.0
120	0.9	0.4	0.2	.	1.5
150	0.4	1.0	0.8	.	2.2
180	1.0	2.2	0.8	.	4.0
210	1.6	3.8	7.5	.	12.9
240	1.6	11.6	10.3	.	23.5
270	2.2	16.9	18.1	.	37.2
300	1.8	4.0	0.5	.	6.4
330	1.1	0.6	0.0	.	1.7
360	0.4	0.2	.	.	0.6
Total	12.4	45.1	38.9	.	96.4
[0; 3 [					3.6

AOÛT 2023 - LIDAR (100m)

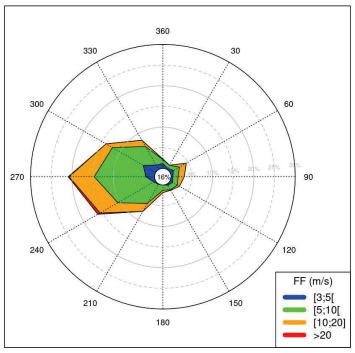


Tableau de répartition (en %)
Nombre total de cas : 4452

	[3;5[	[5;10[	[10;20]	>20	total
30	0.3	0.9	0.0	.	1.2
60	1.0	1.6	1.9	.	4.5
90	0.4	1.3	1.5	.	3.2
120	0.7	1.3	0.6	.	2.6
150	0.4	1.3	0.1	.	1.8
180	0.0	1.3	0.6	.	1.8
210	0.2	5.3	2.2	.	7.7
240	0.5	10.0	4.9	0.7	16.2
270	2.1	12.5	6.1	0.2	20.9
300	3.5	8.6	1.8	.	13.9
330	1.3	5.2	1.7	0.0	8.2
360	1.2	0.9	0.1	.	2.3
Total	11.6	50.1	21.6	0.9	84.3
[0; 3 [					15.7

SEPTEMBRE 2023 - LIDAR (100m)

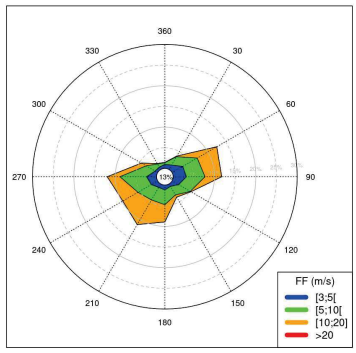


Tableau de répartition (en %)
Nombre total de cas : 4310

	[3;5[	[5;10[	[10;20]	>20	total
30	1.3	2.3	0.2	.	3.8
60	3.0	4.0	5.5	.	12.5
90	3.2	4.5	4.0	.	11.7
120	1.8	3.2	0.2	.	5.3
150	0.7	2.4	0.6	.	3.7
180	1.2	3.5	4.2	.	8.9
210	1.0	3.5	6.9	0.0	11.4
240	1.8	3.7	4.2	.	9.7
270	2.4	6.4	3.1	.	11.9
300	0.7	2.5	1.3	.	4.6
330	0.7	0.9	0.1	.	1.7
360	1.0	0.4	0.1	.	1.5
Total	18.9	37.4	30.3	0.0	86.6
[0; 3 [					13.4

OCTOBRE 2023 - LIDAR (100m)

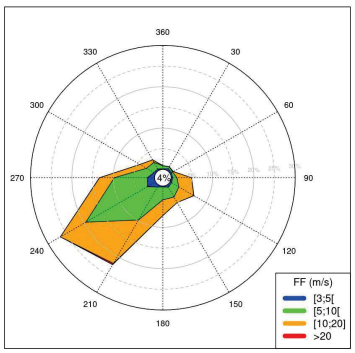


Tableau de répartition (en %)
Nombre total de cas : 4311

	[3;5[	[5;10[	[10;20]	>20	total
30	0.6	0.5	0.0	.	1.1
60	0.4	0.3	0.2	.	0.9
90	0.4	1.0	3.5	.	4.9
120	0.4	2.0	4.2	0.0	6.7
150	0.7	2.7	1.5	.	4.9
180	0.2	3.1	3.8	.	7.1
210	0.6	9.2	12.2	0.3	22.3
240	2.3	17.2	7.1	.	26.6
270	1.8	8.0	3.6	0.0	13.3
300	0.5	2.1	1.8	.	4.4
330	0.5	1.8	0.7	.	3.0
360	0.2	0.7	0.0	.	0.9
Total	8.4	48.7	38.7	0.4	96.2
[0; 3 [					3.8

NOVEMBRE 2023 - LIDAR (100m)

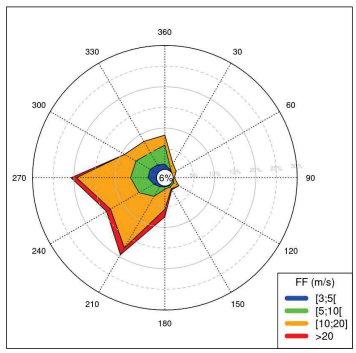


Tableau de répartition (en %)
Nombre total de cas : 1686

	[3;5[	[5;10[	[10;20]	>20	total
30	0.4	0.3	1.2	.	1.9
60	.	.	1.1	.	1.1
90	.	.	0.3	.	0.3
120	.	0.4	1.5	.	1.9
150	0.2	0.4	0.5	0.3	1.4
180	0.2	0.5	4.9	1.8	7.5
210	0.5	2.7	14.4	2.0	19.5
240	1.1	4.2	7.9	1.1	14.3
270	2.1	4.2	13.0	1.4	20.7
300	2.1	4.0	3.2	.	9.3
330	1.6	3.4	3.1	.	8.1
360	1.3	4.6	2.4	.	8.3
Total	9.5	24.5	53.6	6.6	94.2
[0; 3 [					5.8

DÉCEMBRE 2023 - LIDAR (100m)

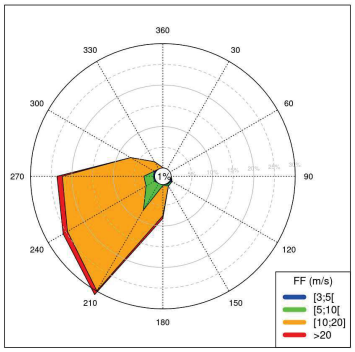


Tableau de répartition (en %)

Nombre total de cas : 2156

	[3;5[	[5;10[	[10;20]	>20	total
30	.	.	.	.	.
60	.	.	.	.	.
90	.	.	.	.	.
120	0.4	0.2	.	.	0.6
150	0.2	0.5	.	.	0.7
180	.	0.2	7.3	0.6	8.2
210	.	7.4	22.5	1.1	31.0
240	0.4	2.3	21.9	1.2	25.8
270	0.3	2.3	19.7	1.3	23.6
300	0.4	.	6.6	.	7.0
330	.	.	2.0	.	2.0
360	.	.	0.1	.	0.1
Total	1.7	12.9	80.2	4.2	99.0
[0; 3 [					1.0

JANVIER 2024 - LIDAR (100m)

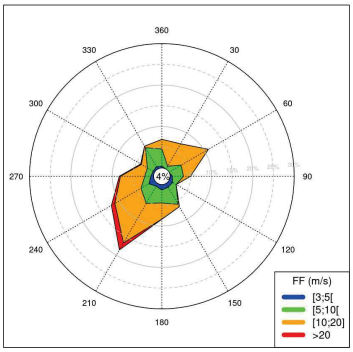


Tableau de répartition (en %)

Nombre total de cas : 4408

	[3;5[	[5;10[	[10;20]	>20	total
30	0.0	0.8	6.2	.	7.0
60	.	3.4	7.6	.	11.0
90	0.5	2.7	1.7	.	4.9
120	1.0	1.0	.	.	2.0
150	1.0	4.8	0.7	.	6.5
180	1.3	3.1	3.9	0.0	8.4
210	0.8	4.8	11.0	2.0	18.5
240	1.6	2.2	7.3	1.0	12.1
270	0.7	1.5	5.9	0.3	8.3
300	0.4	1.6	1.7	0.2	3.9
330	0.7	5.3	0.4	.	6.4
360	0.4	4.2	2.3	.	6.9
Total	8.5	35.2	48.6	3.5	95.9
[0; 3 [					4.1

FÉVRIER 2024 - LIDAR (100m)

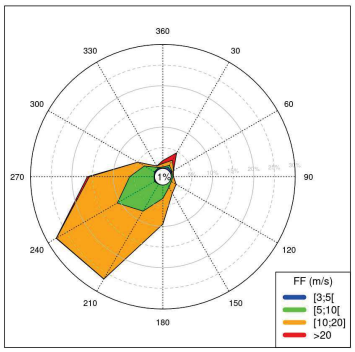


Tableau de répartition (en %)

Nombre total de cas : 3772

	[3;5[	[5;10[	[10;20]	>20	total
30	0.6	0.5	1.4	2.1	4.7
60	0.4	0.2	0.4	0.0	1.0
90	0.0	0.4	0.2	.	0.6
120	.	0.3	1.4	.	1.7
150	.	1.0	1.6	.	2.6
180	0.1	3.2	6.2	.	9.5
210	0.1	7.5	18.9	0.1	26.6
240	0.3	10.4	17.0	0.1	27.8
270	0.2	5.9	9.8	0.5	16.3
300	0.3	2.8	1.8	0.0	5.0
330	0.4	0.2	0.4	.	1.0
360	0.1	0.3	0.8	0.7	1.9
Total	2.5	32.6	59.9	3.5	98.6
[0; 3 [					1.4

MARS 2024 - LIDAR (100m)

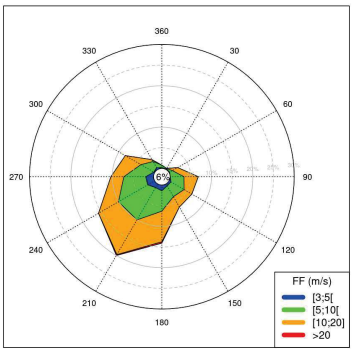


Tableau de répartition (en %)

Nombre total de cas : 4458

	[3;5[	[5;10[	[10;20]	>20	total
30	0.2	0.1	0.0	.	0.3
60	0.2	0.7	1.5	.	2.4
90	0.0	3.3	3.5	.	6.8
120	0.5	3.7	2.2	.	6.4
150	0.6	3.0	2.9	.	6.5
180	1.4	4.9	7.4	0.3	14.1
210	1.0	9.0	9.7	0.3	20.0
240	2.0	8.2	5.6	.	15.7
270	1.9	5.3	3.1	.	10.3
300	0.2	3.6	4.4	.	8.2
330	0.5	1.7	0.5	.	2.8
360	0.2	0.6	.	.	0.8
Total	8.8	44.1	40.7	0.6	94.2
[0; 3 [					5.8

AVRIL 2024 - LIDAR (100m)

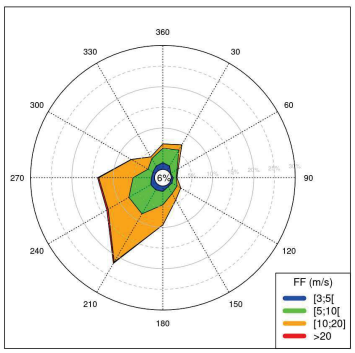
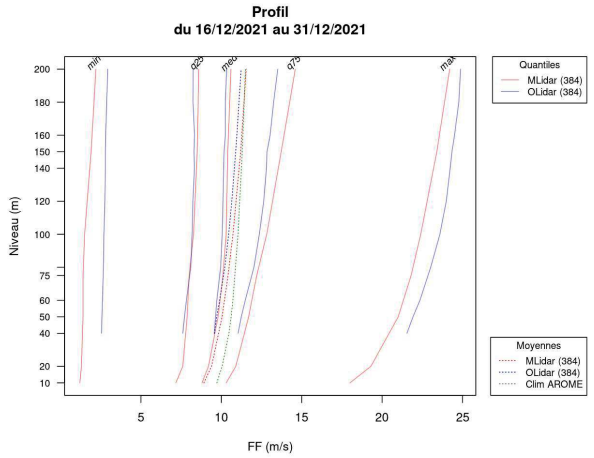


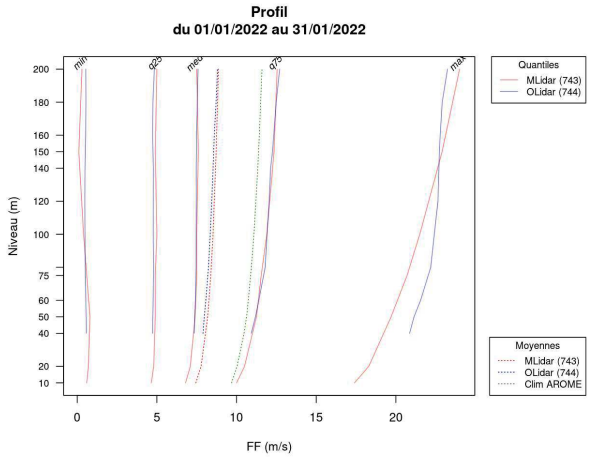
Tableau de répartition (en %)

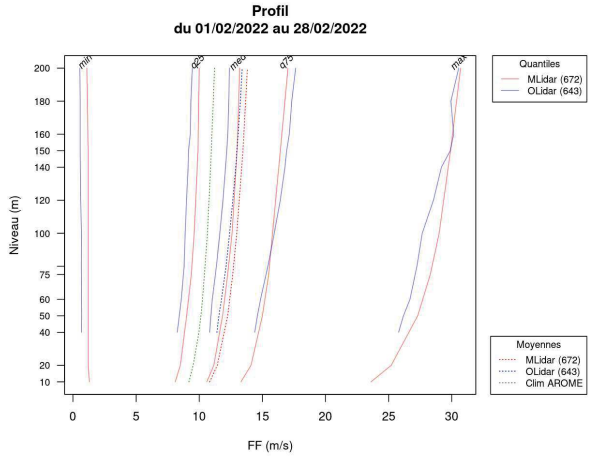
Nombre total de cas : 4314

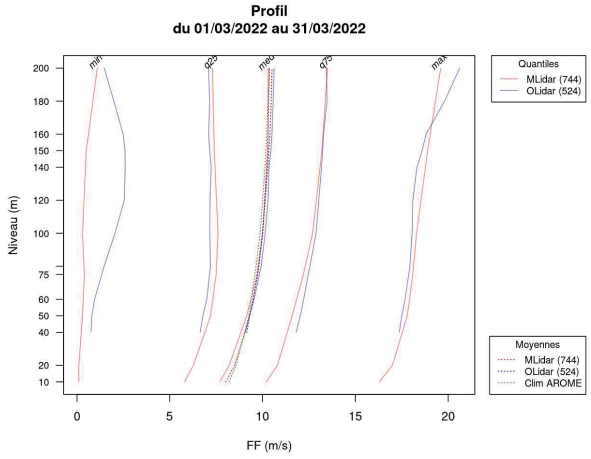
	[3;5[	[5;10[	[10;20]	>20	total
30	1.3	4.5	1.5	.	7.2
60	0.2	1.8	0.3	.	2.2
90	0.5	0.7	0.2	.	1.4
120	0.5	1.4	1.0	.	3.0
150	0.5	1.9	1.8	.	4.2
180	1.3	3.2	4.9	.	9.4
210	1.4	6.7	13.4	0.4	21.9
240	1.4	6.1	5.8	0.4	13.7
270	0.8	4.4	8.3	0.3	13.8
300	0.8	1.3	4.7	0.1	6.9
330	1.3	2.1	0.5	.	3.8
360	1.7	3.5	1.0	.	6.2
Total	11.7	37.5	43.3	1.2	93.7
[0; 3 [					6.3

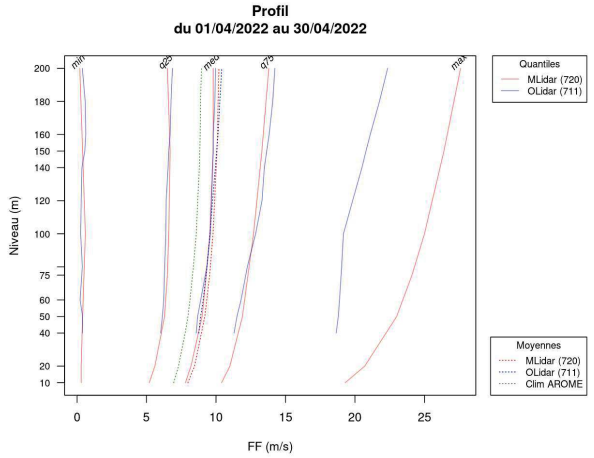
Annexe 9 : Profils de vent du LiDAR

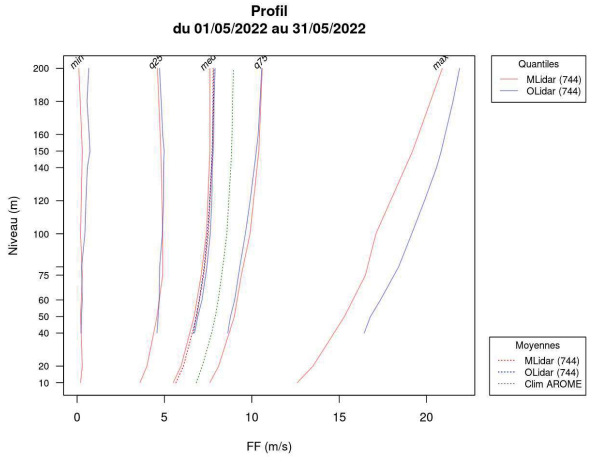


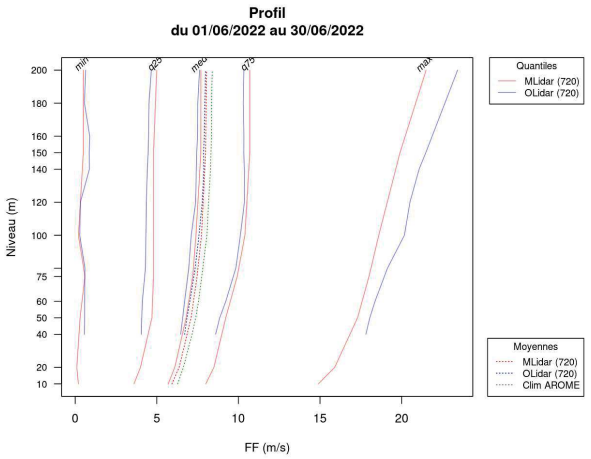


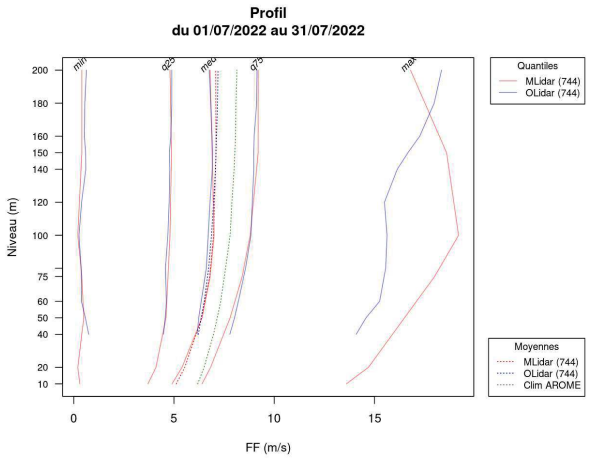


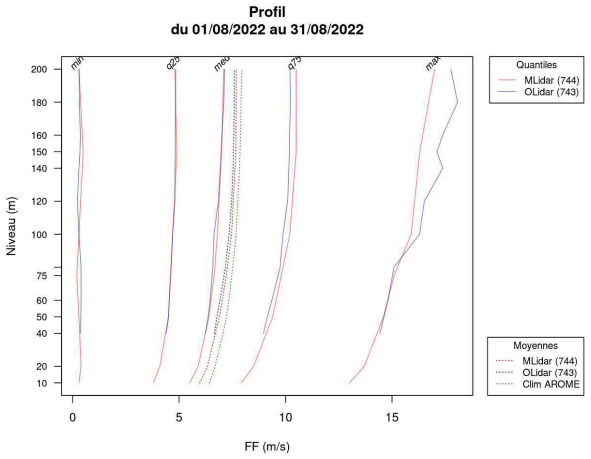


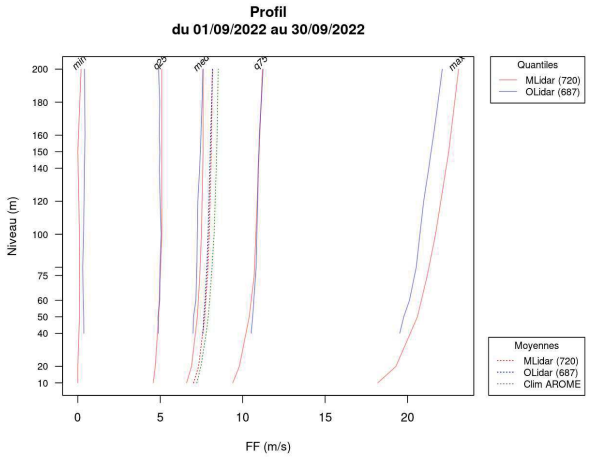


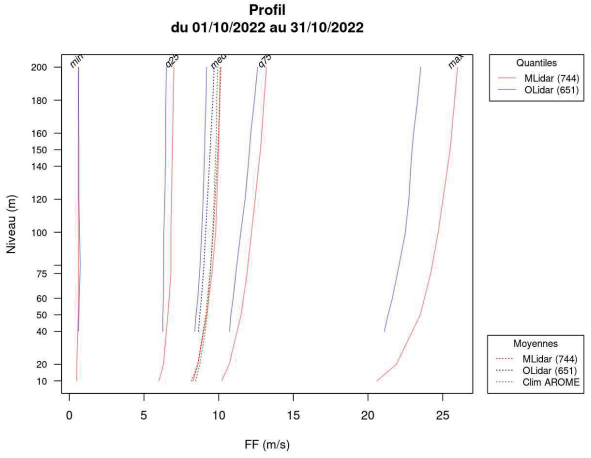


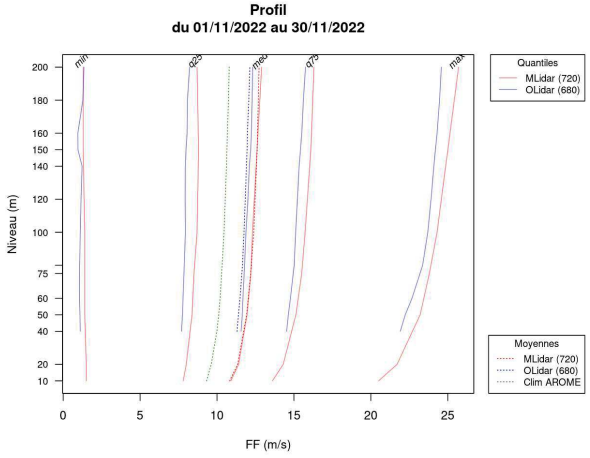

Profil
du 01/06/2022 au 30/06/2022
Niveau (m)
FF (m/s)
Quantiles
MLidar (720)
OLidar (720)
Moyennes
MLidar (720)
OLidar (720)
Clim AROME

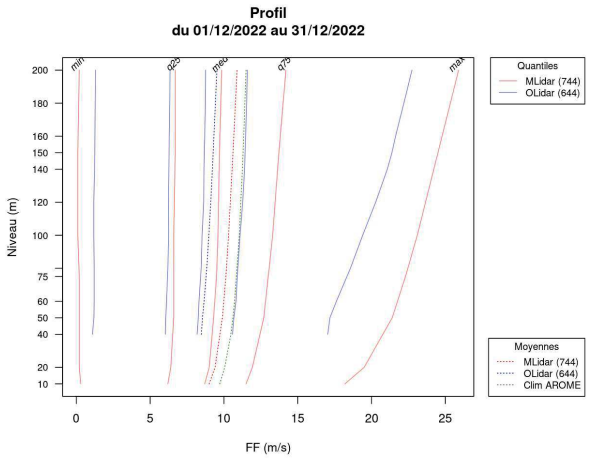

Profil
du 01/07/2022 au 31/07/2022
Niveau (m)
FF (m/s)
Quantiles
MLidar (744)
OLidar (744)
Moyennes
MLidar (744)
OLidar (744)
Clim AROME

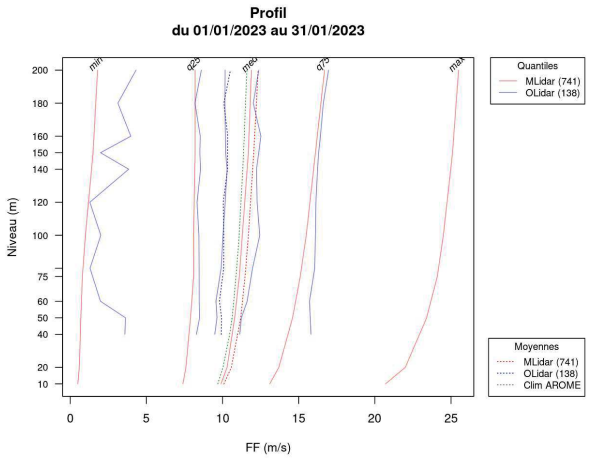

Profil
du 01/08/2022 au 31/08/2022
Niveau (m)
FF (m/s)
Quantiles
MLidar (744)
OLidar (743)
Moyennes
MLidar (744)
OLidar (743)
Clim AROME

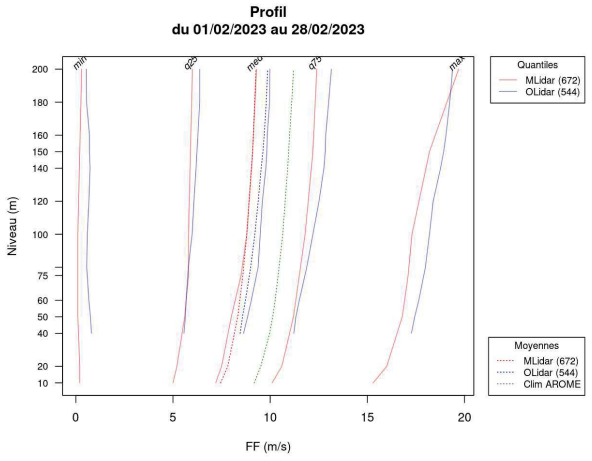

Profil
du 01/09/2022 au 30/09/2022
Niveau (m)
FF (m/s)
Quantiles
MLidar (720)
OLidar (687)
Moyennes
MLidar (720)
OLidar (687)
Clim AROME

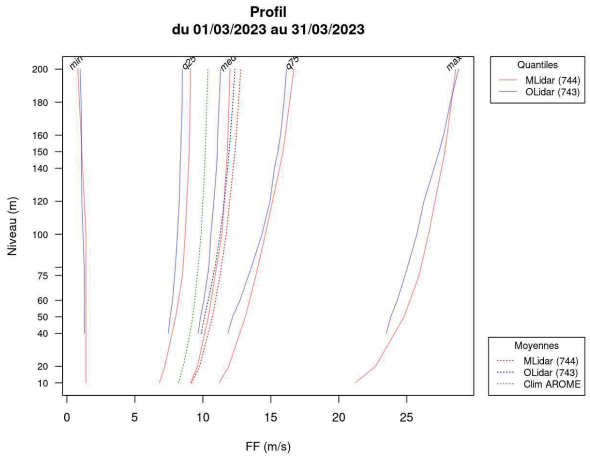

Profil
du 01/10/2022 au 31/10/2022
Niveau (m)
FF (m/s)
Quantiles
MLidar (744)
OLidar (651)
Moyennes
MLidar (744)
OLidar (651)
Clim AROME

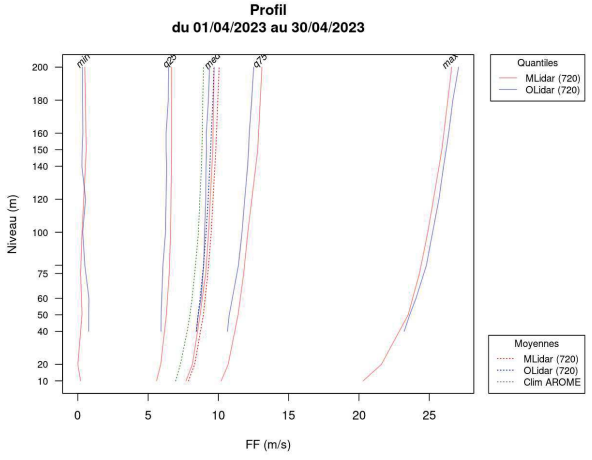

Profil
du 01/11/2022 au 30/11/2022
Niveau (m)
FF (m/s)
Quantiles
MLidar (720)
OLidar (680)
Moyennes
MLidar (720)
OLidar (680)
Clim AROME

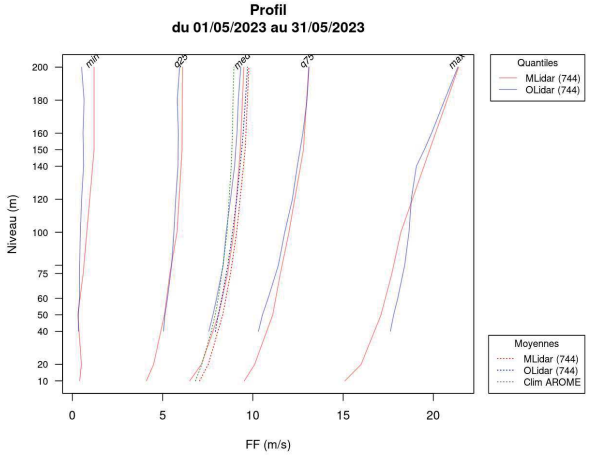

Profil
du 01/12/2022 au 31/12/2022
Niveau (m)
FF (m/s)
Quantiles
MLidar (744)
OLidar (644)
Moyennes
MLidar (744)
OLidar (644)
Clim AROME


Profil
du 01/01/2023 au 31/01/2023
Niveau (m)
FF (m/s)
Quantiles
MLidar (741)
OLidar (138)
Moyennes
MLidar (741)
OLidar (138)
Clim AROME

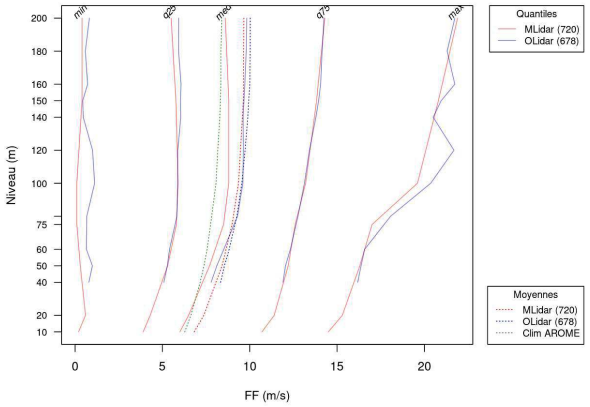

Profil
du 01/02/2023 au 28/02/2023
Niveau (m)
FF (m/s)
Quantiles
MLidar (672)
OLidar (544)
Moyennes
MLidar (672)
OLidar (544)
Clim AROME


Profil
du 01/03/2023 au 31/03/2023
Niveau (m)
FF (m/s)
Quantiles
MLidar (744)
OLidar (743)
Moyennes
MLidar (744)
OLidar (743)
Clim AROME

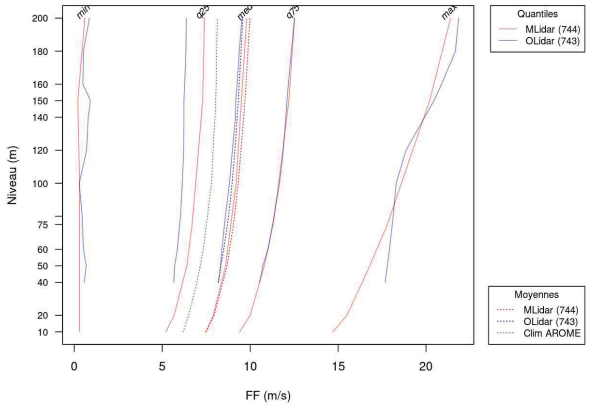

Profil
du 01/04/2023 au 30/04/2023
Niveau (m)
FF (m/s)
Quantiles
MLidar (720)
OLidar (720)
Moyennes
MLidar (720)
OLidar (720)
Clim AROME


Profil
du 01/05/2023 au 31/05/2023
Niveau (m)
FF (m/s)
Quantiles
MLidar (744)
OLidar (744)
Moyennes
MLidar (744)
OLidar (744)
Clim AROME

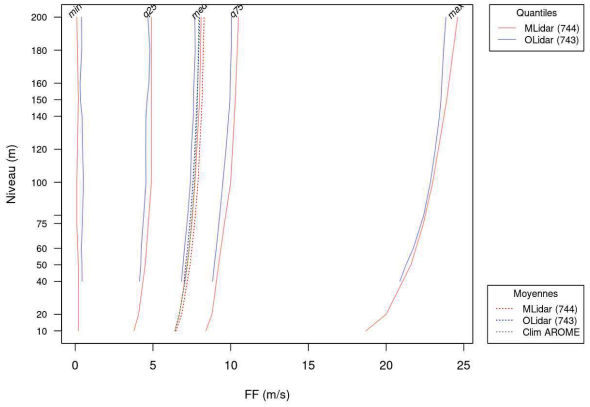
Profil
du 01/06/2023 au 30/06/2023



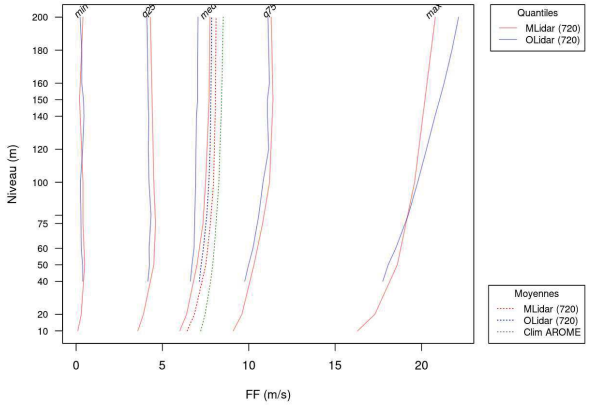
Profil
du 01/07/2023 au 31/07/2023



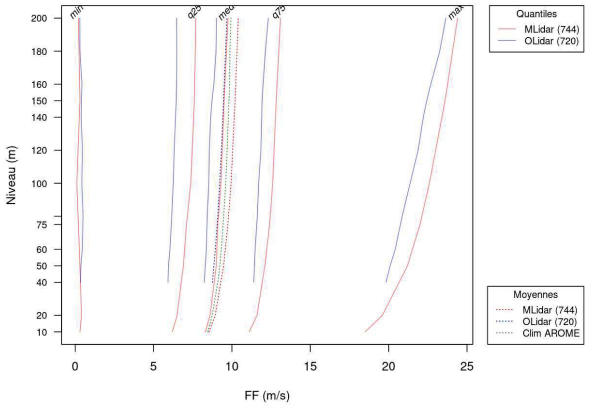
Profil
du 01/08/2023 au 31/08/2023



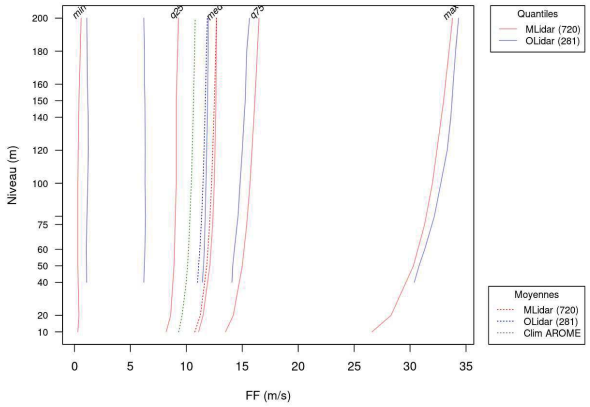
Profil
du 01/09/2023 au 30/09/2023

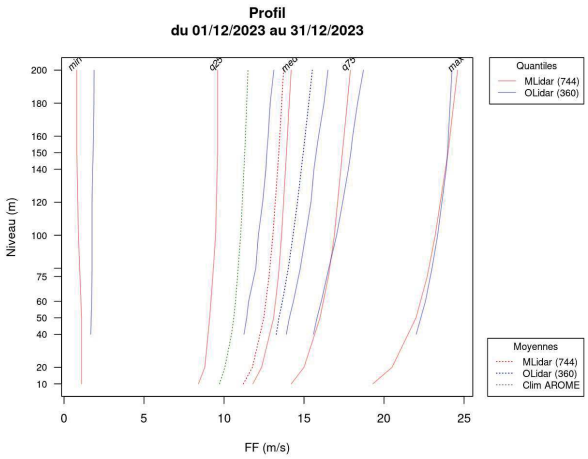


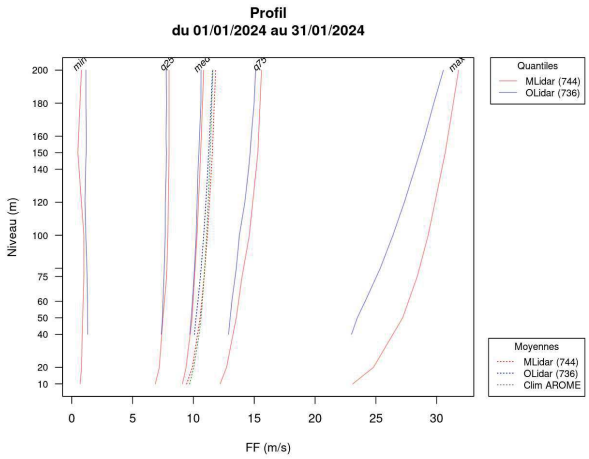
Profil
du 01/10/2023 au 31/10/2023

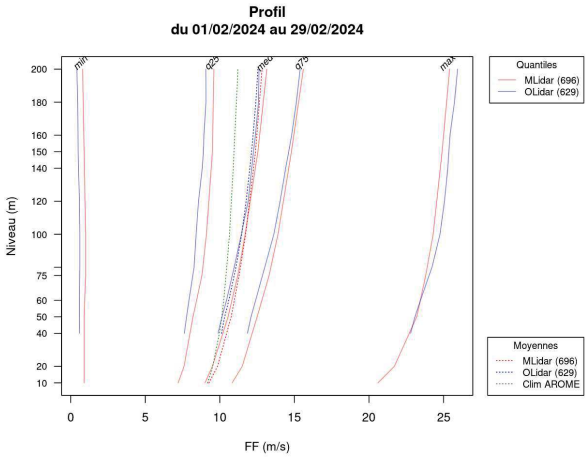


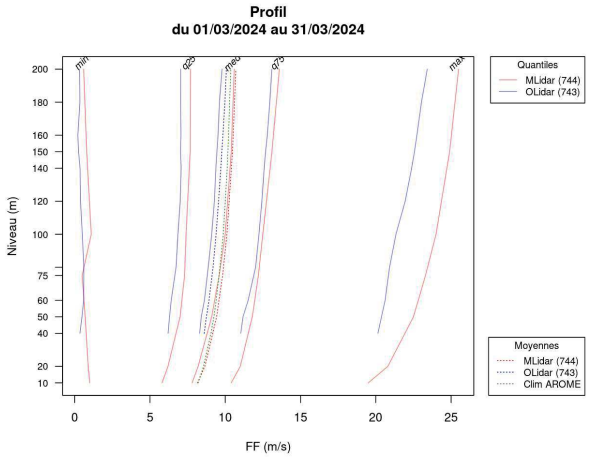
Profil
du 01/11/2023 au 30/11/2023

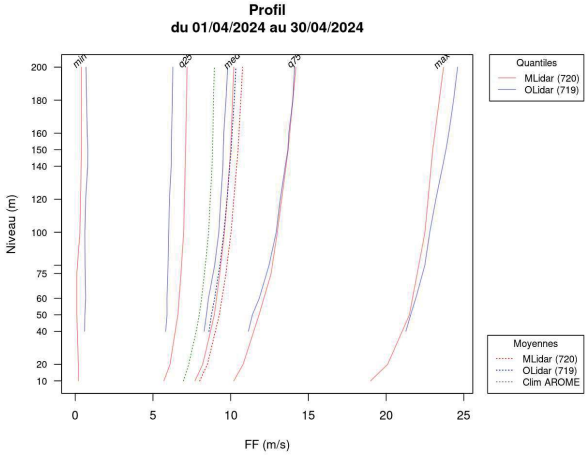



Profil
du 01/12/2023 au 31/12/2023
Niveau (m)
FF (m/s)
Quantiles
MLidar (744)
OLidar (360)
Moyennes
MLidar (744)
OLidar (360)
Clim AROME

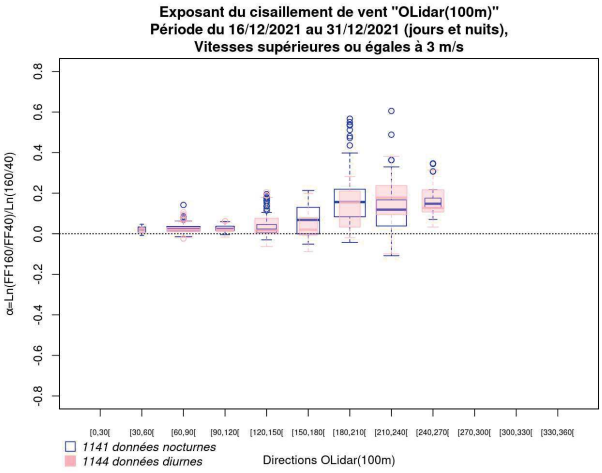

Profil
du 01/01/2024 au 31/01/2024
Niveau (m)
FF (m/s)
Quantiles
MLidar (744)
OLidar (736)
Moyennes
MLidar (744)
OLidar (736)
Clim AROME

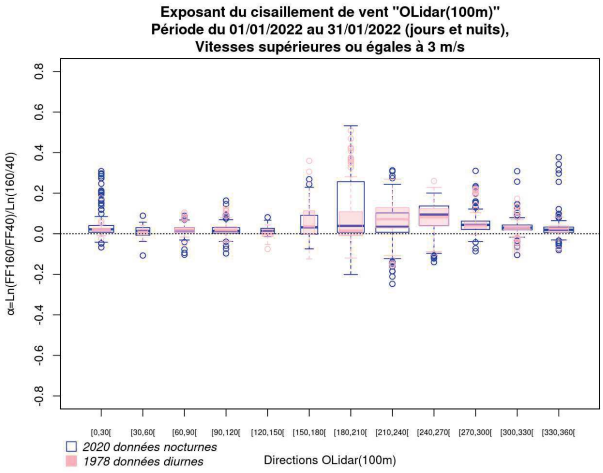

Profil
du 01/02/2024 au 29/02/2024
Niveau (m)
FF (m/s)
Quantiles
MLidar (696)
OLidar (629)
Moyennes
MLidar (696)
OLidar (629)
Clim AROME

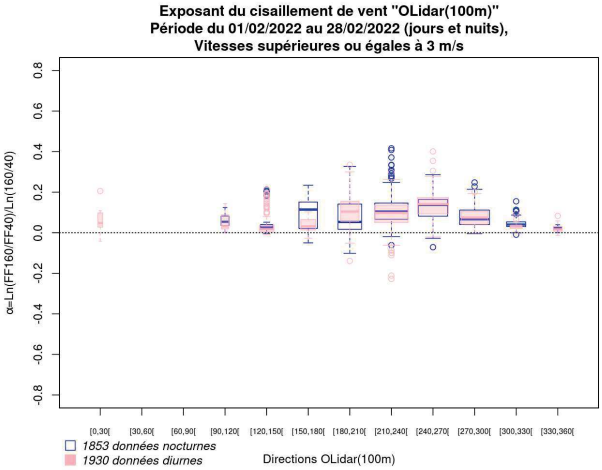

Profil
du 01/03/2024 au 31/03/2024
Niveau (m)
FF (m/s)
Quantiles
MLidar (744)
OLidar (743)
Moyennes
MLidar (744)
OLidar (743)
Clim AROME

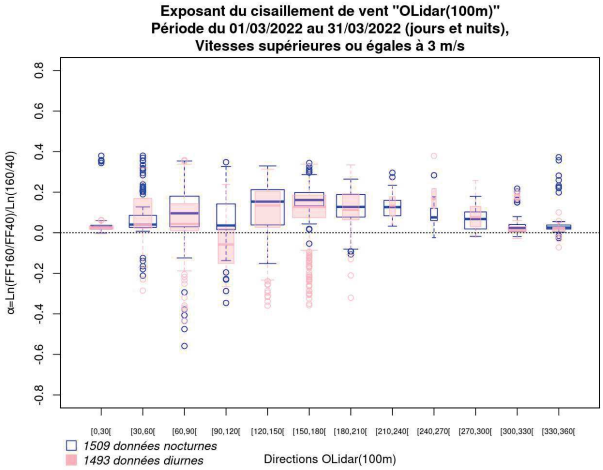

Profil
du 01/04/2024 au 30/04/2024
Niveau (m)
FF (m/s)
Quantiles
MLidar (720)
OLidar (719)
Moyennes
MLidar (720)
OLidar (719)
Clim AROME

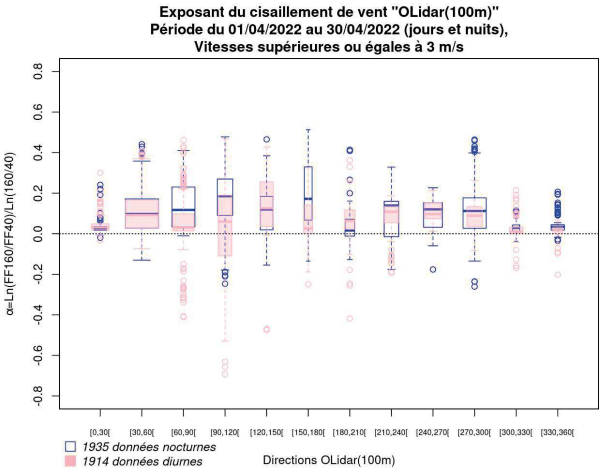
Annexe 10 : Cisaillement du vent du LiDAR à 100m (données brutes seuillées à 3 m/s)

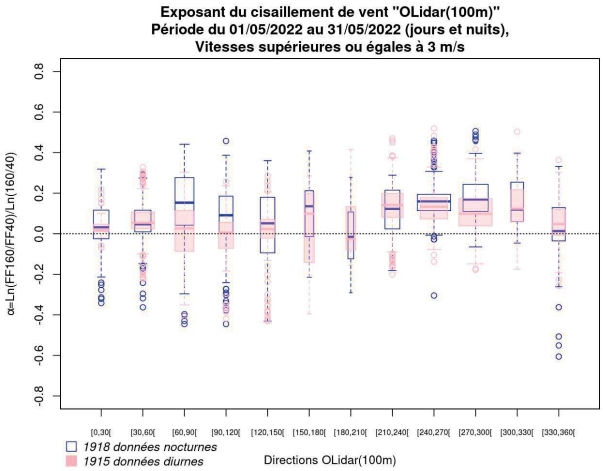


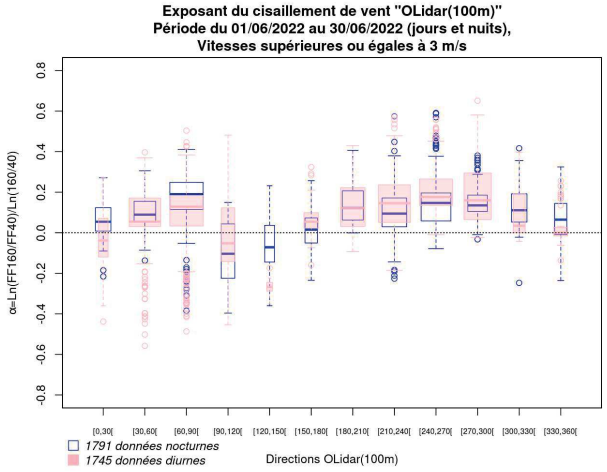


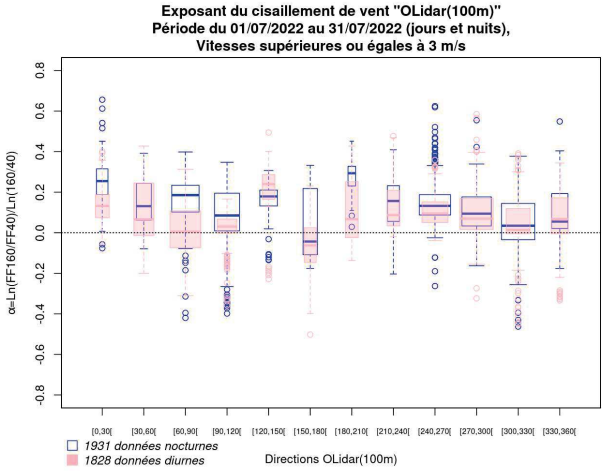


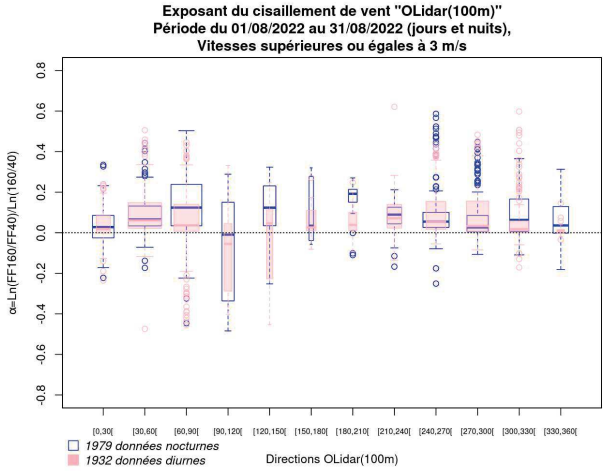


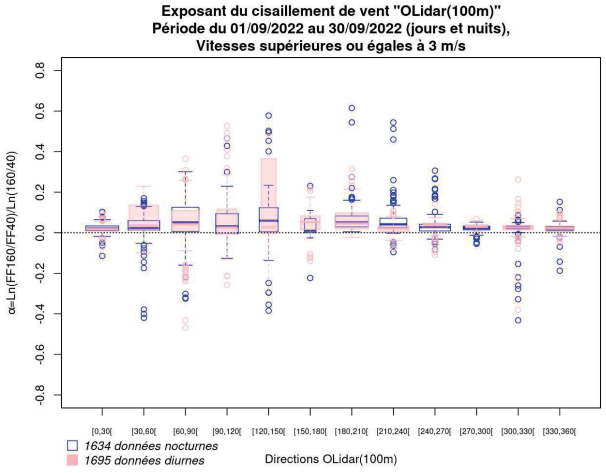


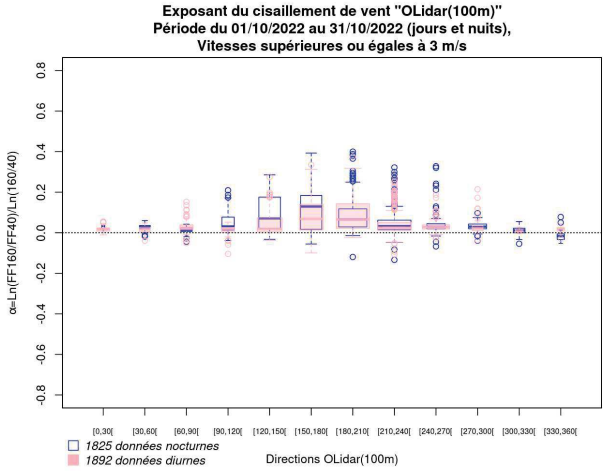


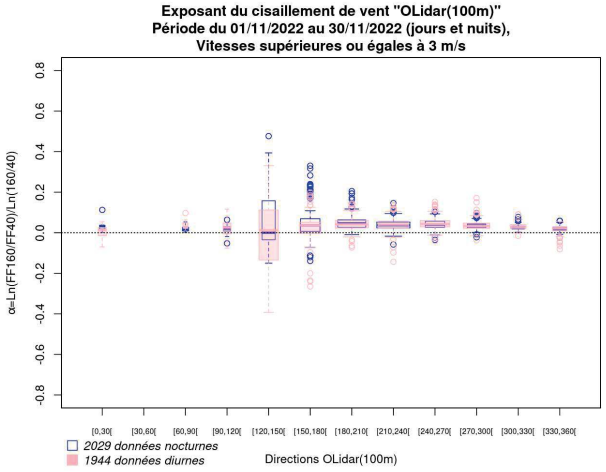

Exposant du cisaillement de vent "OLidar(100m)"
Période du 01/06/2022 au 30/06/2022 (jours et nuits),
Vitesses supérieures ou égales à 3 m/s
α=Ln(FF160/FF40)/Ln(160/40)
1791 données nocturnes
1745 données diurnes
Directions OLidar(100m)

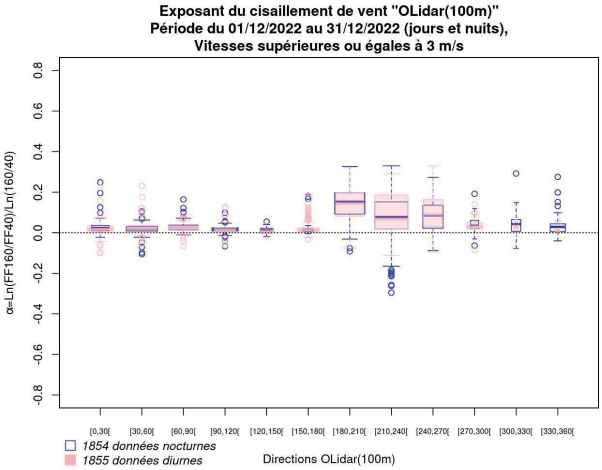

Exposant du cisaillement de vent "OLidar(100m)"
Période du 01/07/2022 au 31/07/2022 (jours et nuits),
Vitesses supérieures ou égales à 3 m/s
α=Ln(FF160/FF40)/Ln(160/40)
1931 données nocturnes
1828 données diurnes
Directions OLidar(100m)

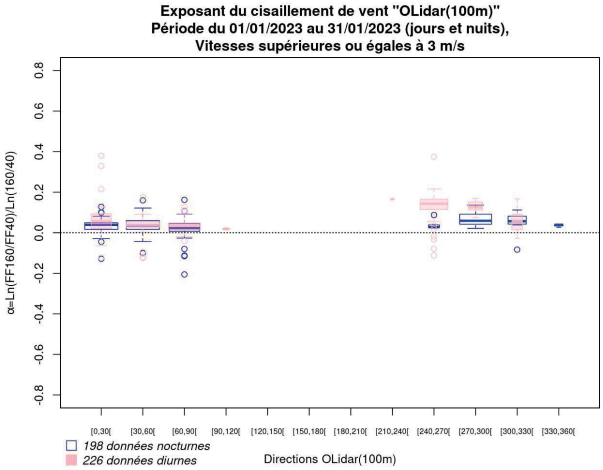

Exposant du cisaillement de vent "OLidar(100m)"
Période du 01/08/2022 au 31/08/2022 (jours et nuits),
Vitesses supérieures ou égales à 3 m/s
α=Ln(FF160/FF40)/Ln(160/40)
1979 données nocturnes
1932 données diurnes
Directions OLidar(100m)

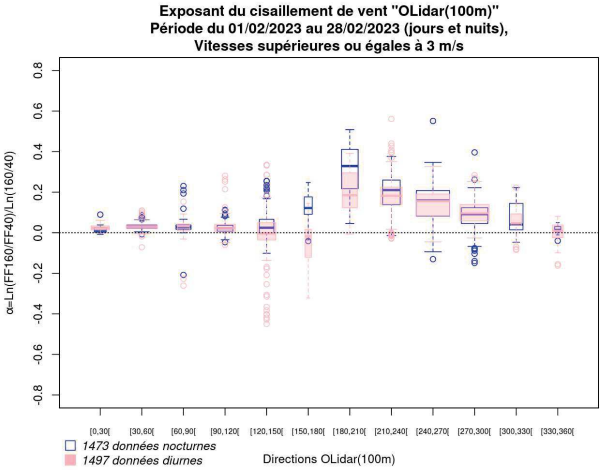

Exposant du cisaillement de vent "OLidar(100m)"
Période du 01/09/2022 au 30/09/2022 (jours et nuits),
Vitesses supérieures ou égales à 3 m/s
α=Ln(FF160/FF40)/Ln(160/40)
1634 données nocturnes
1695 données diurnes
Directions OLidar(100m)

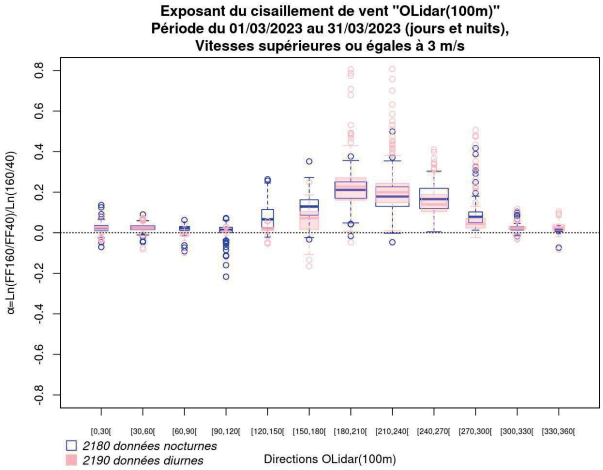

Exposant du cisaillement de vent "OLidar(100m)"
Période du 01/10/2022 au 31/10/2022 (jours et nuits),
Vitesses supérieures ou égales à 3 m/s
α=Ln(FF160/FF40)/Ln(160/40)
1825 données nocturnes
1892 données diurnes
Directions OLidar(100m)

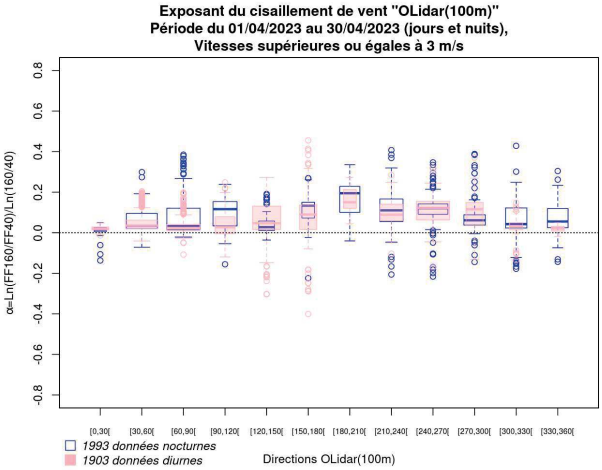

Exposant du cisaillement de vent "OLidar(100m)"
Période du 01/11/2022 au 30/11/2022 (jours et nuits),
Vitesses supérieures ou égales à 3 m/s
α=Ln(FF160/FF40)/Ln(160/40)
2029 données nocturnes
1944 données diurnes
Directions OLidar(100m)

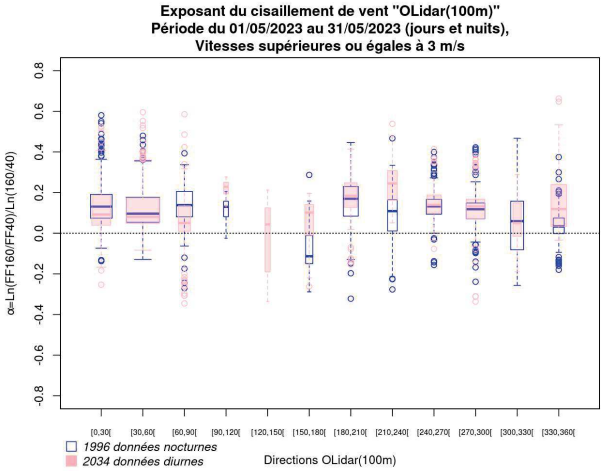

Exposant du cisaillement de vent "OLidar(100m)"
Période du 01/12/2022 au 31/12/2022 (jours et nuits),
Vitesses supérieures ou égales à 3 m/s
α=Ln(FF160/FF40)/Ln(160/40)
1854 données nocturnes
1855 données diurnes
Directions OLidar(100m)

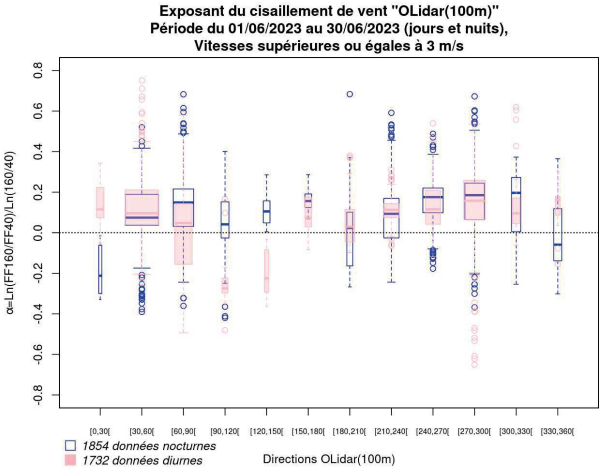

Exposant du cisaillement de vent "OLidar(100m)"
Période du 01/01/2023 au 31/01/2023 (jours et nuits),
Vitesses supérieures ou égales à 3 m/s
α=Ln(FF160/FF40)/Ln(160/40)
198 données nocturnes
226 données diurnes
Directions OLidar(100m)

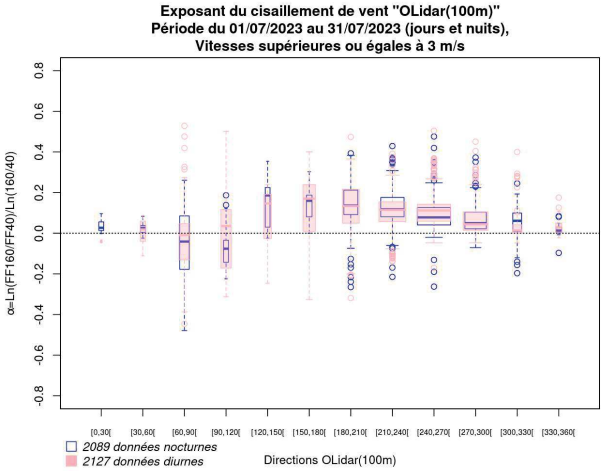

Exposant du cisaillement de vent "OLidar(100m)"
Période du 01/02/2023 au 28/02/2023 (jours et nuits),
Vitesses supérieures ou égales à 3 m/s
α=Ln(FF160/FF40)/Ln(160/40)
1473 données nocturnes
1497 données diurnes
Directions OLidar(100m)

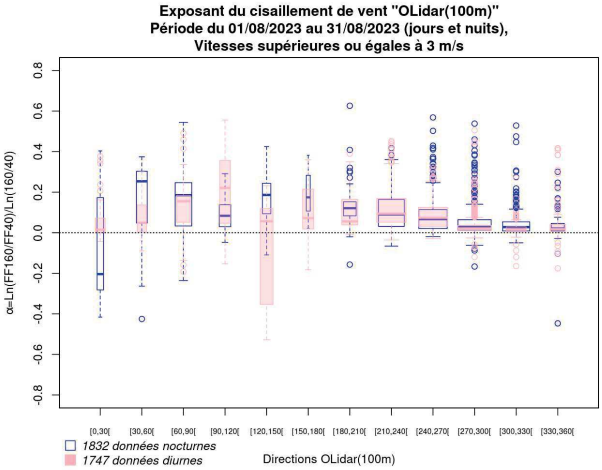

Exposant du cisaillement de vent "OLidar(100m)"
Période du 01/03/2023 au 31/03/2023 (jours et nuits),
Vitesses supérieures ou égales à 3 m/s
α=Ln(FF160/FF40)/Ln(160/40)
2180 données nocturnes
2190 données diurnes
Directions OLidar(100m)

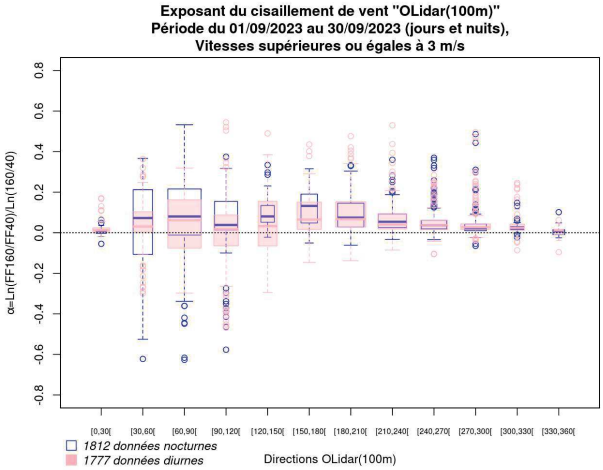

Exposant du cisaillement de vent "OLidar(100m)"
Période du 01/04/2023 au 30/04/2023 (jours et nuits),
Vitesses supérieures ou égales à 3 m/s
α=Ln(FF160/FF40)/Ln(160/40)
1993 données nocturnes
1903 données diurnes
Directions OLidar(100m)

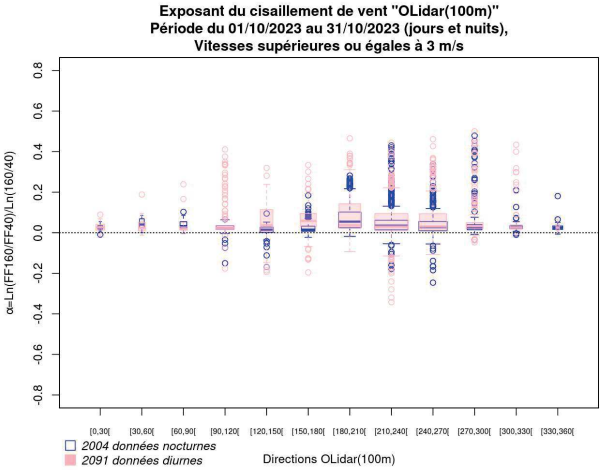

Exposant du cisaillement de vent "OLidar(100m)"
Période du 01/05/2023 au 31/05/2023 (jours et nuits),
Vitesses supérieures ou égales à 3 m/s
α=Ln(FF160/FF40)/Ln(160/40)
1996 données nocturnes
2034 données diurnes
Directions OLidar(100m)

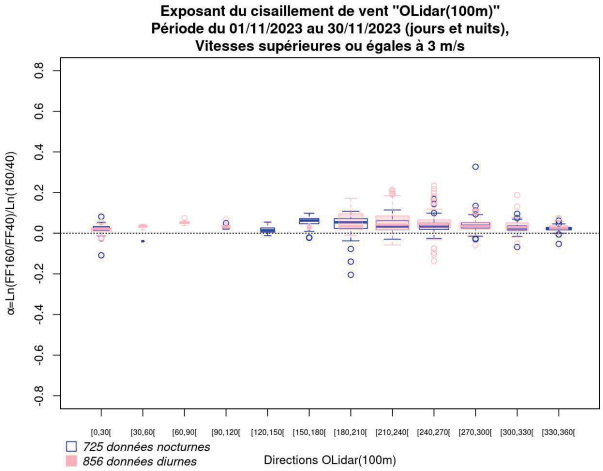

Exposant du cisaillement de vent "OLidar(100m)"
Période du 01/06/2023 au 30/06/2023 (jours et nuits),
Vitesses supérieures ou égales à 3 m/s
α=Ln(FF160/FF40)/Ln(160/40)
1854 données nocturnes
1732 données diurnes
Directions OLidar(100m)

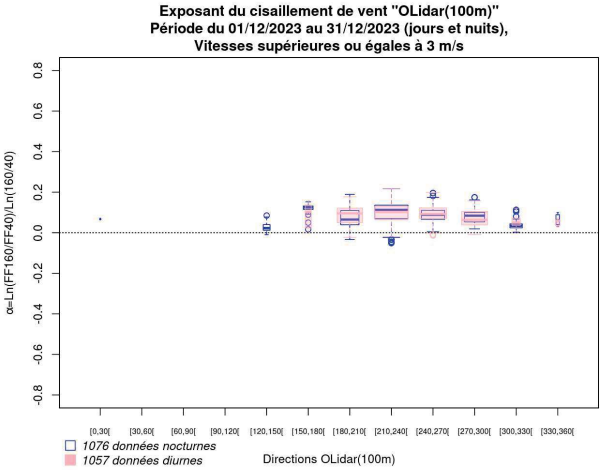

Exposant du cisaillement de vent "OLidar(100m)"
Période du 01/07/2023 au 31/07/2023 (jours et nuits),
Vitesses supérieures ou égales à 3 m/s
α=Ln(FF160/FF40)/Ln(160/40)
2089 données nocturnes
2127 données diurnes
Directions OLidar(100m)

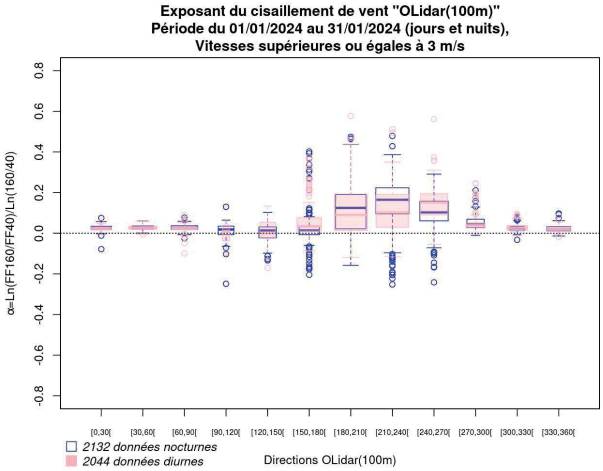

Exposant du cisaillement de vent "OLidar(100m)"
Période du 01/08/2023 au 31/08/2023 (jours et nuits),
Vitesses supérieures ou égales à 3 m/s
α=Ln(FF160/FF40)/Ln(160/40)
1832 données nocturnes
1747 données diurnes
Directions OLidar(100m)

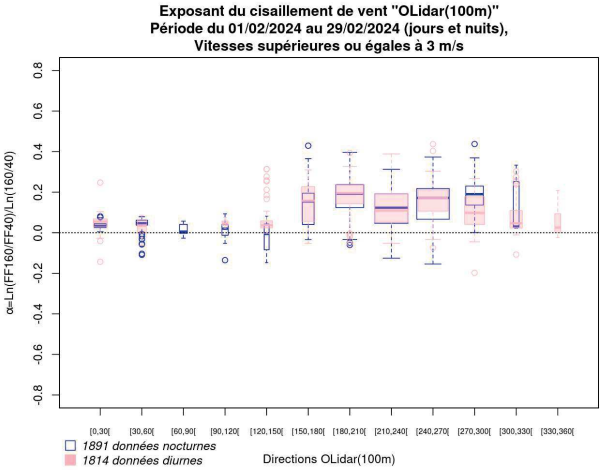

Exposant du cisaillement de vent "OLidar(100m)"
Période du 01/09/2023 au 30/09/2023 (jours et nuits),
Vitesses supérieures ou égales à 3 m/s
α=Ln(FF160/FF40)/Ln(160/40)
1812 données nocturnes
1777 données diurnes
Directions OLidar(100m)

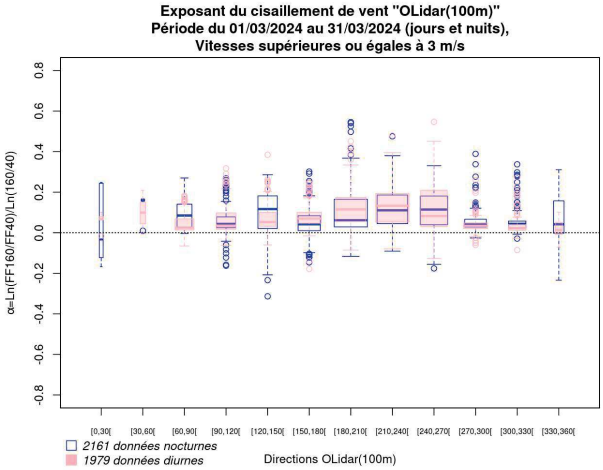

Exposant du cisaillement de vent "OLidar(100m)"
Période du 01/10/2023 au 31/10/2023 (jours et nuits),
Vitesses supérieures ou égales à 3 m/s
α=Ln(FF160/FF40)/Ln(160/40)
2004 données nocturnes
2091 données diurnes
Directions OLidar(100m)

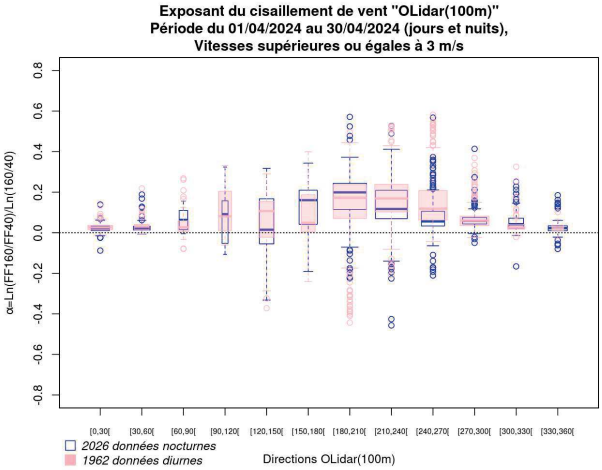

Exposant du cisaillement de vent "OLidar(100m)"
Période du 01/11/2023 au 30/11/2023 (jours et nuits),
Vitesses supérieures ou égales à 3 m/s
α=Ln(FF160/FF40)/Ln(160/40)
725 données nocturnes
856 données diurnes
Directions OLidar(100m)


Exposant du cisaillement de vent "OLidar(100m)"
Période du 01/12/2023 au 31/12/2023 (jours et nuits),
Vitesses supérieures ou égales à 3 m/s
α=Ln(FF160/FF40)/Ln(160/40)
1076 données nocturnes
1057 données diurnes
Directions OLidar(100m)

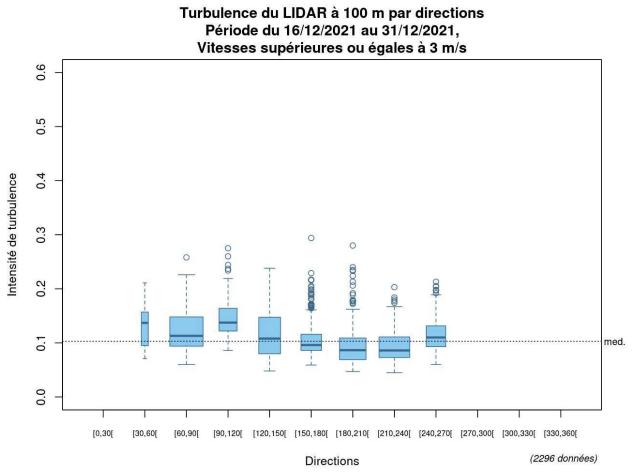

Exposant du cisaillement de vent "OLidar(100m)"
Période du 01/01/2024 au 31/01/2024 (jours et nuits),
Vitesses supérieures ou égales à 3 m/s
α=Ln(FF160/FF40)/Ln(160/40)
2132 données nocturnes
2044 données diurnes
Directions OLidar(100m)

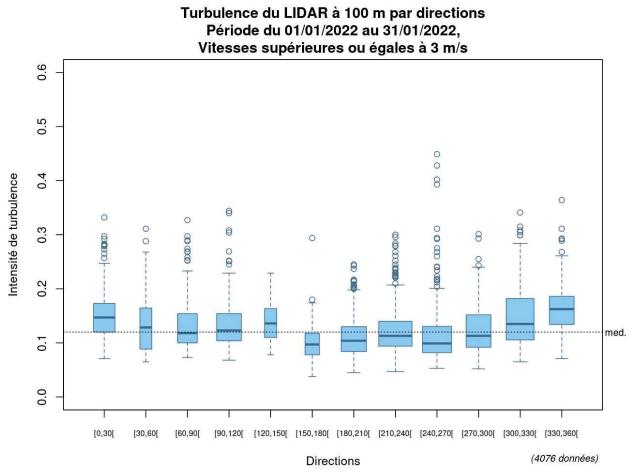

Exposant du cisaillement de vent "OLidar(100m)"
Période du 01/02/2024 au 29/02/2024 (jours et nuits),
Vitesses supérieures ou égales à 3 m/s
α=Ln(FF160/FF40)/Ln(160/40)
1891 données nocturnes
1814 données diurnes
Directions OLidar(100m)

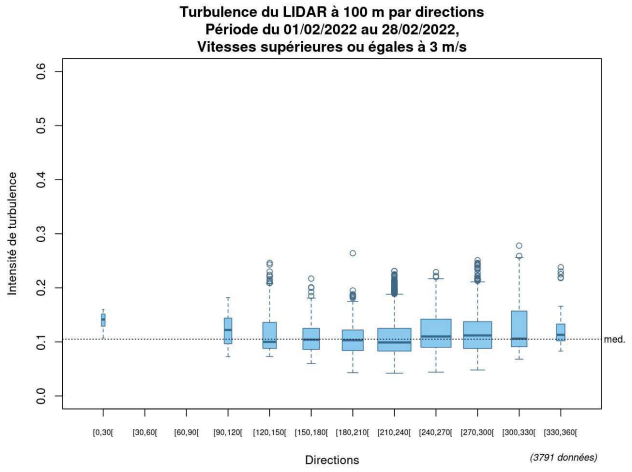

Exposant du cisaillement de vent "OLidar(100m)"
Période du 01/03/2024 au 31/03/2024 (jours et nuits),
Vitesses supérieures ou égales à 3 m/s
α=Ln(FF160/FF40)/Ln(160/40)
2161 données nocturnes
1979 données diurnes
Directions OLidar(100m)

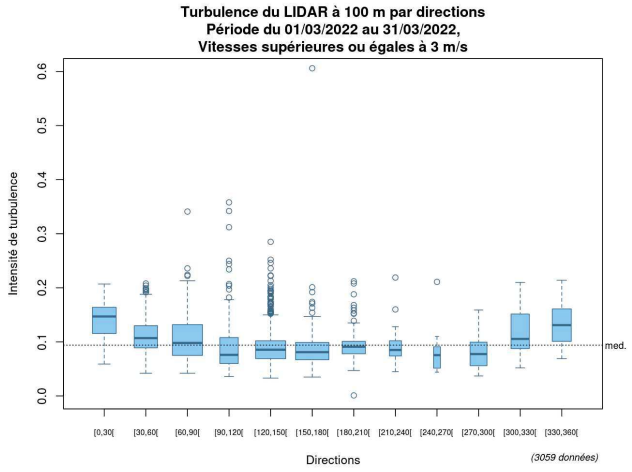

Exposant du cisaillement de vent "OLidar(100m)"
Période du 01/04/2024 au 30/04/2024 (jours et nuits),
Vitesses supérieures ou égales à 3 m/s
α=Ln(FF160/FF40)/Ln(160/40)
2026 données nocturnes
1962 données diurnes
Directions OLidar(100m)

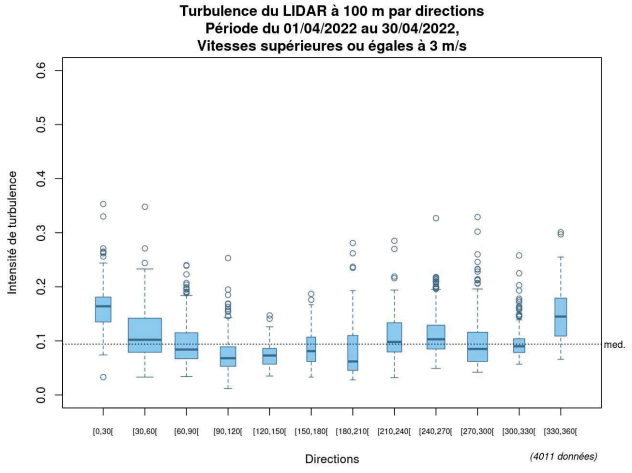
Annexe 11 : Turbulence du vent du LiDAR à 100m (données brutes seuillées à 3 m/s)

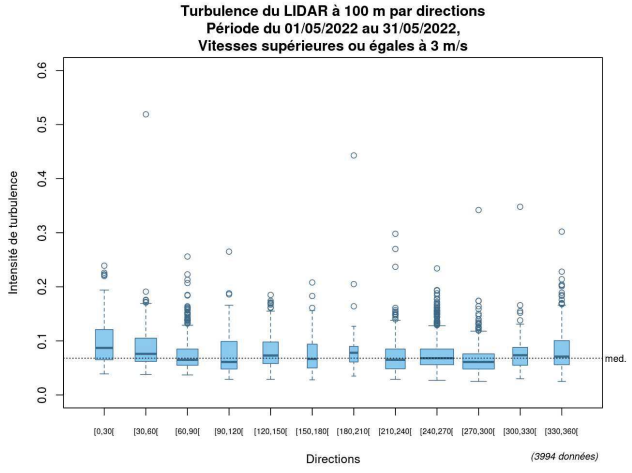




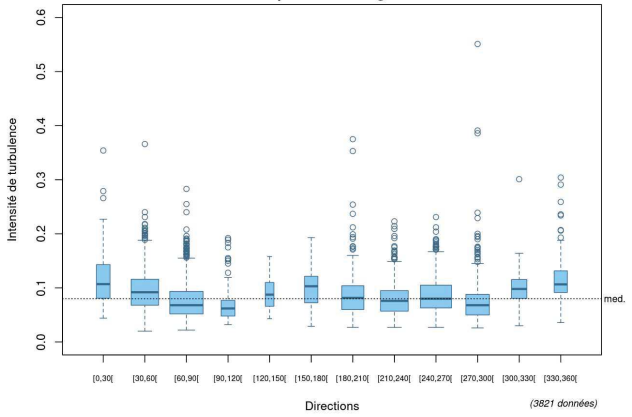






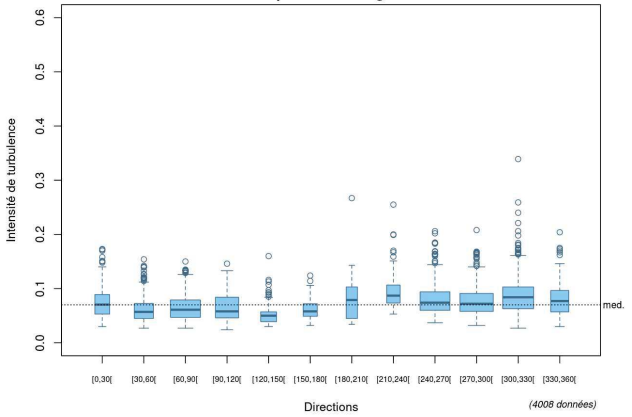


Turbulence du LIDAR à 100 m par directions
Période du 01/06/2022 au 30/06/2022,
Vitesses supérieures ou égales à 3 m/s



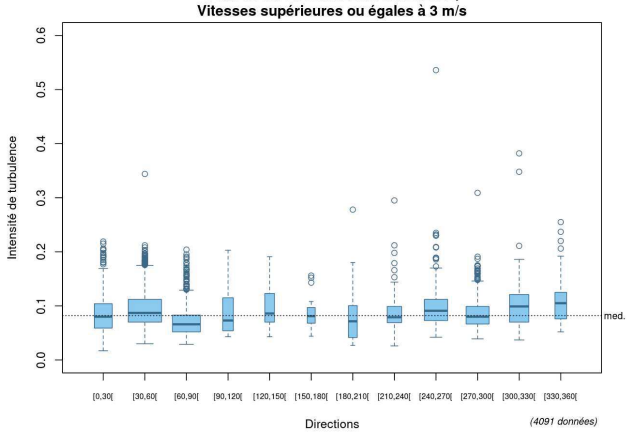
(3821 données)

Turbulence du LIDAR à 100 m par directions
Période du 01/07/2022 au 31/07/2022,
Vitesses supérieures ou égales à 3 m/s



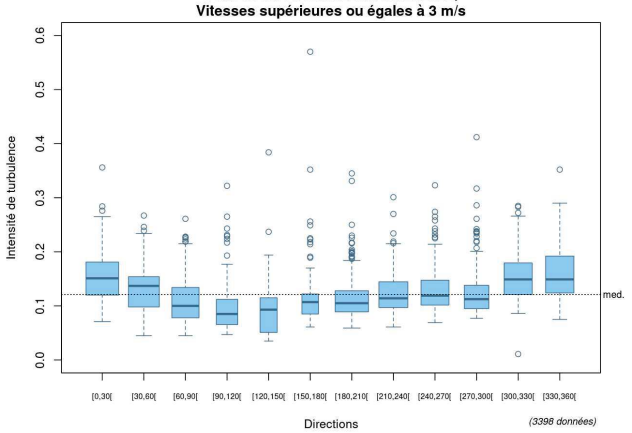
(4008 données)

Turbulence du LIDAR à 100 m par directions
Période du 01/08/2022 au 31/08/2022,
Vitesses supérieures ou égales à 3 m/s



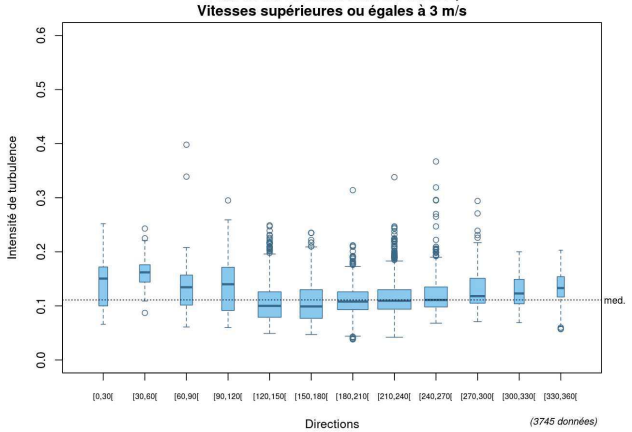
(4091 données)

Turbulence du LIDAR à 100 m par directions
Période du 01/09/2022 au 30/09/2022,
Vitesses supérieures ou égales à 3 m/s



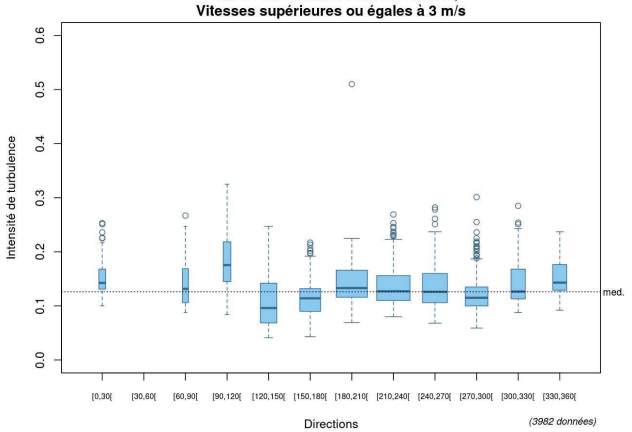
(3398 données)

Turbulence du LIDAR à 100 m par directions
Période du 01/10/2022 au 31/10/2022,
Vitesses supérieures ou égales à 3 m/s

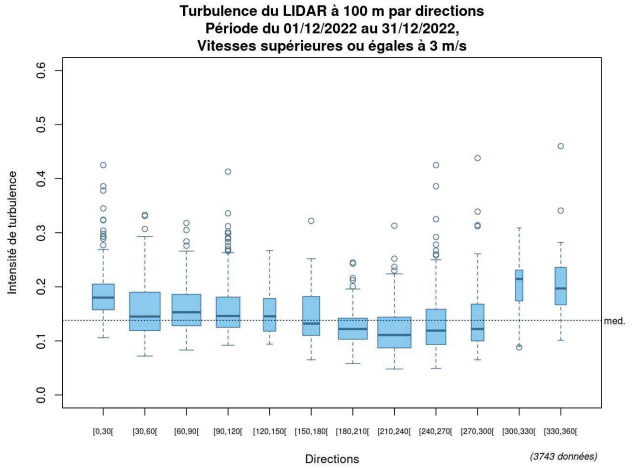


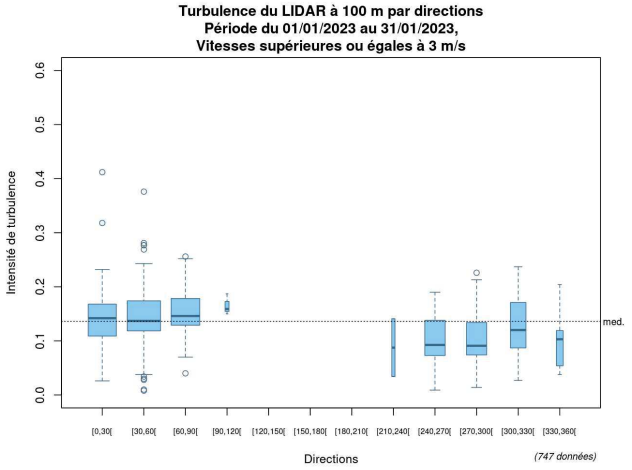
(3745 données)

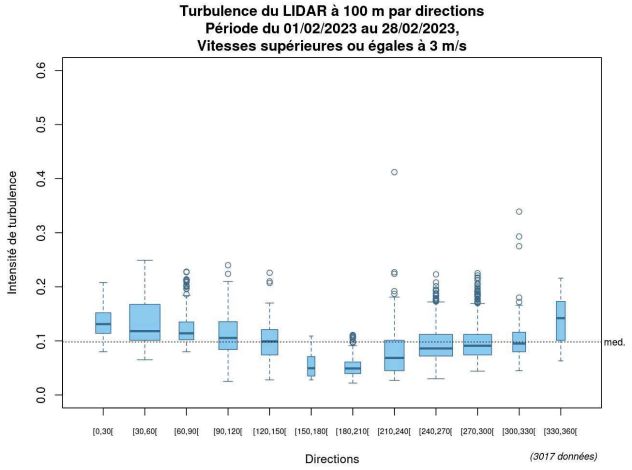
Turbulence du LIDAR à 100 m par directions
Période du 01/11/2022 au 30/11/2022,
Vitesses supérieures ou égales à 3 m/s

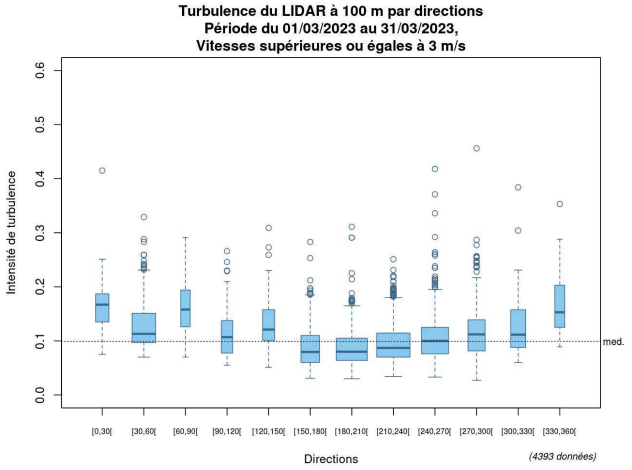


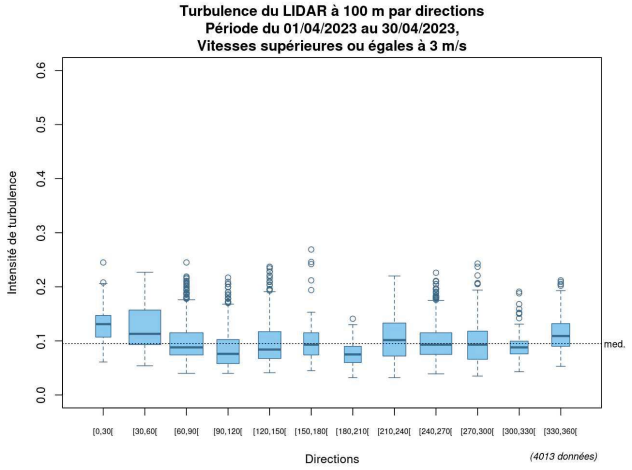
(3982 données)

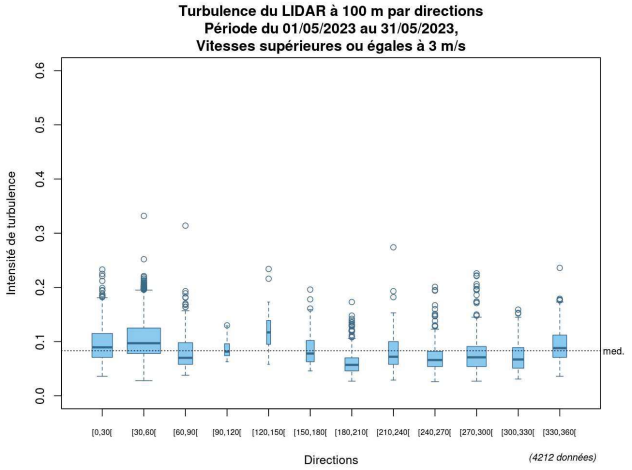

Turbulence du LIDAR à 100 m par directions
Période du 01/12/2022 au 31/12/2022,
Vitesses supérieures ou égales à 3 m/s
Intensité de turbulence
0.0
0.1
0.2
0.3
0.4
0.5
0.6
med.
[0,30[[30,60[[60,90[[90,120[[120,150[[150,180[[180,210[[210,240[[240,270[[270,300[[300,330[[330,360[
Directions
(3743 données)


Turbulence du LIDAR à 100 m par directions
Période du 01/01/2023 au 31/01/2023,
Vitesses supérieures ou égales à 3 m/s
Intensité de turbulence
0.0
0.1
0.2
0.3
0.4
0.5
0.6
med.
[0,30[[30,60[[60,90[[90,120[[120,150[[150,180[[180,210[[210,240[[240,270[[270,300[[300,330[[330,360[
Directions
(747 données)

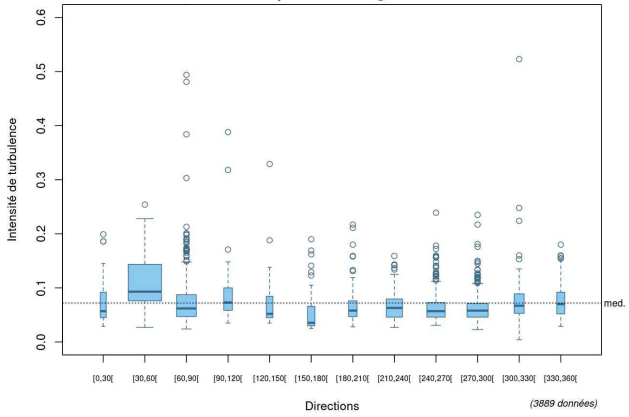

Turbulence du LIDAR à 100 m par directions
Période du 01/02/2023 au 28/02/2023,
Vitesses supérieures ou égales à 3 m/s
Intensité de turbulence
0.0
0.1
0.2
0.3
0.4
0.5
0.6
med.
[0,30[[30,60[[60,90[[90,120[[120,150[[150,180[[180,210[[210,240[[240,270[[270,300[[300,330[[330,360[
Directions
(3017 données)


Turbulence du LIDAR à 100 m par directions
Période du 01/03/2023 au 31/03/2023,
Vitesses supérieures ou égales à 3 m/s
Intensité de turbulence
0.0
0.1
0.2
0.3
0.4
0.5
0.6
med.
[0,30[[30,60[[60,90[[90,120[[120,150[[150,180[[180,210[[210,240[[240,270[[270,300[[300,330[[330,360[
Directions
(4393 données)


Turbulence du LIDAR à 100 m par directions
Période du 01/04/2023 au 30/04/2023,
Vitesses supérieures ou égales à 3 m/s
Intensité de turbulence
0.0
0.1
0.2
0.3
0.4
0.5
0.6
med.
[0,30[[30,60[[60,90[[90,120[[120,150[[150,180[[180,210[[210,240[[240,270[[270,300[[300,330[[330,360[
Directions
(4013 données)

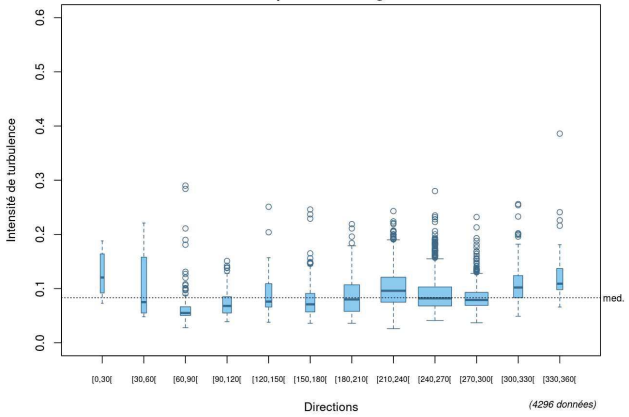

Turbulence du LIDAR à 100 m par directions
Période du 01/05/2023 au 31/05/2023,
Vitesses supérieures ou égales à 3 m/s
Intensité de turbulence
0.0
0.1
0.2
0.3
0.4
0.5
0.6
med.
[0,30[[30,60[[60,90[[90,120[[120,150[[150,180[[180,210[[210,240[[240,270[[270,300[[300,330[[330,360[
Directions
(4212 données)

Turbulence du LIDAR à 100 m par directions
Période du 01/06/2023 au 30/06/2023,
Vitesses supérieures ou égales à 3 m/s



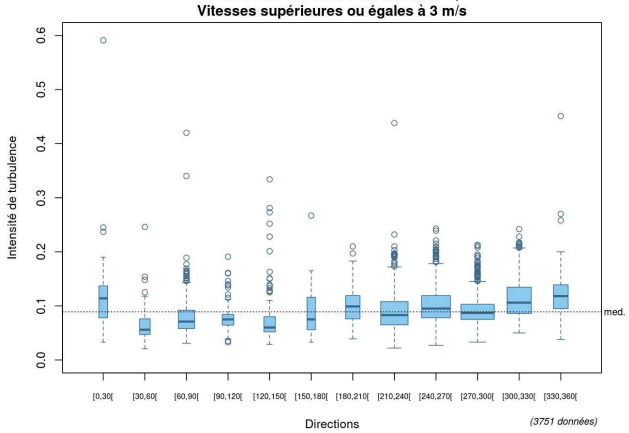
(3889 données)

Turbulence du LIDAR à 100 m par directions
Période du 01/07/2023 au 31/07/2023,
Vitesses supérieures ou égales à 3 m/s



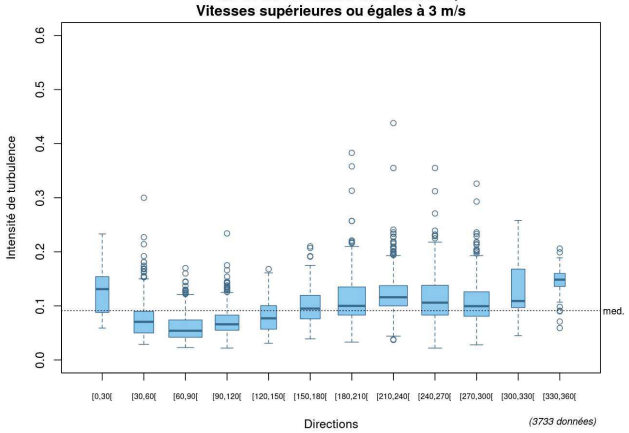
(4296 données)

Turbulence du LIDAR à 100 m par directions
Période du 01/08/2023 au 31/08/2023,
Vitesses supérieures ou égales à 3 m/s



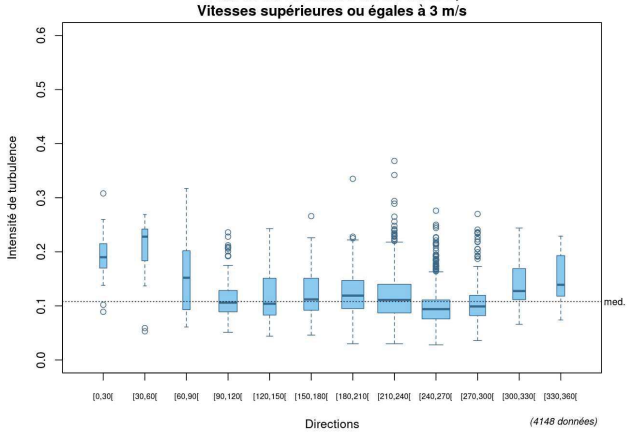
(3751 données)

Turbulence du LIDAR à 100 m par directions
Période du 01/09/2023 au 30/09/2023,
Vitesses supérieures ou égales à 3 m/s



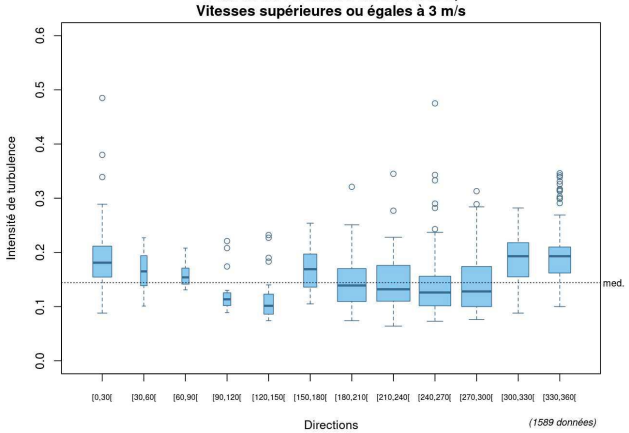
(3733 données)

Turbulence du LIDAR à 100 m par directions
Période du 01/10/2023 au 31/10/2023,
Vitesses supérieures ou égales à 3 m/s

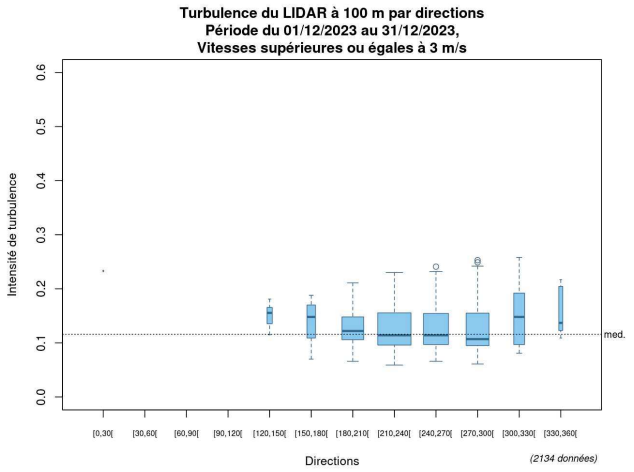


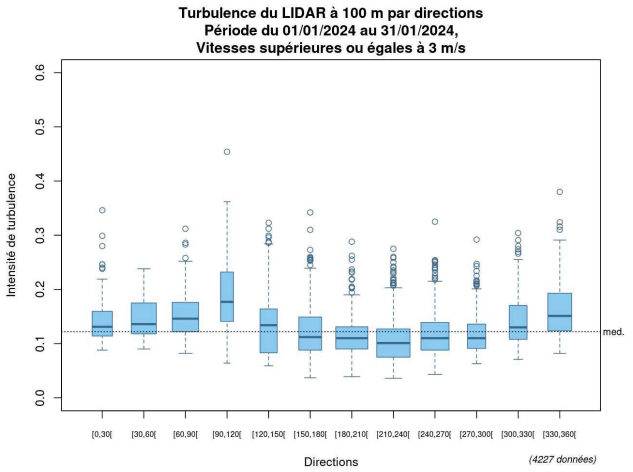
(4148 données)

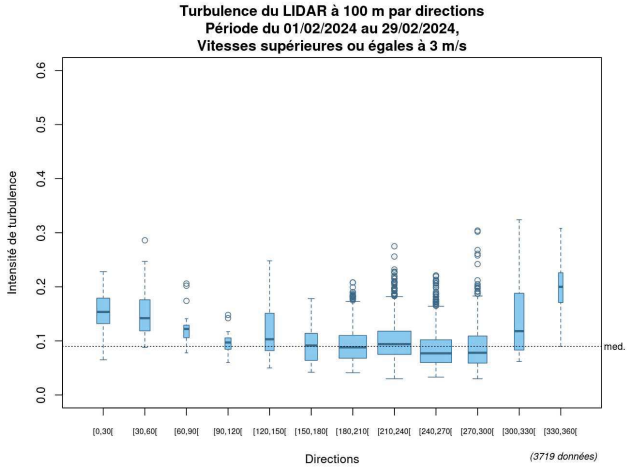
Turbulence du LIDAR à 100 m par directions
Période du 01/11/2023 au 30/11/2023,
Vitesses supérieures ou égales à 3 m/s

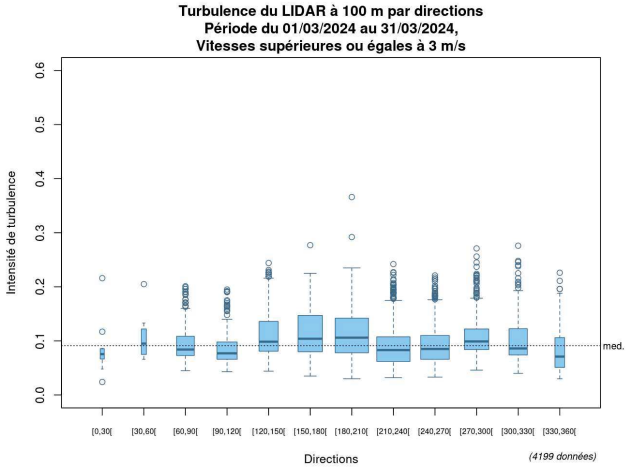


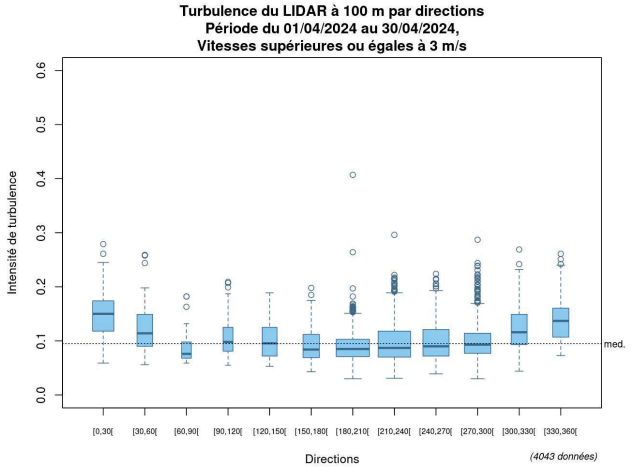
(1589 données)


Turbulence du LIDAR à 100 m par directions
Période du 01/12/2023 au 31/12/2023,
Vitesses supérieures ou égales à 3 m/s
Intensité de turbulence
0.0
0.1
0.2
0.3
0.4
0.5
0.6
med.
[0,30[[30,60[[60,90[[90,120[[120,150[[150,180[[180,210[[210,240[[240,270[[270,300[[300,330[[330,360[
Directions
(2134 données)


Turbulence du LIDAR à 100 m par directions
Période du 01/01/2024 au 31/01/2024,
Vitesses supérieures ou égales à 3 m/s
Intensité de turbulence
0.0
0.1
0.2
0.3
0.4
0.5
0.6
med.
[0,30[[30,60[[60,90[[90,120[[120,150[[150,180[[180,210[[210,240[[240,270[[270,300[[300,330[[330,360[
Directions
(4227 données)


Turbulence du LIDAR à 100 m par directions
Période du 01/02/2024 au 29/02/2024,
Vitesses supérieures ou égales à 3 m/s
Intensité de turbulence
0.0
0.1
0.2
0.3
0.4
0.5
0.6
med.
[0,30[[30,60[[60,90[[90,120[[120,150[[150,180[[180,210[[210,240[[240,270[[270,300[[300,330[[330,360[
Directions
(3719 données)


Turbulence du LIDAR à 100 m par directions
Période du 01/03/2024 au 31/03/2024,
Vitesses supérieures ou égales à 3 m/s
Intensité de turbulence
0.0
0.1
0.2
0.3
0.4
0.5
0.6
med.
[0,30[[30,60[[60,90[[90,120[[120,150[[150,180[[180,210[[210,240[[240,270[[270,300[[300,330[[330,360[
Directions
(4199 données)


Turbulence du LIDAR à 100 m par directions
Période du 01/04/2024 au 30/04/2024,
Vitesses supérieures ou égales à 3 m/s
Intensité de turbulence
0.0
0.1
0.2
0.3
0.4
0.5
0.6
med.
[0,30[[30,60[[60,90[[90,120[[120,150[[150,180[[180,210[[210,240[[240,270[[270,300[[300,330[[330,360[
Directions
(4043 données)

FIN DE DOCUMENT