

Evaluation des risques usuels liés au vent

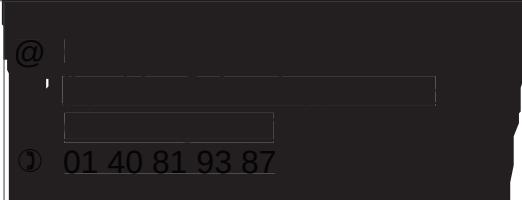
Lot 1 - Golfe du Lion-Centre (GLC)



Version A du 28/05/2025

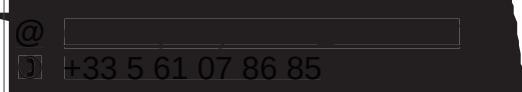
Client

Direction Générale de l'Énergie et du Climat
du Ministère de la Transition Écologique



Responsable commercial :

Météo-France D2C Toulouse



Responsable technique :

Météo-France DSM/CS



- page laissée intentionnellement vide -

Documents de référence antérieurs

	Intitulé	Nom document	Référence	Date	Version
DR1	Climatologie de visibilité - Façade NAMO	DGEC-Lot7_Visibilite_NAMO_Rapport_v3_20240213	[Baillon,Minet,2024]	13/02/2024	3
DR2	Analyse du vent sur la zone nord Atlantique – Manche ouest	DGEC_NAMO_Lot7_LotPr eliminaireVent_V2_20231019	[Baillon,Minet,2023]	19/10/2023	2
DR3	Zones homogènes et points de mesure associés	DGEC_Lot7_ZonesHomogenes_Rapport_V4	[Gibier,2024]	12/03/2024	4
DR4	Projet de parc éolien off shore Note technique Lots 1, 2 et 3	DGEC-ProjetParcsEoliens-NoteTechnique_Lots1-2-3_V2.0_20250423	[Chatel et al, 2025]	23/04/2025	2

Évolutions successives

Référence	Date	Version	Évolution
L1.RA_MeteoF-DGEC_GLC_B1_20250430	30/04/2025	B1	Création
L1.RA_MeteoF-DGEC_GLC_B2_20250520	20/05/2025	B2	prise en compte de la relecture CEREMA
L1.RA_MeteoF-DGEC_GLC_A_20250528	28/05/2025	A	Version validée

Signatures

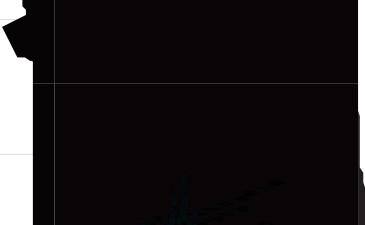
	Nom	Service	Signature
Rédacteur(s)	M. Baillon W. Le Bidon N. Malpot	DSM/CS/DC DSM/CS/DC CMO Brest	
Selecteur(s)	N. Rouchy	DSM/CS/DC	
Approbateur(s)	A. Brisson	DSM/CS	
	Christophe Jacolin	D2C/DV/PRO	

Table des matières

1 Objet de l'étude et méthode	1
1.1 Objet de l'étude	1
1.2 Méthode	1
1.3 Campagne de mesure	2
2 Géographie physique du littoral	3
3 Climat et typologie des vents	4
3.1 La tramontane	6
3.2 Le marin	7
3.3 Le levant	9
3.4 Le phénomène de brise	11
4 Climatologie fine du vent	13
4.1 Comparaison des vents observés et du modèle AROME niveau 10 m	13
4.1.1 Béziers-Vias	14
4.1.1.1 Comparaison des roses des vents	15
4.1.1.2 Comparaison des distributions	17
4.1.2 Montpellier	20
4.1.2.1 Comparaison des roses des vents	20
4.1.2.2 Comparaison des distributions	22
4.1.3 Bouée Lion	25
4.1.3.1 Comparaison des roses des vents	25
4.1.3.2 Comparaison des distributions	27
4.2 Vents modélisés sur la zone	29
4.2.1 Vents modélisés au niveau 10 m	30
4.2.2 Vents modélisés au niveau 100 m	34
4.2.3 Vents modélisés au niveau 160 m	38
4.2.4 Vents modélisés au niveau 250 m	42
5 Durées de retour des vents forts	46
5.1 Durées de retour du point centroïde au niveau 10 m	48
5.2 Durées de retour du point centroïde au niveau 100 m	50
5.3 Durées de retour sur la zone	52
6 Conclusion	53

Liste des illustrations

Illustration 1 : Points de grille AROME de la zone d'intérêt GLC .	2
Illustration 2 : Carte physique de la région Occitanie	3
Illustration 3 : Principaux régimes de vent sur le bassin méditerranéen occidental	5
Illustration 4 : Situations de tramontane	6
Illustration 5 : Profil vertical du vent AROME au point de grille le plus proche du centroïde de la zone GLC le 03/03/2024 à 12 h UTC	7
Illustration 6 : Situations de marin	8
Illustration 7 : Profil vertical du vent AROME au point de grille le plus proche du centroïde de la zone GLC le 24/11/2024 à 12h UTC	9
Illustration 8 : Situations de levant	10
Illustration 9 : Profil vertical du vent AROME au point de grille le plus proche du centroïde de la zone GLC le 27/10/2022 à 12h UTC	11
Illustration 10 : Roses des vents horaires moyens de Béziers du mois de juillet à 6 h UTC à gauche et 15 h UTC à droite sur la période 2000-2023	12
Illustration 11 : Roses des vents horaires moyens de Montpellier du mois de juillet à 6 h UTC à gauche et 15 h UTC à droite sur la période 2000-2023	12
Illustration 12 : Groupe de vitesses (m/s)	13
Illustration 13 : Points de mesure du vent à 10 m à proximité de la zone d'intérêt	14
Illustration 14 : Station de mesure de Béziers-Vias	15
Illustration 15 : Roses annuelles des vents horaires du point d'observation (à gauche) et du point AROME 10 m (à droite) sur la période 2000-2023	15
Illustration 16 : Roses saisonnières des vents horaires du point d'observation (à gauche) et du point AROME (à droite) sur la période 2000-2023	16
Illustration 17 : Comparaison des forces de vent (fréquences par m/s) du point d'observation (bleu clair) et du point AROME 10 m (bleu foncé) sur la période 2000-2023	17
Illustration 18 : Comparaison des directions (fréquences par secteur) du point d'observation (bleu clair) et du point AROME 10 m (bleu foncé) sur la période 2000-2023	18
Illustration 19 : Forces moyennes des vents horaires en m/s du point d'observation et du point AROME 10 m par heure UTC sur le graphe gauche et par mois sur le graphe droit de 2000 à 2023	18
Illustration 20 : Forces horaires en m/s du point d'observation et du point AROME 10 m sur les périodes du 30 octobre 2015 à 00 h UTC au 31 octobre 2015 à 23 h UTC (graphe gauche) et du 15 mai 2019 à 00 h UTC au 16 mai 2019 à 23 h UTC (graphe droit)	19
Illustration 21 : Station de mesure de Montpellier	20
Illustration 22 : Roses annuelles des vents horaires du point d'observation (à gauche) et du point AROME 10 m (à droite) sur la période 2000-2023	20
Illustration 23 : Roses saisonnières des vents horaires du point d'observation (à gauche) et du point AROME (à droite) sur la période 2000-2023	21
Illustration 24 : Comparaison des forces de vent (fréquences par m/s) du point d'observation et du point AROME 10 m sur la période 2000-2023	22
Illustration 25 : Comparaison des directions (fréquences par secteur) du point d'observation et du point AROME 10 m sur la période 2000-2023	23
Illustration 26 : Forces moyennes des vents horaires en m/s du point d'observation et du point AROME 10 m par heure UTC sur le graphe gauche et par mois sur le graphe droit de 2000 à 2023	23

Illustration 27 : Forces horaires en m/s du point d'observation et du point AROME 10 m sur les périodes du 30 octobre 2015 à 00 h UTC au 31 octobre 2015 à 23 h UTC (graphe gauche) et du 15 mai 2019 à 00 h UTC au 16 mai 2019 à 23 h UTC (graphe droit)	24
Illustration 28 : Exemple de bouée ancrée du réseau OMM	25
Illustration 29 : Roses annuelles des vents horaires du point d'observation (à gauche) et du point AROME 10 m (à droite) sur la période 2002-2023	25
Illustration 30 : Roses saisonnières des vents horaires du point d'observation (à gauche) et du point AROME (à droite) sur la période 2002-2023	26
Illustration 31 : Comparaison des forces de vent (fréquences par m/s) du point d'observation et du point AROME 10 m sur la période 2002-2023	27
Illustration 32 : Comparaison des directions (fréquences par secteur) du point d'observation et du point AROME 10 m sur la période 2002-2023	27
Illustration 33 : Forces moyennes des vents horaires en m/s du point d'observation et du point AROME 10 m par heure UTC sur le graphe gauche et par mois sur le graphe droit de 2002 à 2023	28
Illustration 34 : Forces horaires en m/s du point d'observation et du point AROME 10 m sur les périodes du 30 octobre 2015 à 00 UTC au 31 octobre 2015 à 23 h UTC (graphe gauche) et du 15 mai 2019 à 00 h UTC au 16 mai 2019 à 23 h UTC (graphe droit)	28
Illustration 35 : Classes des vents pour le niveau 10 m	29
Illustration 36 : Classes des vents pour les niveaux 100, 160 et 250 m	29
Illustration 37 : Roses annuelles simulées au niveau 10 m sur la zone d'intérêt (2000-2023)	30
Illustration 38 : Roses saisonnières simulées au niveau 10 m sur la zone d'intérêt	32
Illustration 39 : Forces moyennes du vent simulées par AROME sur la zone d'intérêt au niveau 10 m (2000-2022)	33
Illustration 40 : Roses annuelles simulées au niveau 100 m sur la zone d'intérêt (2000-2023)	34
Illustration 41 : Roses saisonnières simulées au niveau 100 m sur la zone d'intérêt	36
Illustration 42 : Forces moyennes du vent simulées par AROME sur la zone d'intérêt au niveau 100 m (2000-2022)	37
Illustration 43 : Roses annuelles simulées au niveau 160 m sur la zone d'intérêt (2000-2023)	38
Illustration 44 : Roses saisonnières simulées au niveau 160 m sur la zone d'intérêt	40
Illustration 45 : Forces moyennes du vent simulées par AROME sur la zone d'intérêt au niveau 160 m (2000-2022)	41
Illustration 46 : Roses annuelles simulées au niveau 250 m sur la zone d'intérêt (2000-2023)	42
Illustration 47 : Roses saisonnières simulées au niveau 250 m sur la zone d'intérêt	44
Illustration 48 : Forces moyennes du vent simulées par AROME sur la zone d'intérêt au niveau 250 m (2000-2022)	45
Illustration 49 : Points AROME « durée de retour » de la zone d'intérêt, avec le point centroïde	47
Illustration 50 : Graphe de durées de retour (10, 20 et 50 ans) du vent pour le point centroïde à 10 m.	48
Illustration 51 : Graphe de durées de retour (10, 20 et 50 ans) du vent pour le point centroïde à 100 m.	50

Liste des tableaux

Tableau 4.1 : Statistiques de distribution des 2 séries de données pour Béziers-Vias	19
Tableau 4.2 : Statistiques de distribution des 2 séries de données pour Montpellier	24
Tableau 4.3 : Statistiques de distribution des 2 séries de données pour la bouée Lion	29
Tableau 5.1 : Points « durée de retour » de la zone d'intérêt	46
Tableau 5.2 : Forces du vent pour une durée de retour de 10 ans du point AROME centroïde à 10 m (2000-2023).	49
Tableau 5.3 : Forces du vent pour une durée de retour de 20 ans du point AROME centroïde à 10 m (2000-2023).	49
Tableau 5.4 : Forces du vent pour une durée de retour de 50 ans du point AROME centroïde à 10 m (2000-2023)	49
Tableau 5.5 : Forces du vent pour une durée de retour de 10 ans du point AROME centroïde à 100 m (2000-2023).	51
Tableau 5.6 : Forces du vent pour une durée de retour de 20 ans du point AROME centroïde à 100 m (2000-2023).	51
Tableau 5.7 : Forces du vent pour une durée de retour de 50 ans du point AROME centroïde à 100 m (2000-2023).	51
Tableau 5.8 : Quantiles de durées de retour des 5 points AROME retenus pour le niveau 10 m	52
Tableau 5.9 : Quantiles de durées de retour des 5 points AROME retenus pour le niveau 100 m	53

Glossaire

Abréviation	Signification
FF	Vitesse du vent moyenné sur les 10 minutes précédant l'heure ronde. Hauteur de la mesure : 10 mètres. Unité : mètres par seconde et dixièmes (1 m/s = 3,6 km/h = 1,945 noeuds).
DD	Direction du vent moyenné sur les 10 minutes précédant l'heure ronde. Hauteur de la mesure : 10 mètres. La direction du vent s'exprime en degrés, de 0 à 360. Elle indique la direction d'où vient le vent.
OMM	Organisation Météorologique Mondiale
UTC	Coordinated Universal Time

1 Objet de l'étude et méthode

1.1 Objet de l'étude

L'objet de cette étude consiste à élaborer sur la base de vents représentatifs de vent moyen 10 minutes :

- une climatologie fine du vent dans les basses couches de l'atmosphère (du sol à 250 m), sur la partie centrale du bassin méditerranéen à partir des données mesurées et modélisées,
- des durées de retour des vents forts.

1.2 Méthode

Après une description des géographies physiques de la région côtière de la Méditerranée occidentale, une climatologie fine du vent est élaborée à partir de données observées, ainsi que de données du modèle AROME de Météo-France décrit dans la section 4 de [Chatel et al., V2, 2025].

Pour la comparaison des données AROME, les éléments de l'étude s'appuient sur une série historique établie sur une période de 24 ans (2000 – 2023) sauf pour les données statistiques de vent moyen du modèle AROME qui sont présentées sous forme de cartes sur 23 ans (2000 – 2022). Cette période de 23 ans correspond à la période la plus récente sur laquelle Météo-France a établi des statistiques sur un certain nombre de paramètres issus du modèle AROME, et plus particulièrement le vent.

Une sélection de points de grille représentatifs est effectuée pour l'estimation de la distribution spatiale du vent sur la zone d'implantation des éoliennes en mer.

Les résultats sont présentés sous forme de roses de vent. Enfin, des durées de retour des vents (représentatifs du vent moyen 10 minutes) forts sont calculées.

Dans l'ensemble du document, les coordonnées géographiques sont exprimées en degrés décimaux dans le système WGS 84.

La carte ci-dessous illustre les 69 points (en noir) de la grille AROME compris dans la zone d'intérêt (en vert).

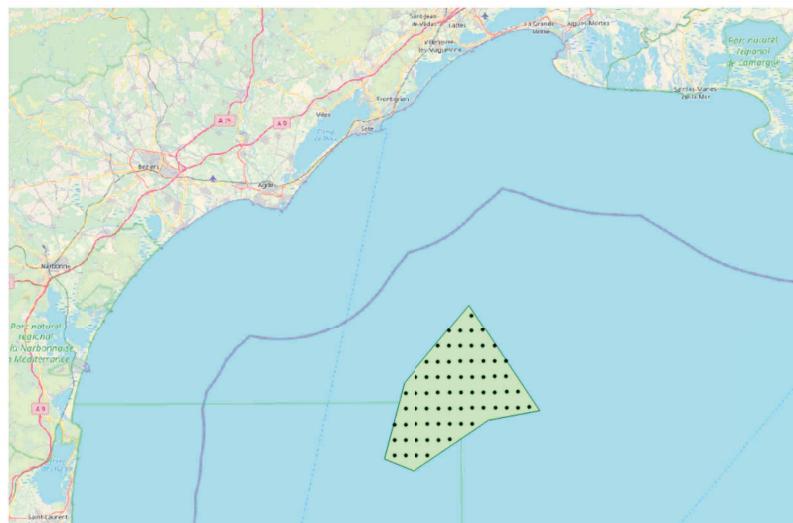


Illustration 1 : Points de grille AROME de la zone d'intérêt GLC .

1.3 Campagne de mesure

Cette zone ne fait pas l'objet d'une campagne de mesure. Aucune installation de bouée équipée d'un LiDAR n'est prévue à ce jour.

2 Géographie physique du littoral



Illustration 2 : Carte physique de la région Occitanie

La zone d'intérêt fait face aux côtes très plates, tour à tour sablonneuses, marécageuses et parsemées d'étangs de l'ancienne région Languedoc-Roussillon. C'est du littoral du département de l'Hérault, entre Béziers et Sète, en passant par Agde qu'elle est la plus proche. Elle est un peu plus éloignée des côtes du Narbonnais au sud-ouest, de Montpellier ou de la Camargue au nord-est.

3 Climat et typologie des vents

Le pourtour méditerranéen est soumis à un climat de type méditerranéen. Il est sous l'influence de la mer Méditerranée et protégé des masses d'air venues de l'Atlantique ou du Nord par le relief : les contreforts orientaux des Pyrénées, les Corbières, la Montagne Noire, l'Espinouse, le rebord des causses du Larzac, les Cévennes, le sud des monts du Vivarais.

L'ensoleillement est important ; les hivers sont doux et les étés chauds. Ces régions sont les terres de prédilection de vents violents comme le mistral, la tramontane. Le régime pluviométrique est très particulier : seulement 50 à 60 jours en moyenne de pluies supérieures à 1 mm irrégulièrement répartis dans l'année. À des étés très secs succèdent des automnes très arrosés (40 % du total annuel en 3 mois). Ces précipitations orageuses peuvent quelquefois apporter en quelques heures 4 fois plus que la moyenne mensuelle en un lieu donné.

En saison froide, des perturbations pluvieuses circulent principalement d'ouest en est. Originaires de l'océan Atlantique, elles sont réactivées au contact des eaux chaudes de la mer Méditerranée. Elles peuvent également venir du sud, issues de la dépression des Baléares, elles prennent davantage un caractère orageux.

L'été, les hautes pressions subtropicales associées à des masses d'air chaud et sec remontent vers le nord occasionnant un temps majoritairement chaud et sec.

Les principaux régimes de vent rencontrés dans le centre du golfe du Lion sont :

- la tramontane,
- le marin,
- le levant.
- le mistral et le sirocco soufflent quant à eux sur la partie est du golfe.

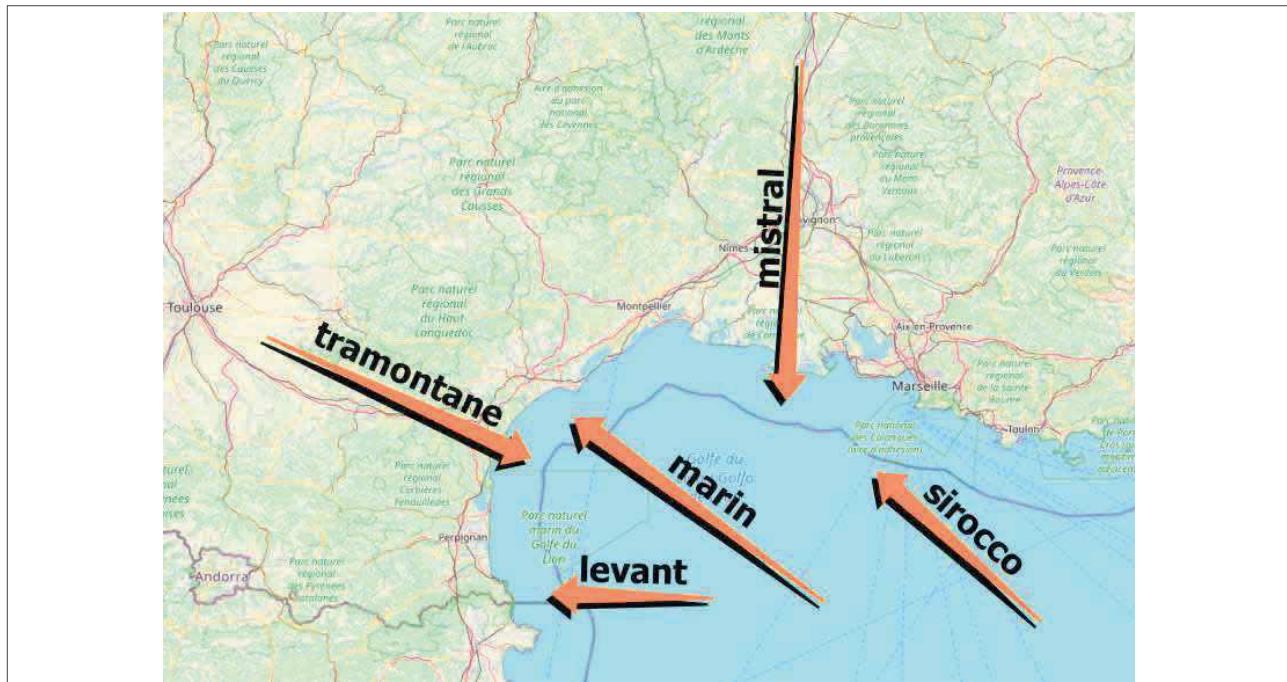


Illustration 3 : Principaux régimes de vent sur le bassin méditerranéen occidental

Les cartes d'analyse de surface qui sont présentées ci-dessous sont des figures isobariques dans lesquelles la pression atmosphérique est ramenée au niveau moyen de la mer. La valeur de ces isobares est exprimée en hectopascals (hPa) ou millibars (mb). Ces isobares permettent d'identifier les centres de basse pression nommés « dépressions » et identifiés par la lettre D (en rouge) et de haute pression ou « anticyclones » identifiés par la lettre A (en bleu), ainsi que les systèmes représentés par une ligne ornée, pour le front chaud de demi-disques rouges, pour le front froid de triangles bleus et pour le front occlus (l'air froid a rattrapé l'air plus chaud et l'a rejeté en altitude) de triangles et demi-disques fuchia.

La différence de pression entre deux points de la carte, ou gradient horizontal de pression, permet de déterminer l'intensité du vent : plus les isobares sont serrées, plus le vent est fort.

Les types de situations météorologiques qui vont être présentées sont aussi illustrés par des graphiques « Profils verticaux » avec les vecteurs vents reconstitués par le modèle AROME décrit au paragraphe 4 de ce rapport, sur le point AROME le plus proche du centroïde de la zone traitée.

Les vents sont pointés dans ces graphiques en nœuds pour une journée type (une petite barbule vaut 5 nœuds, une grande barbule 10 nœuds et un triangle noir 50 nœuds). Le vent souffle de la direction où figurent les barbules.

3.1 La tramontane

La tramontane est un vent de secteur nord à nord-ouest qui parcourt les contreforts des Pyrénées et les monts du sud du Massif Central. Ce vent s'accélère d'une part par effet venturi entre ces massifs et d'autre part en gagnant les rivages de la Méditerranée par diminution de la rugosité à l'interface terre mer.

Sur la région du Lauragais, en passant entre le Massif Central et les Pyrénées par le seuil de Naourouze, ce vent prenant une composante plus ouest est appelé le Cers.

La tramontane présente des similitudes avec le mistral, vent du nord qui s'accélère dans la vallée du Rhône, et lui est régulièrement (mais pas toujours) associé, notamment lorsque la région se situe en bordure d'un anticyclone sur le proche atlantique, avec le creusement d'une dépression dynamique dans les environs du Golfe de Gênes. Les vents sont d'autant plus forts que le gradient de pression entre golfe de Gascogne et golfe de Gênes est important. Cette situation peut perdurer plusieurs jours, même après l'évacuation de la perturbation vers l'est. Comme le mistral, la tramontane est souvent assez forte et turbulente, dégage le ciel en amenant de l'air plus froid et sec et génère parfois des nuages d'ondes.

La tramontane se forme également lors du déplacement vers l'est d'une perturbation circulant sur la Méditerranée occidentale. Les régions des îles Baléares ou du Golfe du Lion se retrouvent sous l'emprise d'une dépression se creusant rapidement au sortir de la péninsule Ibérique (en général en automne et au printemps). Des dépressions peuvent également s'y succéder au sein d'un flux s'écoulant du nord-ouest au sud-est en longeant l'anticyclone des Açores (généralement en hiver).

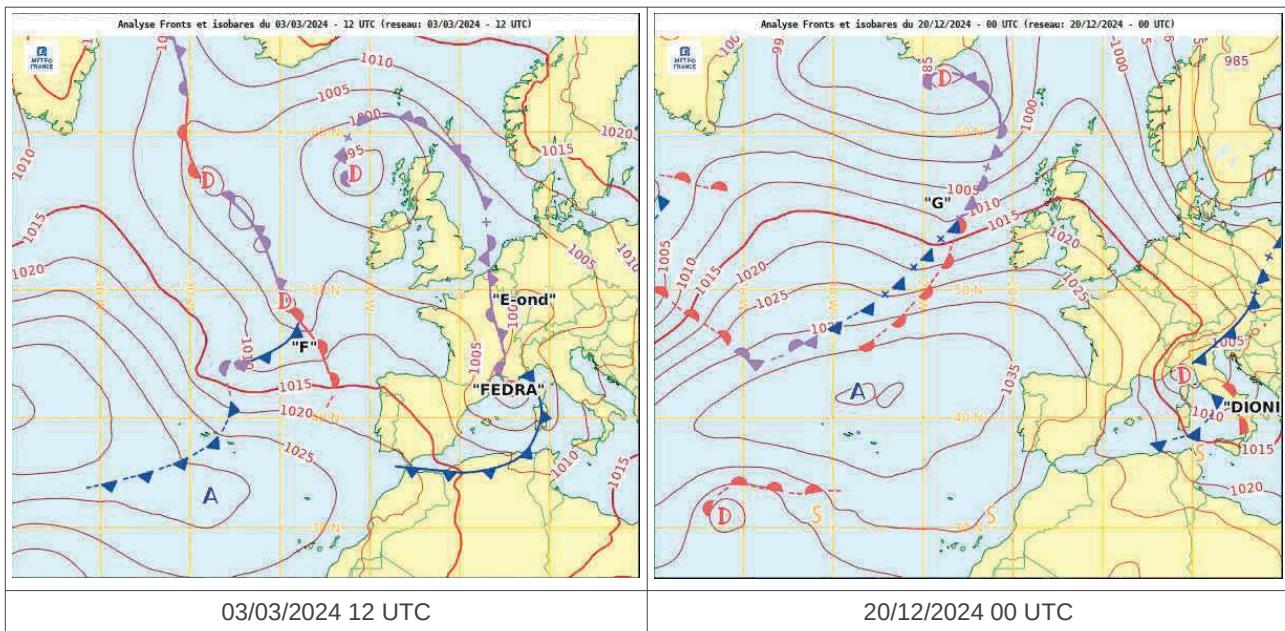


Illustration 4 : Situations de tramontane

Ci-dessus, sont illustrées deux situations donnant naissance à la tramontane.

A gauche, la dépression « Fedra » se creuse à partir du 02/03/2024 au nord de la péninsule Ibérique. Elle atteint le golfe du Lion le 03 dans la matinée et se creuse davantage tout en se dirigeant vers le golfe de Gênes. La tramontane se lève alors rapidement et très fortement dans la partie ouest de cette dépression.

Quant à la situation du 20/12/2024 à droite, elle naît de la position de l'anticyclone sur les Açores se prolongeant par une dorsale vers la France, et du creusement de la dépression dynamique sur le golfe de Gênes. Le flux s'accélère entre le Massif Central et les Pyrénées en prenant une composante nord-ouest.

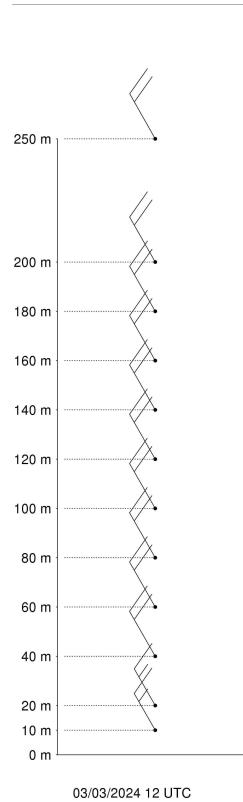


Illustration 5 : Profil vertical du vent AROME au point de grille le plus proche du centroïde de la zone GLC le 03/03/2024 à 12 h UTC

Le 03/03/2024 à 12 h UTC, au point AROME le plus proche du centroïde de la zone GLC, la force du vent est de 15 nœuds à proximité du sol (10 et 20 m). Elle passe à 20 nœuds au-delà. Sa direction est stable : elle est nord-nord-ouest.

3.2 Le marin

Le marin est un vent de sud-est soufflant de la Méditerranée vers le Languedoc, la Montagne Noire et les Cévennes.

Le marin est lié à la présence d'un centre dépressionnaire sur la Méditerranée occidentale (Baléares, Golfe du Lion) ou vers la péninsule Ibérique et d'un anticyclone vers les Alpes ou l'Europe Centrale. Le relief va

ensuite canaliser ce vent, en lui faisant longer les côtes varoises et le renforcer de l'embouchure du Rhône au Languedoc-Roussillon.

Il est généralement modéré et régulier, mais il peut être parfois violent et turbulent sur le relief, très humide, doux et amène le plus souvent des précipitations abondantes.

Il est plus fréquent au printemps et en automne, lorsque les dépressions s'enfoncent en Méditerranée : c'est le vent des situations perturbées et pluvieuses.

Il se charge d'humidité lors de son parcours maritime. Il la restitue ensuite sous forme de grisaille (nuages bas, brumes, brouillards) et de pluies, sur les hauteurs qui bordent la mer : les versants sud-est de la Montagne Noire, les Corbières, les contreforts des Cévennes et les premières hauteurs provençales.

Le marin accompagne les épisodes de fortes pluies méditerranéennes et les épisodes cévenols. Lorsqu'il ne s'accompagne pas de pluie, on l'appelle « marin blanc ».

Il peut générer de fortes houles comme à Banyuls (Pyrénées-Orientales) dans la nuit du 3 au 4 décembre 2003, avec une vague maximale mesurée de 13,78 m.

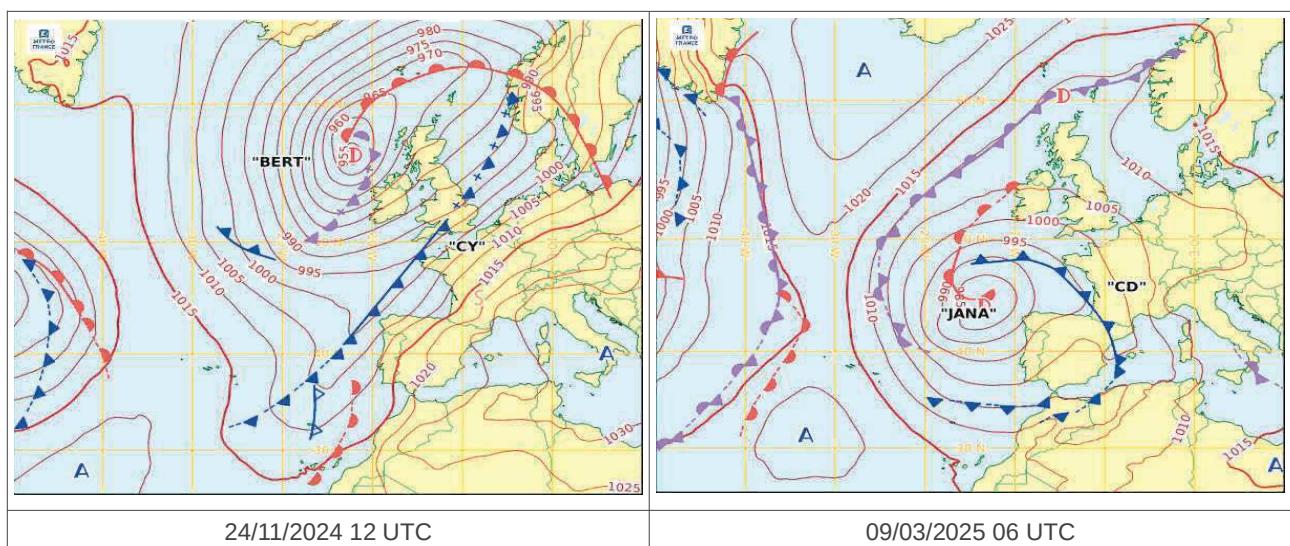


Illustration 6 : Situations de marin

Les deux situations ci-dessus correspondent à une situation de marin. Les basses pressions se situent sur le proche atlantique et les hautes pressions entre l'Europe de l'Est et la Méditerranée centrale.

Dans le cas du 24/11/2024, la zone dépressionnaire sur les îles britanniques se prolonge par un thalweg jusqu'aux îles Canaries, générant un flux de sud à sud-est sur la Méditerranée occidentale. Le relief ainsi que la présence de l'anticyclone au sud de l'Italie renforcent les vents de sud-est sur le golfe du Lion.

La situation du 09/03/2025 se caractérise par une dépression au large du Portugal associée à une perturbation. Le flux de sud-est s'intensifie à l'approche du front froid par le sud, et s'accompagne de précipitations modérées à fortes, ainsi que d'orages.

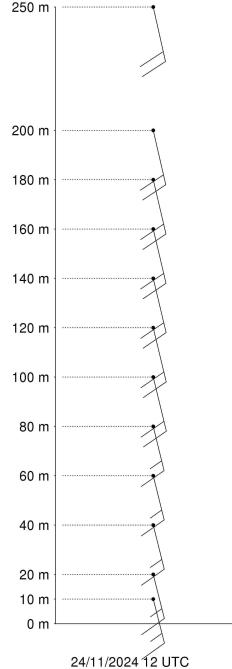


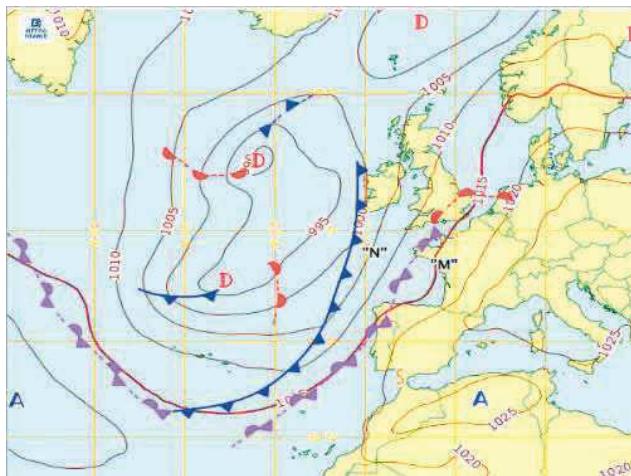
Illustration 7 : Profil vertical du vent AROME au point de grille le plus proche du centroïde de la zone GLC le 24/11/2024 à 12h UTC

Le 24/11/2024 à 12 h UTC, au point AROME le plus proche du centroïde de la zone GLC, la force du vent atteint 15 nœuds de 10 à 80 m puis 20 nœuds jusqu'à 250 m ; sa direction est stable : elle est sud-sud-est.

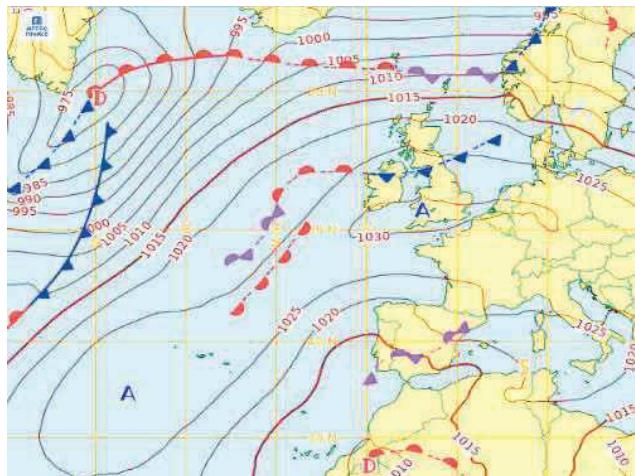
3.3 Le levant

Le levant est un vent d'est soufflant sur les Alpes du Sud, la Provence, et sur le bassin méditerranéen jusqu'en Corse. Il est généralement doux, très humide, et est associé à un temps perturbé. Il souffle le plus fréquemment en fin d'automne, en hiver et au printemps. En Provence, il arrive parfois que le levant souffle par beau temps durant l'été ; on l'appelle alors « levant blanc », « repairé » ou « levantas ».

Le levant résulte souvent de la présence d'une dépression circulant du Golfe de Gascogne vers la Méditerranée occidentale et d'un anticyclone sur l'Europe de l'Est.



27/10/2022 12 UTC



03/03/2025 12 UTC

Illustration 8 : Situations de levant

La première situation, automnale, est issue d'une dépression quasi-stationnaire entre les Açores et l'Islande, et d'un anticyclone centré sur l'Europe de l'Est se prolongeant par une dorsale vers le sud des Alpes et la Costa Brava, générant un flux d'est faible à modéré sur la Méditerranée occidentale.

La seconde est due à la présence d'un anticyclone au sud de l'Angleterre et d'une dépression au sud-ouest du Maghreb, avec un gradient de pression plus important. Le vent d'est est modéré à localement assez fort.

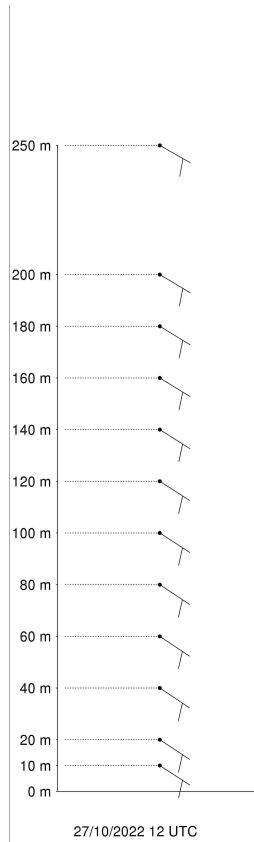


Illustration 9 : Profil vertical du vent AROME au point de grille le plus proche du centroïde de la zone GLC le 27/10/2022 à 12h UTC

Le 27/10/2022 à 12 h UTC, au point AROME le plus proche du centroïde de la zone GLC, la force du vent est de 5 nœuds de 10 à 250 m avec une direction sud-est stable.

3.4 Le phénomène de brise

Le phénomène de brise se crée lorsqu'un contraste thermique important se met en place entre les deux surfaces maritime et continentale. Les éléments de contexte sont précisés dans la section 2.1 de [Chatel et al., V2, 2025].

L'orientation du vent synoptique, liée à la position des centres d'action, s'en trouve modifiée comme le montrent par exemple, les roses de vent de la station de Béziers-Vias (station côtière du département de l'Hérault décrite en § 4.1.1) et de la station de Montpellier (également sur la côte héraultaise, décrite au § 4.1.2) qui suivent :

Evaluation des risques usuels liés au vent

Lot 1 - Golfe du Lion-Centre (GLC)

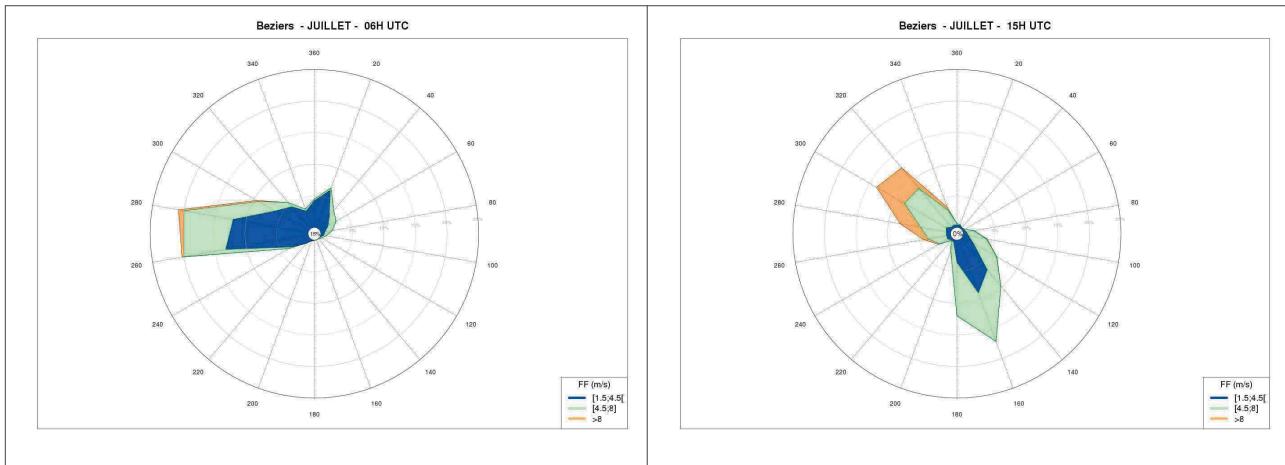


Illustration 10 : Roses des vents horaires moyens de Béziers du mois de juillet à 6 h UTC à gauche et 15 h UTC à droite sur la période 2000-2023

A Béziers, la rose des vents à 15 h montre clairement une brise de mer soufflant de sud-sud-est. On y observe aussi une forte composante de nord-ouest liée à la tramontane dont la force est systématiquement supérieure à 4,5 m/s, voire à 8 m/s. La rose de 06 h en revanche, montre une très faible brise de terre de nord-est et une composante d'ouest bien marquée, possible variante locale nocturne de la tramontane se réorientant plein ouest.

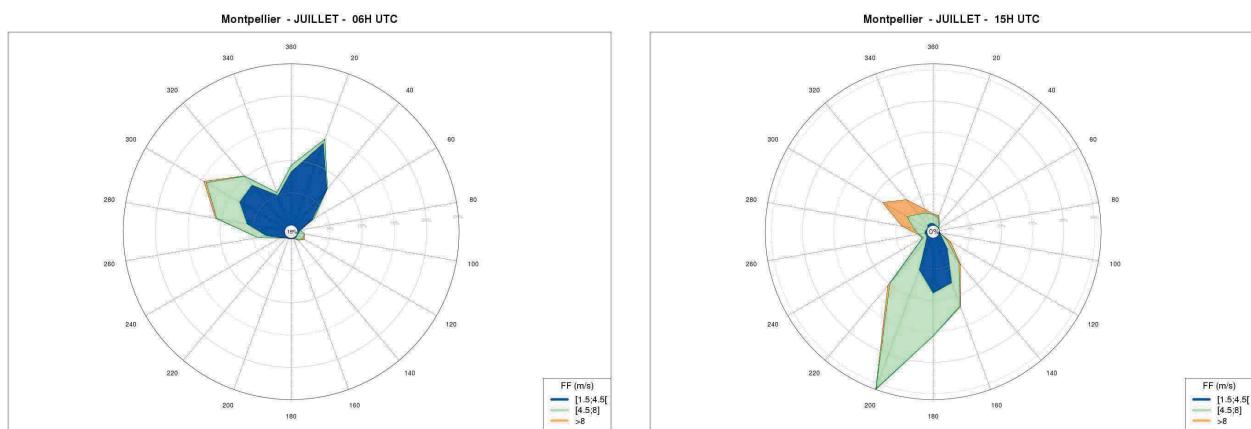


Illustration 11 : Roses des vents horaires moyens de Montpellier du mois de juillet à 6 h UTC à gauche et 15 h UTC à droite sur la période 2000-2023

Sur le site de Montpellier, à 06 h UTC, on observe une brise de terre de nord-nord-est bien marquée essentiellement constituée de vents inférieurs à 4,5 m/s, allié à la tramontane (de nord-ouest), composée de vents souvent plus forts, mais pour la plupart inférieurs à 8 m/s. A 15 h UTC, 70 % des vents sont liés à la brise de mer, bien marquée, de direction sud-sud-ouest, composée de vents pour la plupart compris entre 4,5 et 8 m/s. La tramontane (de nord-ouest) apparaît comme secondaire mais les forces qui lui sont associées sont plus importantes.

La brise thermique pourrait influencer faiblement les conditions de vent sur la zone d'intérêt considérée, notamment sur sa partie la plus proche de la côte.

La zone d'étude située au large entre les stations de Béziers et Montpellier, la direction de la brise de mer la concernant potentiellement pourra varier du sud-sud-ouest au sud-sud-est.

4 Climatologie fine du vent

Des données du vent moyen sur 10 minutes **mesurées** sont comparées à des données de vent représentatives du vent moyen 10 minutes issues de la base de données de climatologie du modèle AROME dont la description est détaillée dans la section 4 de [Chatel et al., V2, 2025].

La base de données issue du modèle AROME est disponible au **pas de temps horaire** pour les paramètres liés au potentiel éolien à des niveaux proches du sol à la résolution de 2,5 km.

L'utilisation du modèle à haute résolution spatiale AROME permet une prise en compte réaliste du relief, des effets côtiers, de la turbulence et des phénomènes de petites échelles (nuages convectifs par exemple). Il décrit avec plus de finesse la répartition spatiale du vent avec un point tous les 2,5 km. Le niveau 10 m est utilisé pour la comparaison avec les données observées.

L'échelle des vitesses (unité le mètre par seconde) choisie pour les roses de vent à 10 m est la suivante :



Illustration 12 : Groupe de vitesses (m/s)

Le pourcentage de vent calme (vitesse du vent < 1,5 m/s) est inscrit dans le centre des roses de vent.

4.1 Comparaison des vents observés et du modèle AROME niveau 10 m

Parmi les stations d'observation existantes, trois ont été retenues pour leur proximité avec les zones maritimes étudiées et la qualité de leurs mesures.

- Deux stations terrestres : Béziers-Vias et Montpellier,
- Une station maritime : la bouée ancrée Lion.

Remarque :

Les roses de vent saisonnières sont établies sur des intervalles d'années différents en fonction des données disponibles et de façon à obtenir un nombre égal de saisons sur la période considérée, considérant que :

- l'hiver météorologique s'étend de décembre à février,
- le printemps météorologique s'étend de mars à mai,
- l'été météorologique s'étend de juin à août,
- l'automne météorologique s'étend de septembre à novembre.

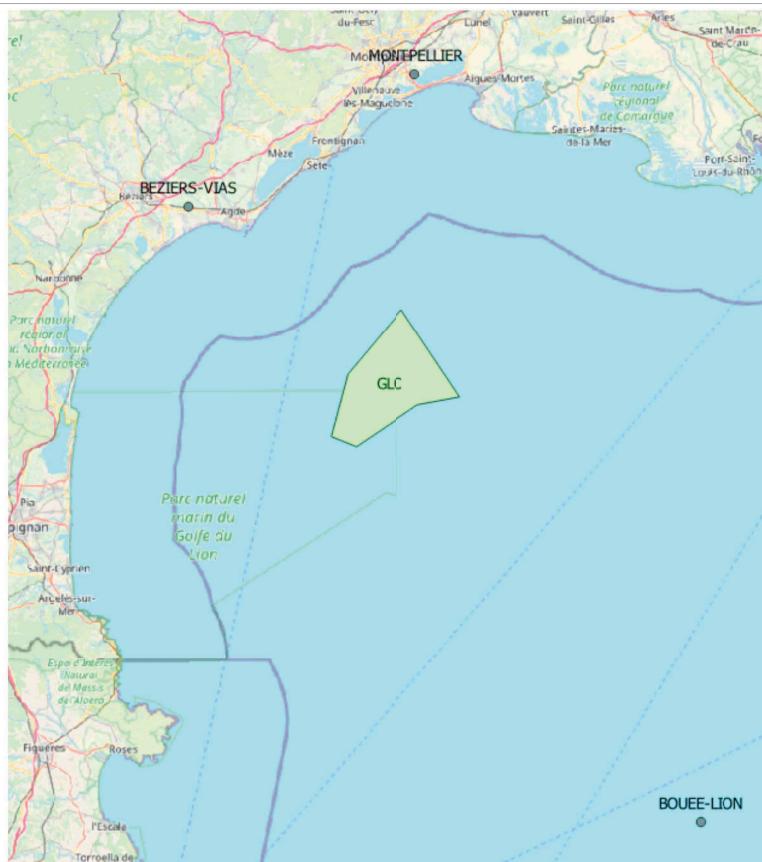


Illustration 13 : Points de mesure du vent à 10 m à proximité de la zone d'intérêt

4.1.1 Béziers-Vias

Ce point de mesure se situe dans le département de l'Hérault (34) sur la commune de Portiragnes au lieu-dit Béziers Vias Aérodrome.

Ses coordonnées géographiques sont 43,322° N / 3,3526° E. Il se situe à 15 m d'altitude.

La classe de performance de la mesure du vent est actuellement de 2 sur une échelle de 5 (qualité décroissante de 1 à 5).



Illustration 14 : Station de mesure de Béziers-Vias

Le point de la grille AROME le plus proche de cette station a pour coordonnées géographiques 43,300° N / 3,375° E. Il est éloigné de 3 km du point d'observation.

4.1.1.1 Comparaison des roses des vents

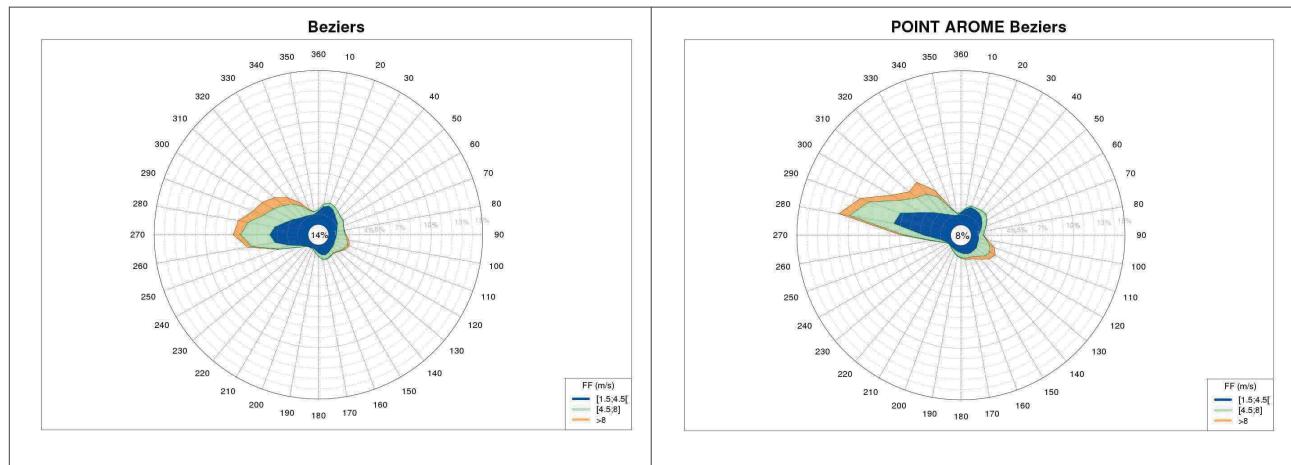


Illustration 15 : Roses annuelles des vents horaires du point d'observation (à gauche) et du point AROME 10 m (à droite) sur la période 2000-2023

Le pourcentage de vents ayant une force supérieure ou égale à 4,5 m/s s'élève à 38,7 % pour le point de mesure de Béziers-Vias et 41,8 % pour le point AROME.

La direction dominante est ouest à ouest-nord-ouest (tramontane).



Illustration 16 : Roses saisonnières des vents horaires du point d'observation (à gauche) et du point AROME (à droite) sur la période 2000-2023

Les vents d'ouest à nord-ouest (tramontane) dominent tout au long de l'année. En automne et au printemps en revanche, une composante de sud-est (marin) apparaît. Une composante secondaire de nord-est est assez marquée sur l'automne et l'hiver. Enfin, des vents de sud apparaissent en été, probablement liés au phénomène de brise.

Les vents forts sont présents toute l'année.

4.1.1.2 Comparaison des distributions

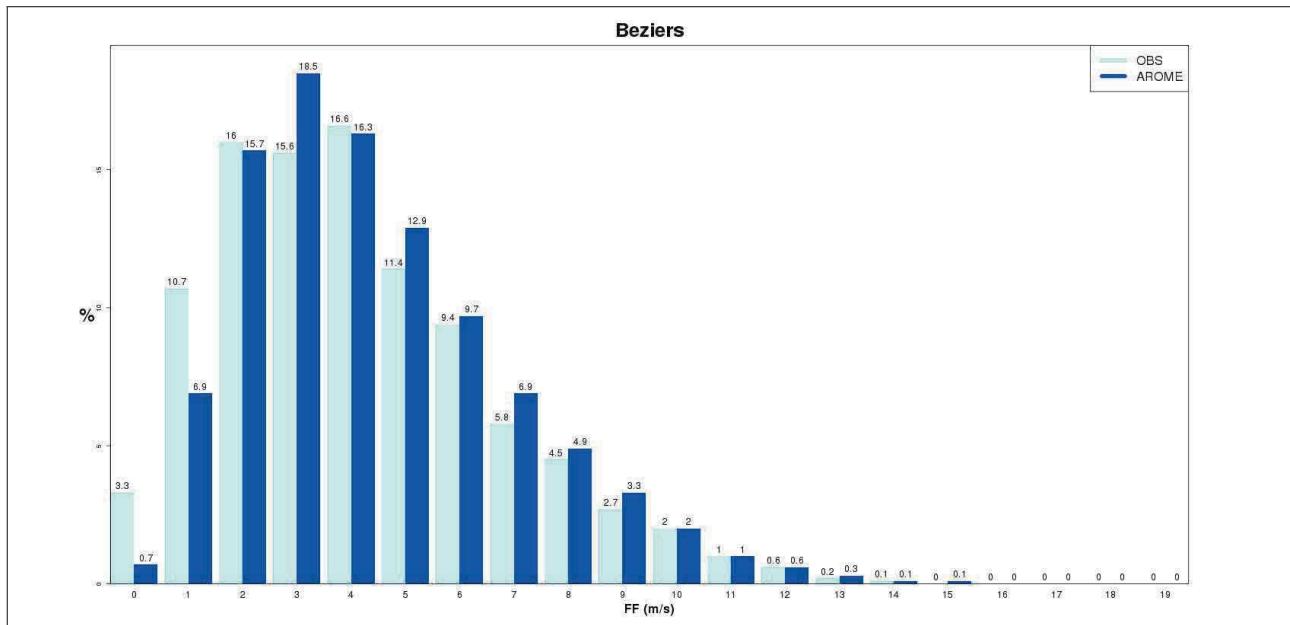


Illustration 17 : Comparaison des forces de vent (fréquences par m/s) du point d'observation (bleu clair) et du point AROME 10 m (bleu foncé) sur la période 2000-2023

A Béziers, les répartitions des forces de vent observé vs modélisé par AROME sont relativement proches, bien qu'AROME sous-estime légèrement les vents les plus faibles.

Evaluation des risques usuels liés au vent

Lot 1 - Golfe du Lion-Centre (GLC)

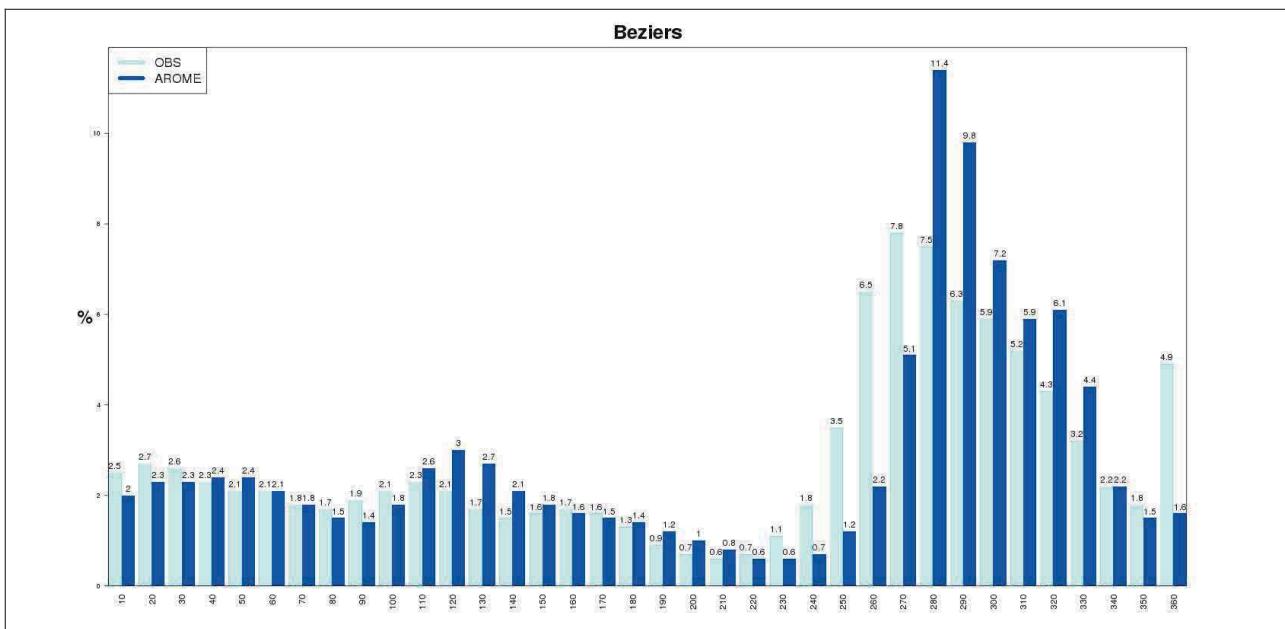


Illustration 18 : Comparaison des directions (fréquences par secteur) du point d'observation (bleu clair) et du point AROME 10 m (bleu foncé) sur la période 2000-2023

Concernant la répartition des directions, on note une légère sur-représentation par AROME sur les secteurs 280 à 330° (nord-ouest, tramontane) et 110 à 150° (sud-est, marin) et une sous-représentation sur les secteurs 230 à 270° (sud-ouest) et 350 à 30° (nord).

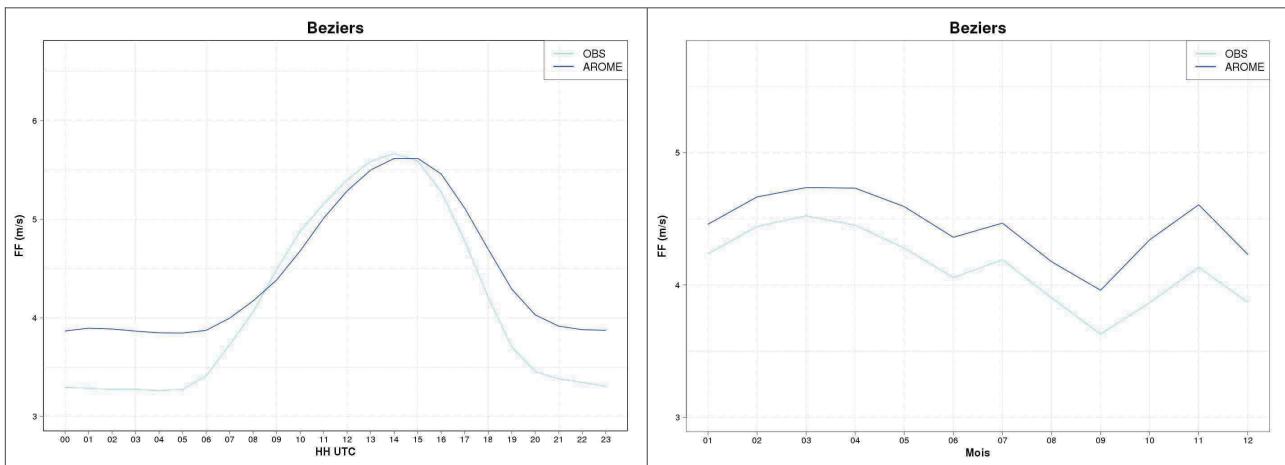


Illustration 19 : Forces moyennes des vents horaires en m/s du point d'observation et du point AROME 10 m par heure UTC sur le graphe gauche et par mois sur le graphe droit de 2000 à 2023

De manière à ne pas prendre en compte des situations tempétueuses, seuls les vents observés et modélisés inférieurs ou égaux à 25 m/s sont pris en compte pour ce contrôle.

A Béziers, on observe en moyenne une légère sous-estimation des vents moyens par AROME le matin, et une faible sur-estimation la nuit.

4 Climatologie fine du vent

Sur l'année, les vents moyens observés et AROME ont des comportements similaires, avec un biais positif constant pour AROME.

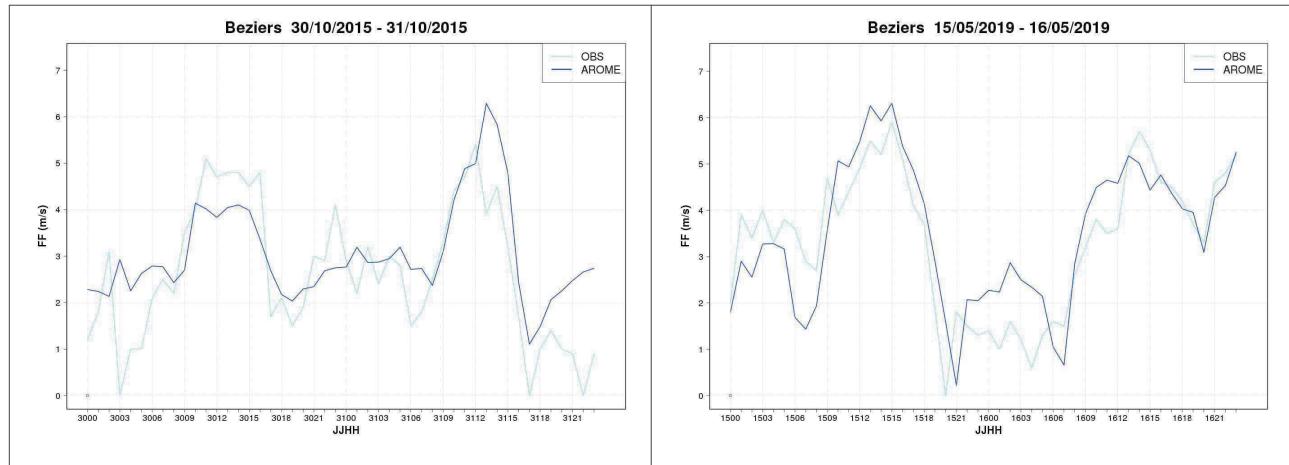


Illustration 20 : Forces horaires en m/s du point d'observation et du point AROME 10 m sur les périodes du 30 octobre 2015 à 00 h UTC au 31 octobre 2015 à 23 h UTC (graphe gauche) et du 15 mai 2019 à 00 h UTC au 16 mai 2019 à 23 h UTC (graphe droit)

Les deux situations ci-dessus illustrent une bonne temporalité du modèle.

	Période de mesure	Données absentes	Moyenne des forces	Q25	Q75	Maximum des forces
Point d'observation	2000 - 2023	0,15 %	4,13 m/s	2.1 m/s	5.6 m/s	19.3 m/s
Point AROME 10 m	2000 - 2023	0.16 %	4.44 m/s	2.6 m/s	5.9 m/s	21,2 m/s

Tableau 4.1 : Statistiques de distribution des 2 séries de données pour Béziers-Vias

Conclusion :

A Béziers, les forces du point AROME niveau 10 m sont sous-estimées pour les vents très faibles (≤ 1 m/s) et un peu surestimées pour des valeurs voisines de 3 m/s. Un biais positif de l'ordre de 0,2 à 0,5 m/s d'AROME s'observe toute l'année, en particulier la nuit.

On observe un léger décalage entre la direction dominante observée (270 à 280°) et celle issue d'AROME (280 à 290°).

Pour le poste de Béziers-Vias, les valeurs sont dans l'ensemble corrélées.

4.1.2 Montpellier

Ce point de mesure se situe dans le département de l'Hérault (34) sur la commune de Mauguio au lieu-dit Montpellier Aéroport. Ses coordonnées géographiques sont 43.5761° N / 3.9646° E. Il se situe à 1 m d'altitude.

La classe de performance de la mesure du vent est actuellement de 1 sur une échelle de 5 (qualité décroissante de 1 à 5).



Illustration 21 : Station de mesure de Montpellier

Le point de la grille AROME le plus proche de cette station a pour coordonnées 43,575° N / 3,975° E. Il est éloigné de 0,845 km du point d'observation.

4.1.2.1 Comparaison des roses des vents

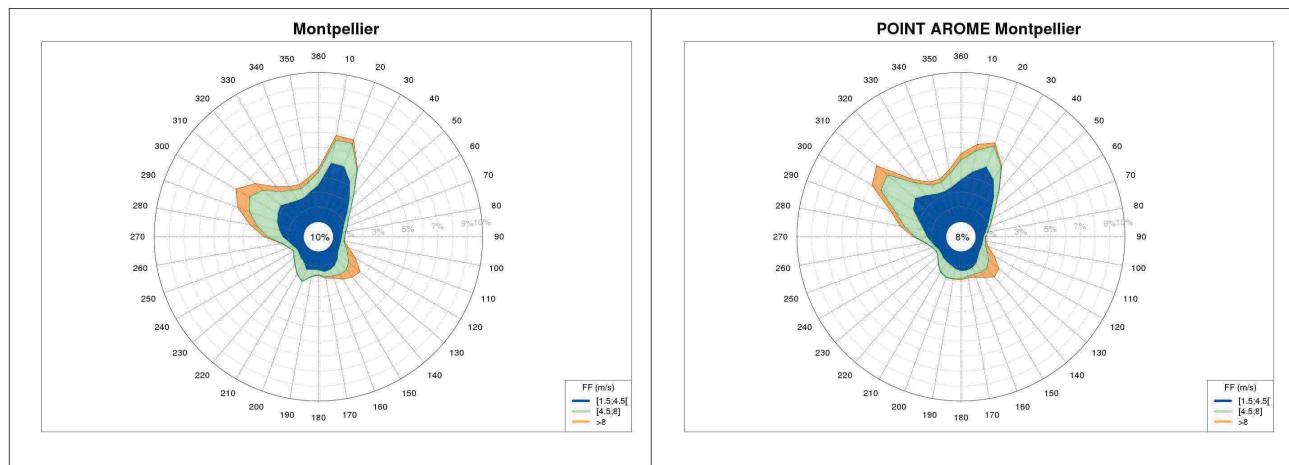


Illustration 22 : Roses annuelles des vents horaires du point d'observation (à gauche) et du point AROME 10 m (à droite) sur la période 2000-2023

4 Climatologie fine du vent



Le pourcentage de vents ayant une force supérieure ou égale à 4,5 m/s s'élève à 36,7 % pour le point de mesure de Montpellier et 36,3 % pour le point AROME.

Les directions privilégiées sont nord-nord-est (mistral) et nord-ouest (tramontane), et dans une moindre mesure sud-est (marin).



Illustration 23 : Roses saisonnières des vents horaires du point d'observation (à gauche) et du point AROME (à droite) sur la période 2000-2023

A Montpellier, le mistral (nord-nord-est) domine devant la tramontane (nord-ouest) en automne et en hiver. Les proportions sont à peu près équivalentes au printemps et en été. Le printemps et l'automne sont propices au marin (sud-est). Enfin une composante sud-sud-ouest est présente en été, en lien avec le phénomène de brise.

Les saisons les plus propices aux vents forts sont le printemps et l'automne.

4.1.2.2 Comparaison des distributions

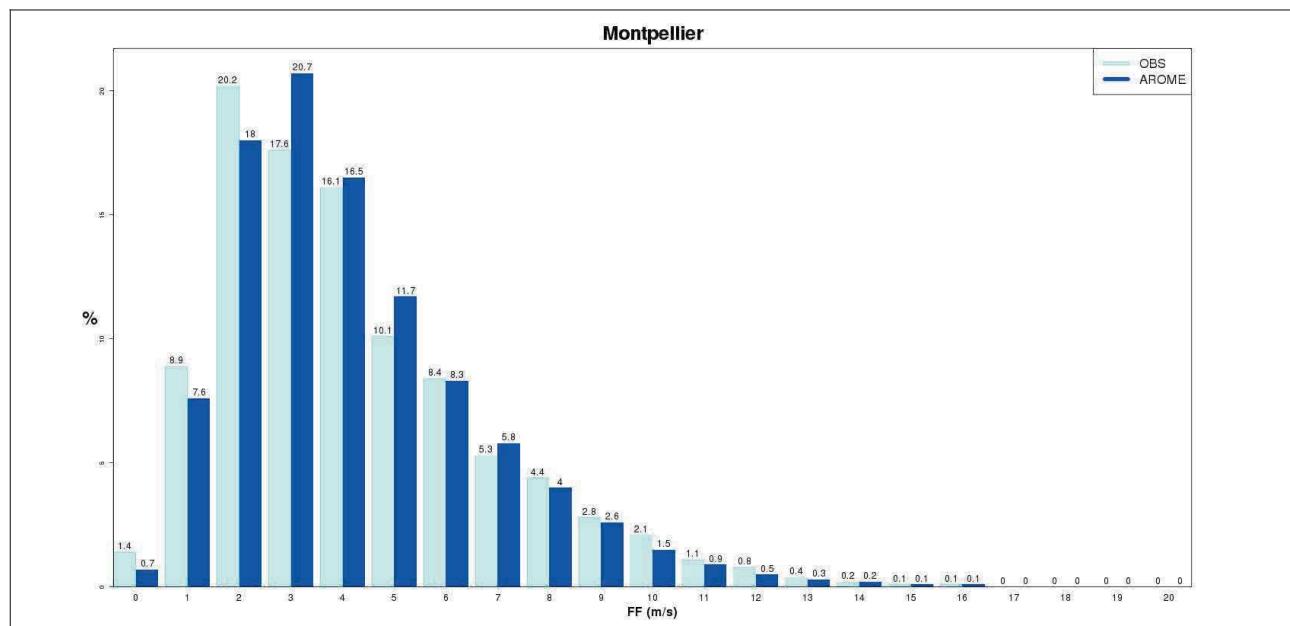


Illustration 24 : Comparaison des forces de vent (fréquences par m/s) du point d'observation et du point AROME 10 m sur la période 2000-2023

A Montpellier, les répartitions des forces de vent observé vs modélisé par AROME sont cohérentes, bien qu'AROME sous-estime légèrement les vents les plus faibles (≤ 2 m/s).

4 Climatologie fine du vent

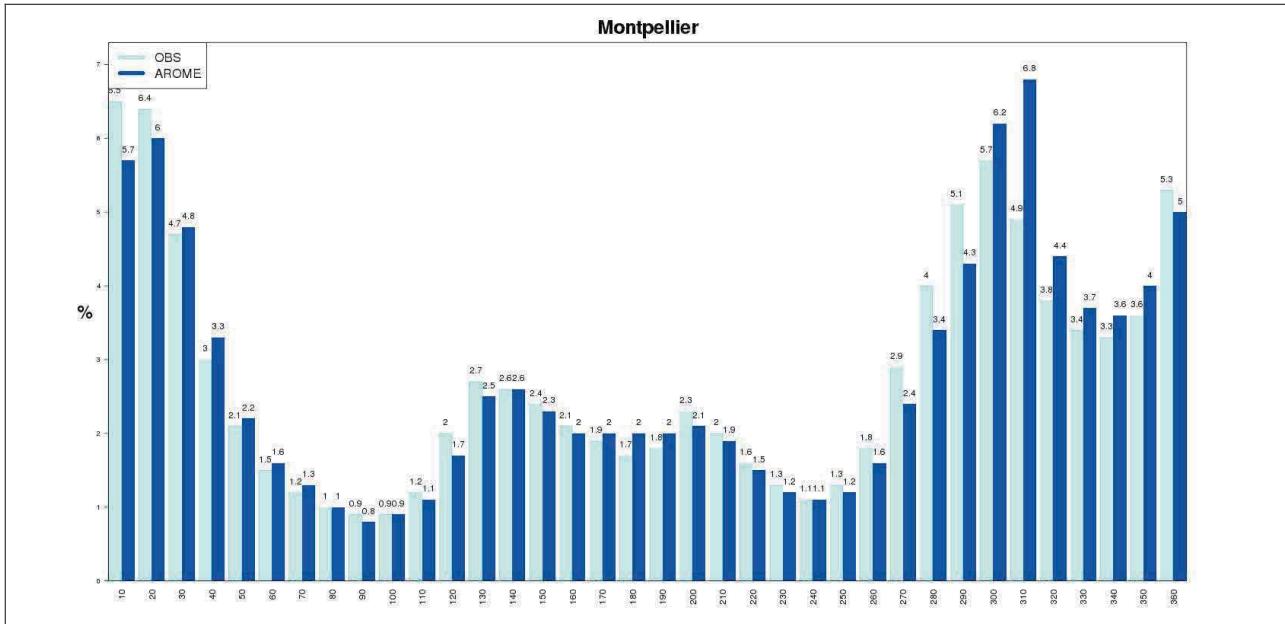


Illustration 25 : Comparaison des directions (fréquences par secteur) du point d'observation et du point AROME 10 m sur la période 2000-2023

Concernant les directions, les secteurs ouest (250 à 290°) et nord-nord-est (360 à 20°) sont sous-représentés par AROME alors que le secteur nord-ouest (300 à 350°) est un peu sur-représenté.

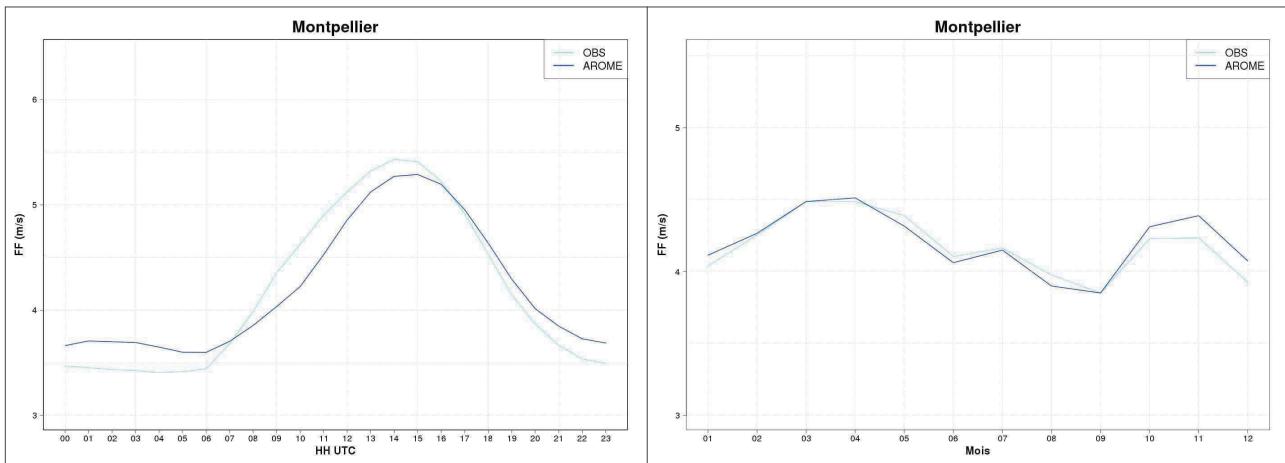


Illustration 26 : Forces moyennes des vents horaires en m/s du point d'observation et du point AROME 10 m par heure UTC sur le graphe gauche et par mois sur le graphe droit de 2000 à 2023

De manière à ne pas prendre en compte des situations tempétueuses, seuls les vents observés et modélisés inférieurs ou égaux à 25 m/s sont pris en compte pour ce contrôle.

A Montpellier, on observe en moyenne une légère sous-estimation des vents moyens par AROME en journée, et une faible sur-estimation la nuit.

Sur l'année, les vents moyens observés et AROME sont très proches, avec une légère sur-estimation par AROME d'octobre à janvier.

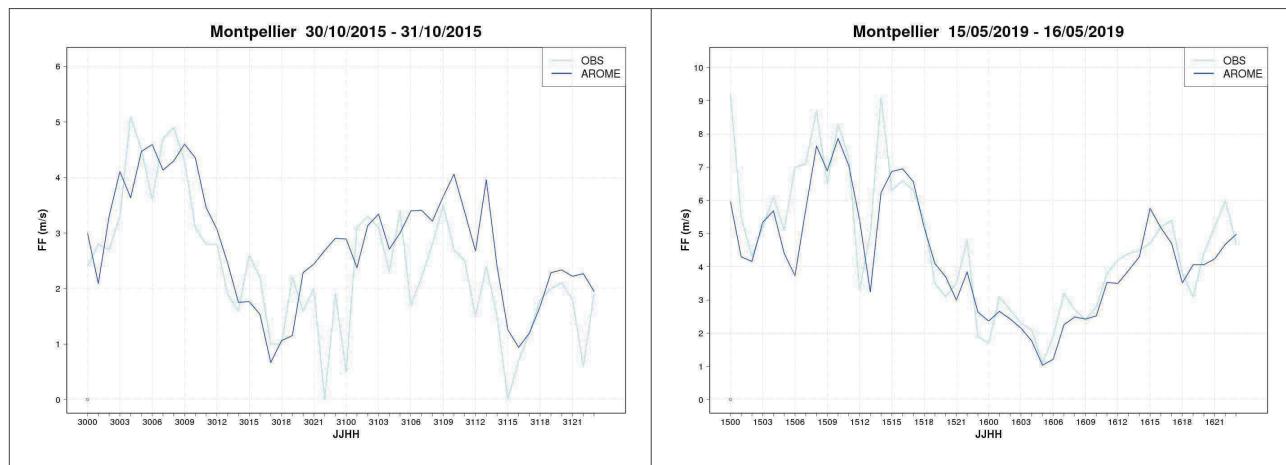


Illustration 27 : Forces horaires en m/s du point d'observation et du point AROME 10 m sur les périodes du 30 octobre 2015 à 00 h UTC au 31 octobre 2015 à 23 h UTC (graphe gauche) et du 15 mai 2019 à 00 h UTC au 16 mai 2019 à 23 h UTC (graphe droit)

Les deux situations ci-dessus illustrent la bonne temporalité du modèle.

	Période de mesure	Données absentes	Moyenne des forces	Q25	Q75	Maximum des forces
Point d'observation	2000 - 2023	0,01 %	4,18 m/s	2,2 m/s	5,5 m/s	20,1 m/s
Point AROME 10 m	2000 - 2023	0.16 %	4.20 m/s	2.43 m/s	5,46 m/s	22.2 m/s

Tableau 4.2 : Statistiques de distribution des 2 séries de données pour Montpellier

Conclusion :

A Montpellier, les forces du vent au niveau 10 m sont sous-estimées par le modèle AROME pour les forces inférieures à 3 m/s. En revanche, elles sont surestimées au-dessus de ce seuil, notamment pour des valeurs de 3 à 5 m/s. Le biais positif d'AROME est plus marqué durant la période nocturne (entre 18h et 7h) et sur la saison hivernale.

Pour le poste de Montpellier, les valeurs observées et modélisées sont climatologiquement très proches et présentent une bonne corrélation.

4.1.3 Bouée Lion

Le point d'observation Lion (station 61002) est une bouée ancrée gérée par Météo-France. Il fait partie du réseau de l'OMM et est destiné à mesurer les paramètres atmosphériques et la hauteur des vagues.

Ses coordonnées géographiques sont 42,106° N / 4.6873° E. Ses données sont disponibles à partir de 2002.



Illustration 28 : Exemple de bouée ancrée du réseau OMM

Le point de la grille AROME le plus proche de cette bouée a pour coordonnées 42,1° N / 4,7° E. Il est situé à 0 m d'altitude et est éloigné de 1,25 km du point d'observation.

4.1.3.1 Comparaison des roses des vents

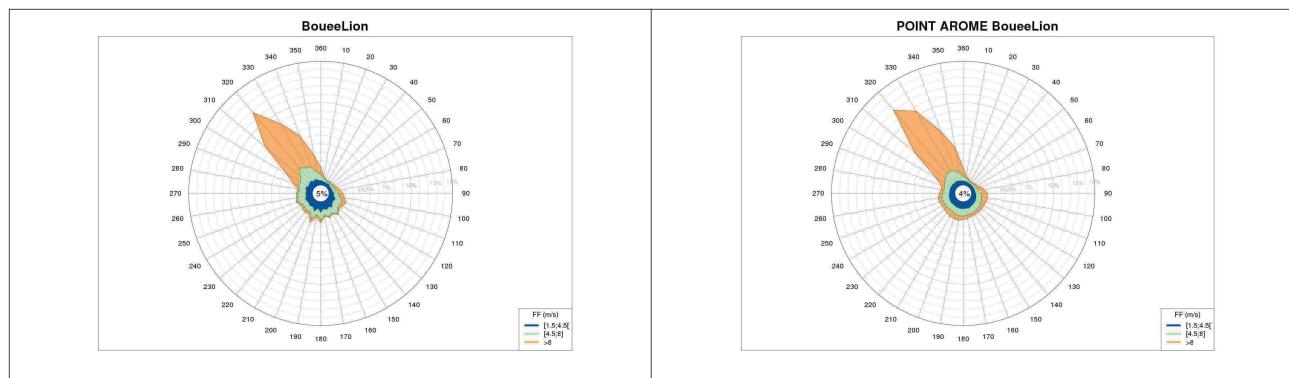


Illustration 29 : Roses annuelles des vents horaires du point d'observation (à gauche) et du point AROME 10 m (à droite) sur la période 2002-2023

Le pourcentage de vents ayant une force supérieure ou égale à 4,5 m/s s'élève à 68,2 % pour le point de mesure de Bouée-Lion et 73,1 % pour le point AROME.

La direction dominante est le nord-ouest, avec une forte proportion de vents forts.



Illustration 30 : Roses saisonnières des vents horaires du point d'observation (à gauche) et du point AROME (à droite) sur la période 2002-2023

Quelle que soit la saison, les roses des vents issues d'observations ou de modélisation sont relativement comparables. Toutes montrent une composante nord-ouest (310 à 350°) dominante accompagnée de vents forts en toutes saisons. On note la présence d'une faible composante est, sauf l'été, et sud-sud-ouest en hiver.

4.1.3.2 Comparaison des distributions

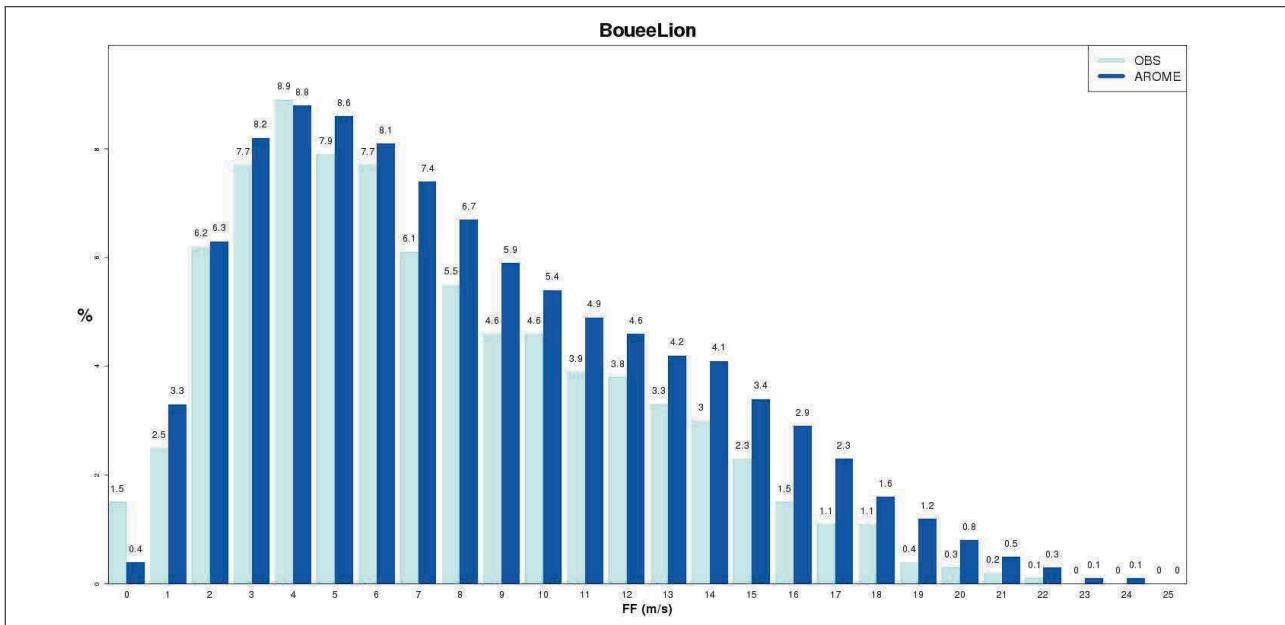


Illustration 31 : Comparaison des forces de vent (fréquences par m/s) du point d'observation et du point AROME 10 m sur la période 2002-2023

En dehors des vents très faibles (< 1 m/s), AROME produit une surestimation des forces de vents sur la bouée Lion.

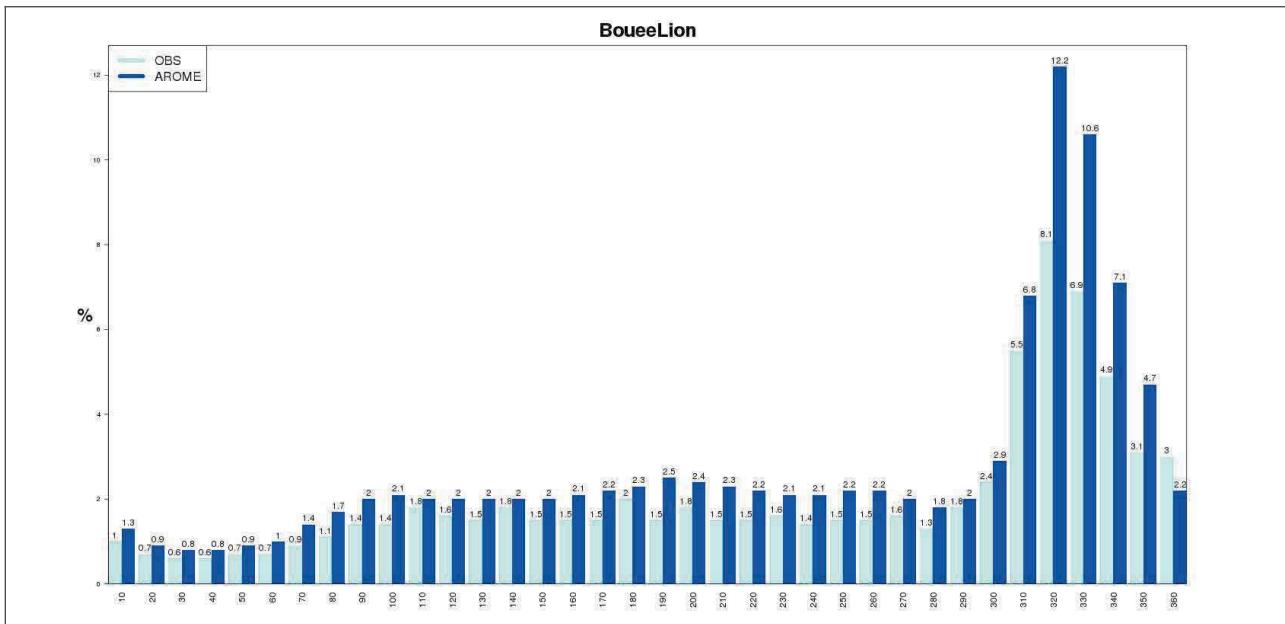


Illustration 32 : Comparaison des directions (fréquences par secteur) du point d'observation et du point AROME 10 m sur la période 2002-2023

Hormis pour le secteur nord, les populations par secteur sont aussi plus importantes avec AROME, c'est particulièrement le cas au nord-ouest (310 à 350°).

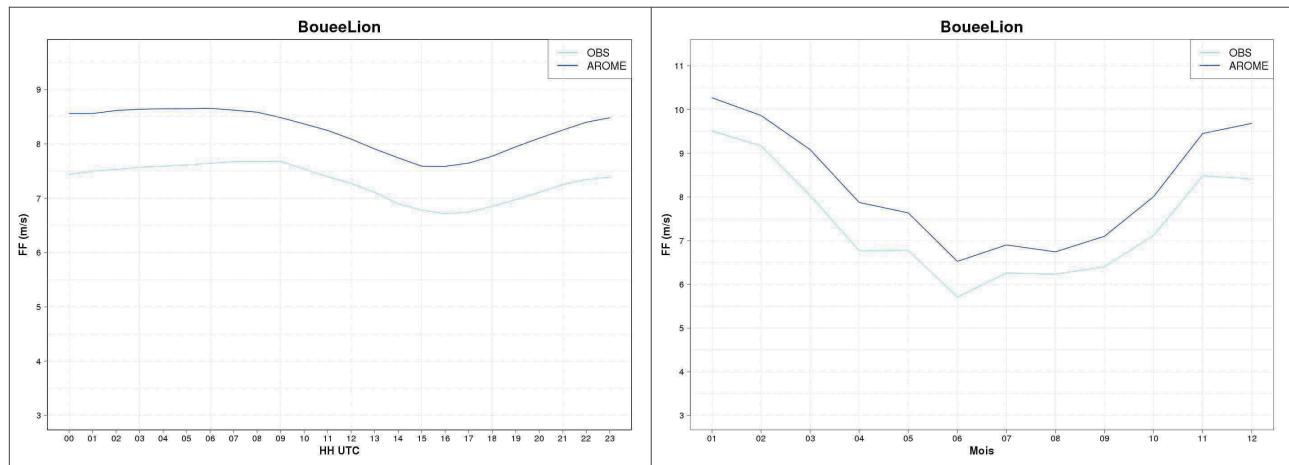


Illustration 33 : Forces moyennes des vents horaires en m/s du point d'observation et du point AROME 10 m par heure UTC sur le graphe gauche et par mois sur le graphe droit de 2002 à 2023

De façon à ne pas prendre en compte de situations tempétueuses, seuls les vents observés et modélisés inférieurs ou égaux à 25 m/s sont pris en compte pour ce contrôle. Sur la bouée Lion, AROME surestime les forces de vent de façon quasi-constante sur l'année et sur la journée, de l'ordre de 1 m/s.

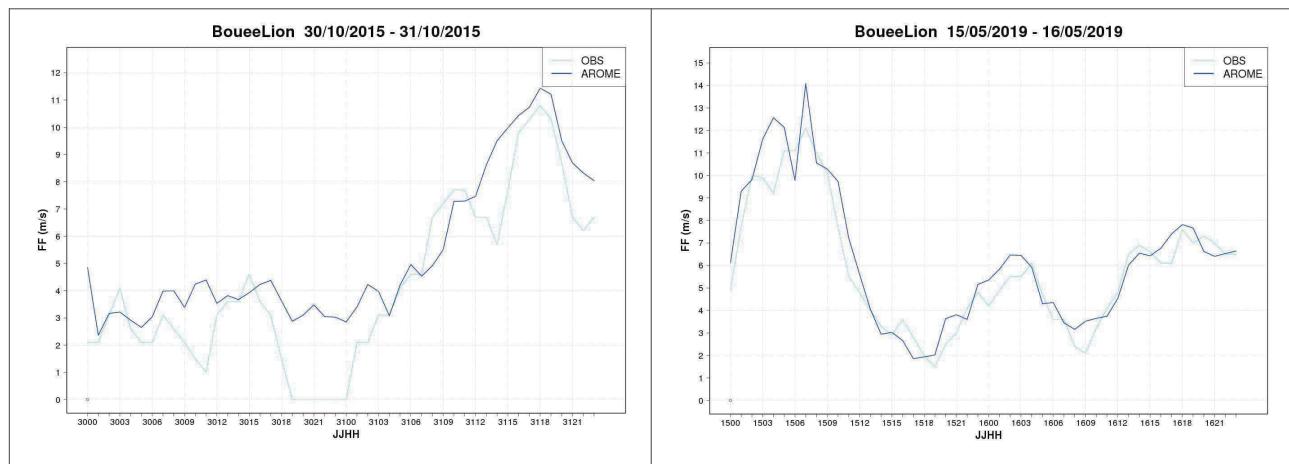


Illustration 34 : Forces horaires en m/s du point d'observation et du point AROME 10 m sur les périodes du 30 octobre 2015 à 00 UTC au 31 octobre 2015 à 23 h UTC (graphe gauche) et du 15 mai 2019 à 00 h UTC au 16 mai 2019 à 23 h UTC (graphe droit)

Les deux situations ci-dessus illustrent la bonne temporalité du modèle.

	Période de mesure	Données absentes	Moyenne des forces	Q25	Q75	Maximum des forces
Point d'observation	2002 - 2023	18,4 %	7,40 m/s	3,9 m/s	10,5 m/s	37,0 m/s
Point AROME 10 m	2002 - 2023	0,17 %	8,26 m/s	4,3 m/s	11,7 m/s	29,6 m/s

Tableau 4.3 : Statistiques de distribution des 2 séries de données pour la bouée Lion

Conclusion :

Sur la bouée Lion, on note une sur-estimation des forces du vent par le modèle AROME de l'ordre de 1 m/s environ avec un biais horaire et mensuel presque constant.

L'explication de cette sur-estimation peut être en partie liée au taux important de données de mesure manquantes de la bouée (18,4 %).

Les résultats de cette étude comparative restent tout à fait corrects et permettent une validation du modèle AROME au niveau 10 m.

4.2 Vents modélisés sur la zone

Les cartes de roses de vent annuelles et saisonnières issues du modèle AROME vont être présentées pour les niveaux 10, 100, 160 et 250 m sur la zone maritime étudiée sur la période 2000-2023 ainsi qu'une carte de forces du vent moyen sur la période 2000-2022.

Les valeurs permettant d'élaborer cette carte de vent moyen sont intégrées aux données livrables, ainsi que celles des incertitudes et des intervalles de confiance liées à ces calculs. La méthode utilisée est explicitée dans la section 4.3.1 de [Chatel et al., V2, 2025].

On peut également noter que pour effectuer des interpolations verticales à d'autres niveaux verticaux que ceux calculés ici, des résultats sur le coefficient alpha de cisaillement vertical sont présentés dans le lot 3 d'étude des risques de turbulence atmosphérique.

Les classes de vent retenues (pour des forces en mètres/seconde) sont :

- pour le niveau 10 m :



Illustration 35 : Classes des vents pour le niveau 10 m

- pour les autres niveaux :



Illustration 36 : Classes des vents pour les niveaux 100, 160 et 250 m

4.2.1 Vents modélisés au niveau 10 m

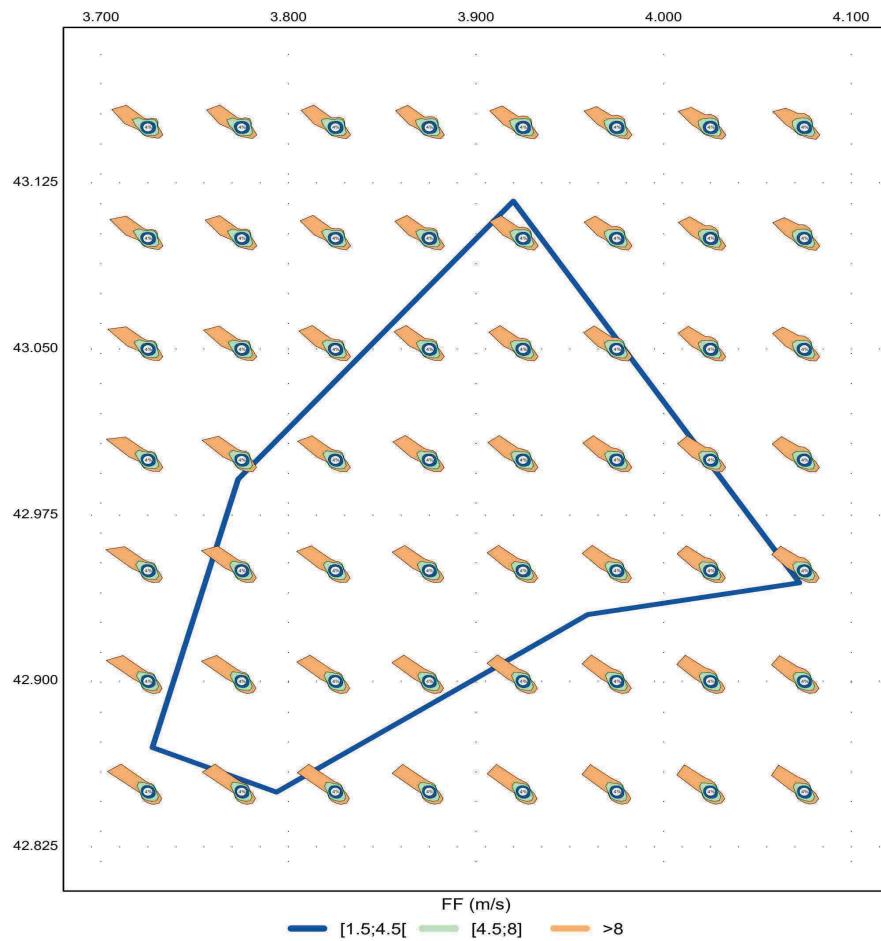
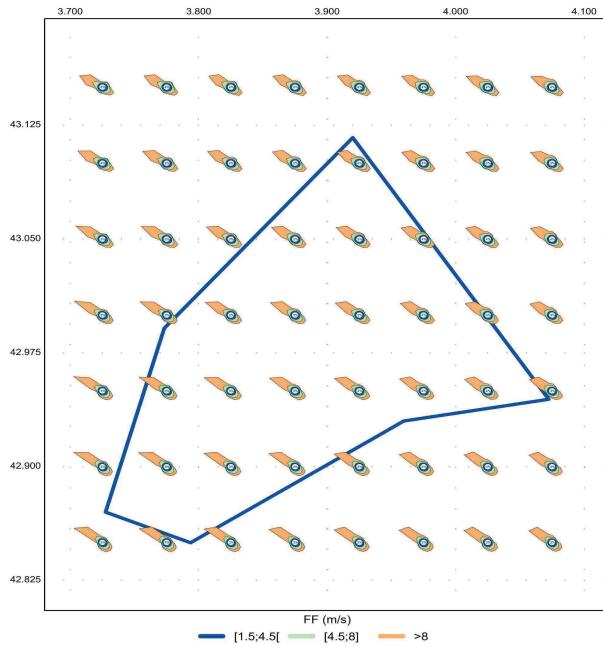


Illustration 37 : Roses annuelles simulées au niveau 10 m sur la zone d'intérêt (2000-2023)

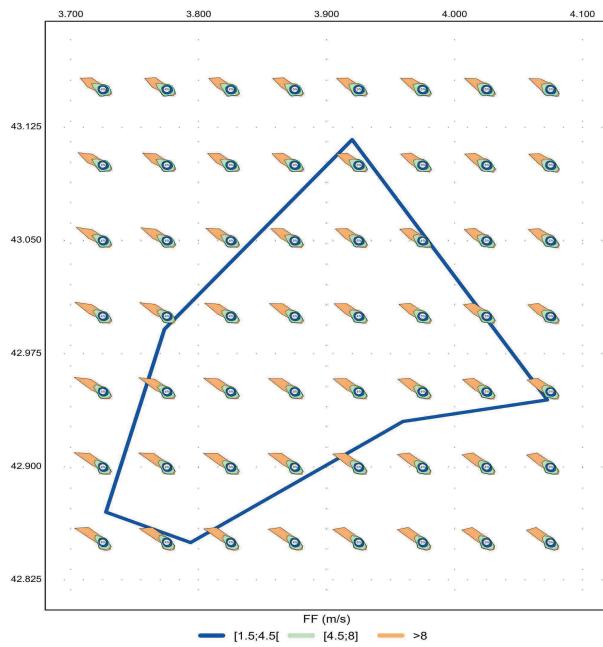
Au niveau 10 m, les roses de vent sont assez homogènes sur la zone étudiée, avec une direction dominante de nord-ouest et une direction secondaire de sud-est. La proportion de vents forts est un peu plus importante au sud-ouest de la zone.

4 Climatologie fine du vent

PRINTEMPS
2001-2023



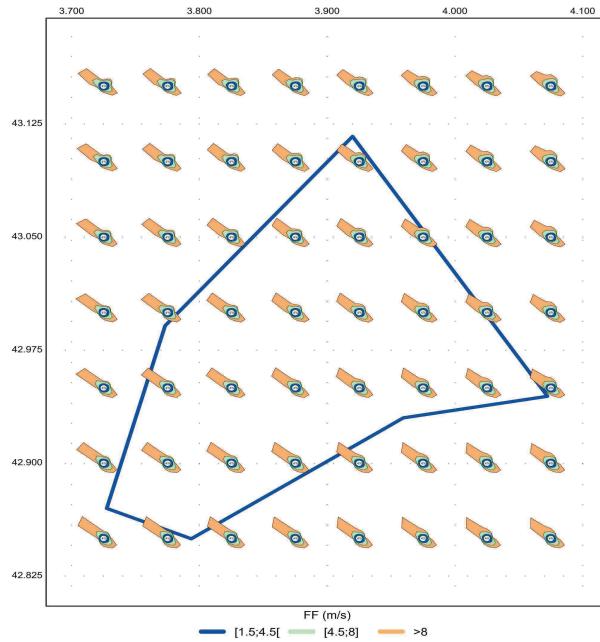
ÉTÉ
2001-2023



Evaluation des risques usuels liés au vent

Lot 1 - Golfe du Lion-Centre (GLC)

**AUTOMNE
2001-2023**



**HIVER
2000-2022**

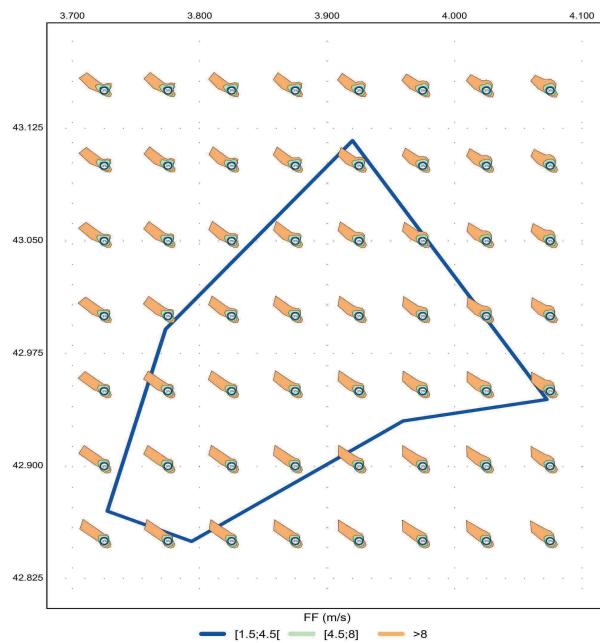


Illustration 38 : Roses saisonnières simulées au niveau 10 m sur la zone d'intérêt

Les directions et les forces du vent varient un peu selon les saisons. La direction de nord-ouest est toujours dominante. Printemps et automne sont les saisons les plus ventées avec des vents de nord-ouest et de sud-est. On note la présence de vents de nord-est en automne et en hiver, qui s'atténuent du nord au sud de la zone. L'hiver, le vent de sud-est est peu présent. Enfin, l'été, saison la moins ventée, les vents de nord-est sont absents, ceux de sud-est, très peu présents. A signaler la présence d'une faible composante sud-sud-ouest, possiblement liée à la brise de mer.

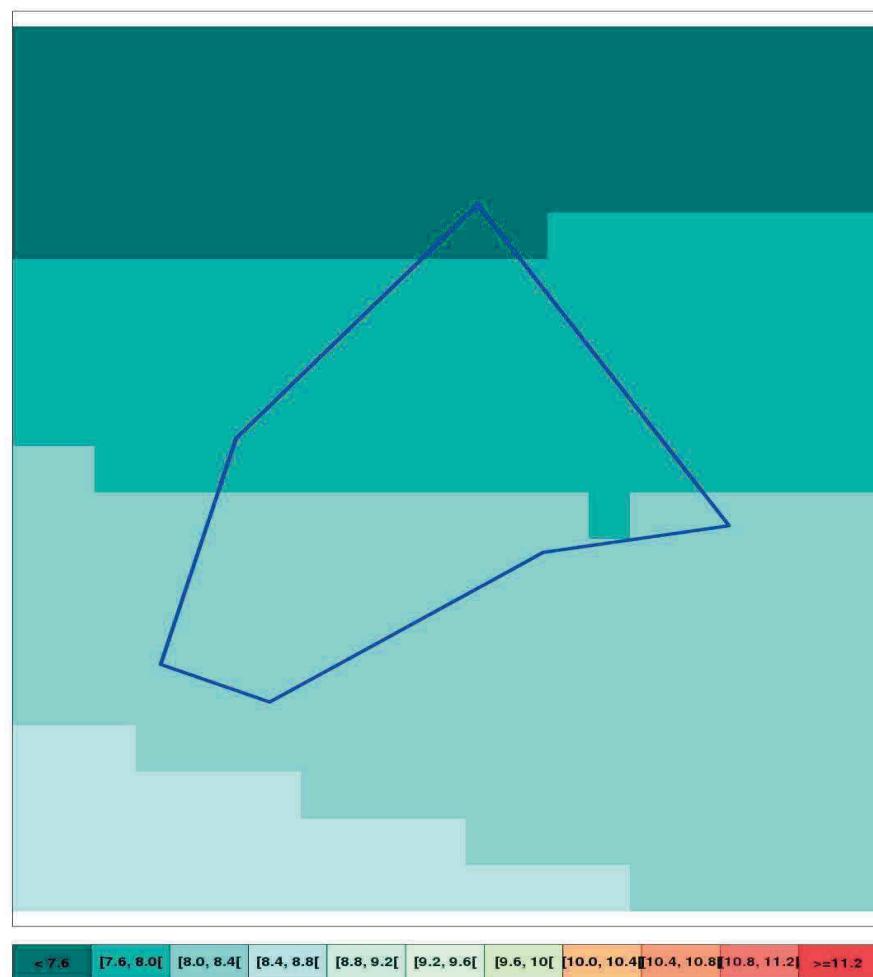


Illustration 39 : Forces moyennes du vent simulées par AROME sur la zone d'intérêt au niveau 10 m (2000-2022)

Les forces du vent moyennées sur la période 2000-2022 au niveau 10 m varient de 7,6 m/s au nord à 8,4 m/s environ au sud de la zone d'intérêt.

4.2.2 Vents modélisés au niveau 100 m

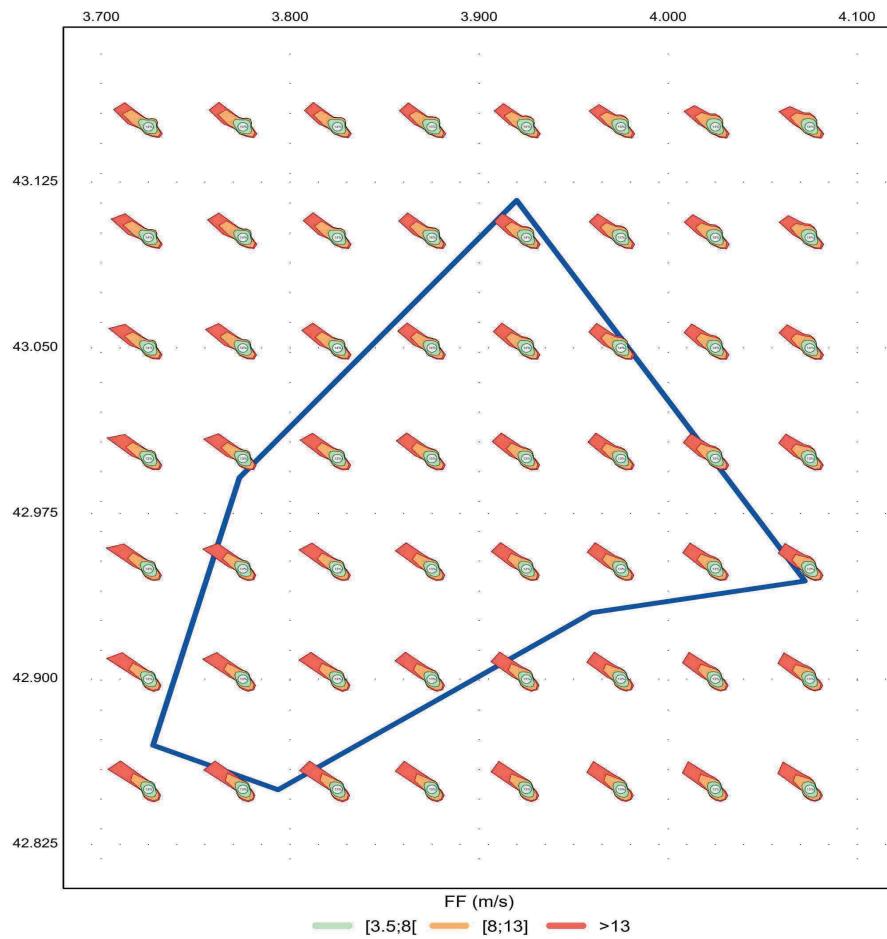
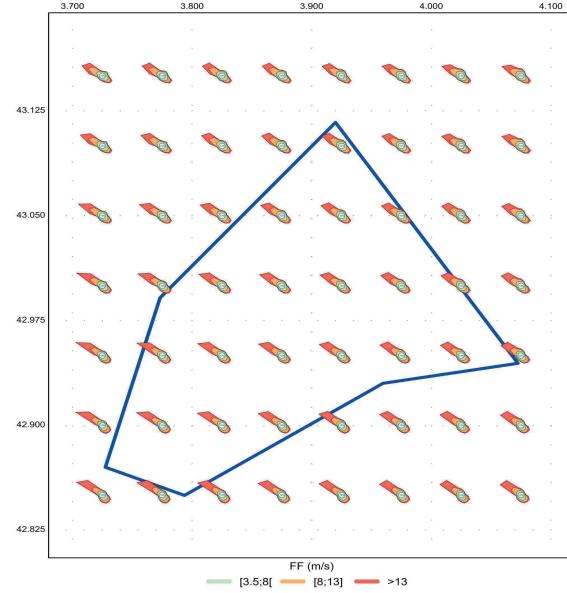


Illustration 40 : Roses annuelles simulées au niveau 100 m sur la zone d'intérêt (2000-2023)

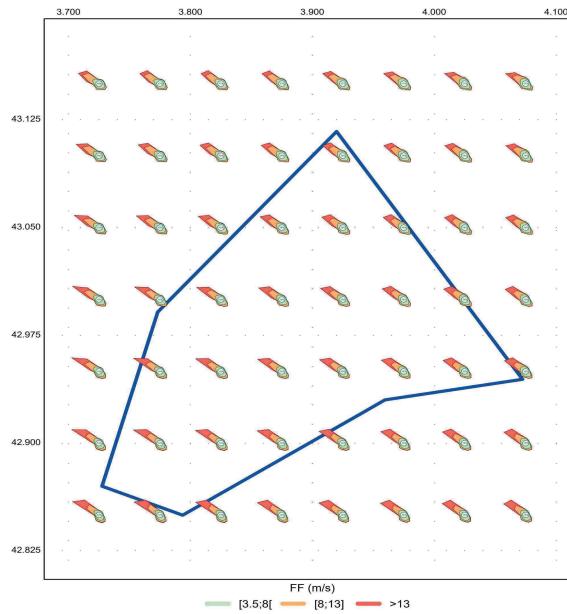
Au niveau 100 m, les roses de vent sont homogènes sur la zone GLC, avec une proportion de vents forts un peu plus importante au sud-ouest. La direction dominante reste le nord-ouest, avec une direction secondaire de sud-est. Il apparaît aussi une faible composante de nord-est essentiellement au nord de la zone.

4 Climatologie fine du vent

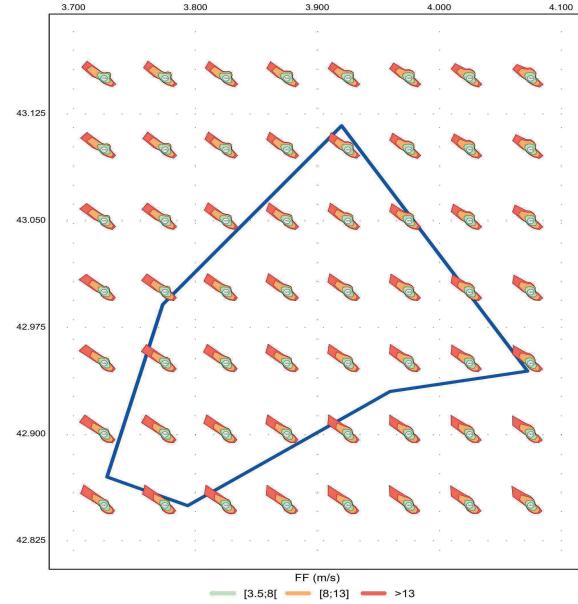
**PRINTEMPS
2001-2023**



**ÉTÉ
2001-2023**



**AUTOMNE
2001-2023**



**HIVER
2000-2022**

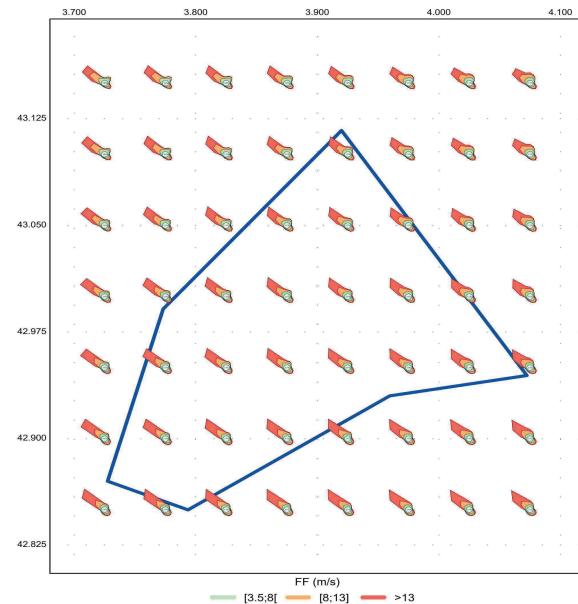


Illustration 41 : Roses saisonnières simulées au niveau 100 m sur la zone d'intérêt

Pour le niveau 100 m, la direction dominante reste le nord-ouest (tramontane) en toutes saisons. L'hiver est propice aux vents les plus forts. Le vent fort de sud-est (marin) est visible au printemps et à l'automne. L'été est la saison la moins ventée. On y observe une faible composante de sud-sud-ouest possiblement liée à la brise. Enfin une faible composante de nord-est est visible en automne et en hiver, elle s'estompe vers le sud de la zone.

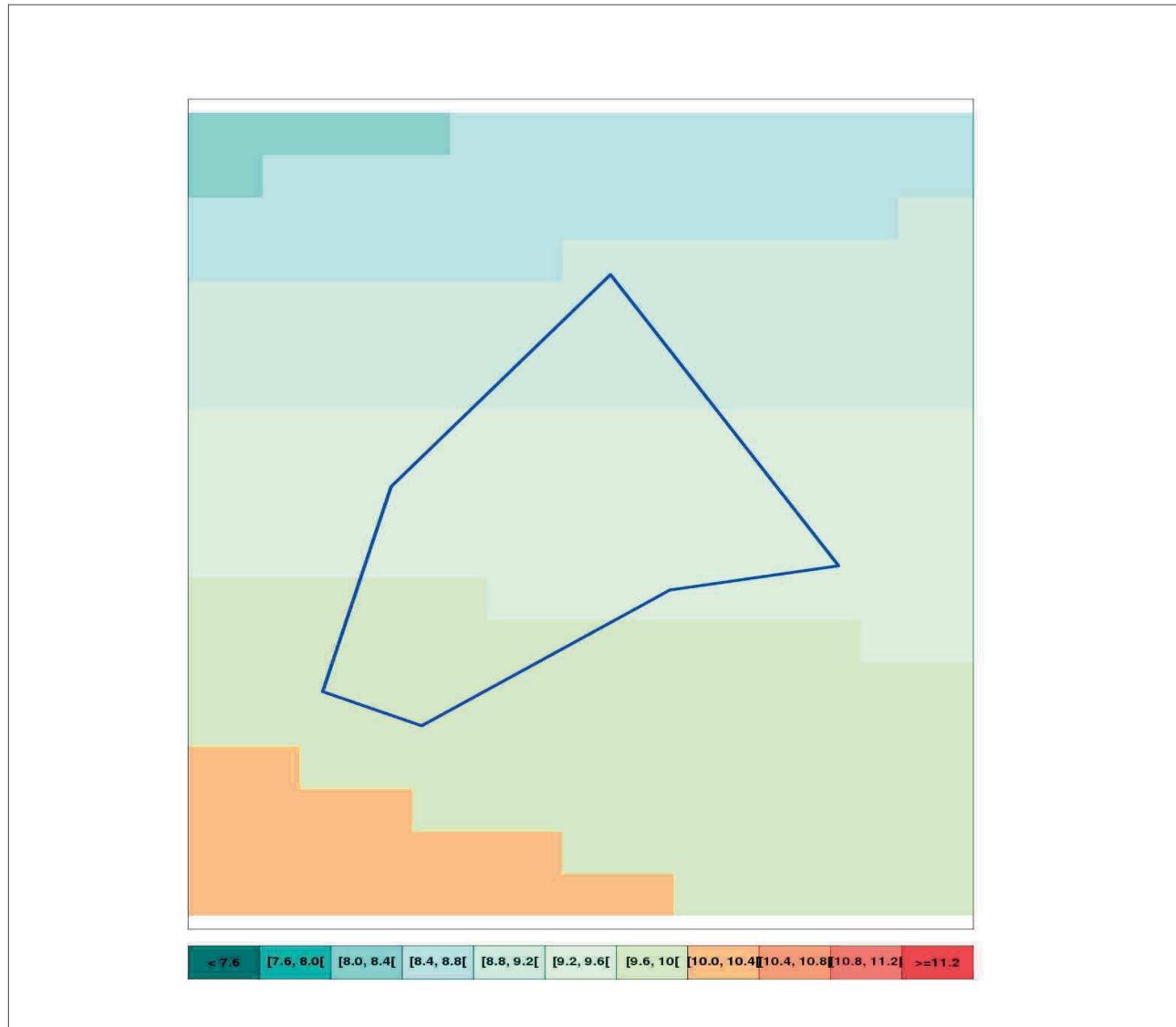


Illustration 42 : Forces moyennes du vent simulées par AROME sur la zone d'intérêt au niveau 100 m (2000-2022)

Les forces du vent moyennées sur la période 2000-2022 au niveau 100 m vont de 9 m/s environ au nord à un peu moins de 10 m/s au sud de la zone d'intérêt.

4.2.3 Vents modélisés au niveau 160 m

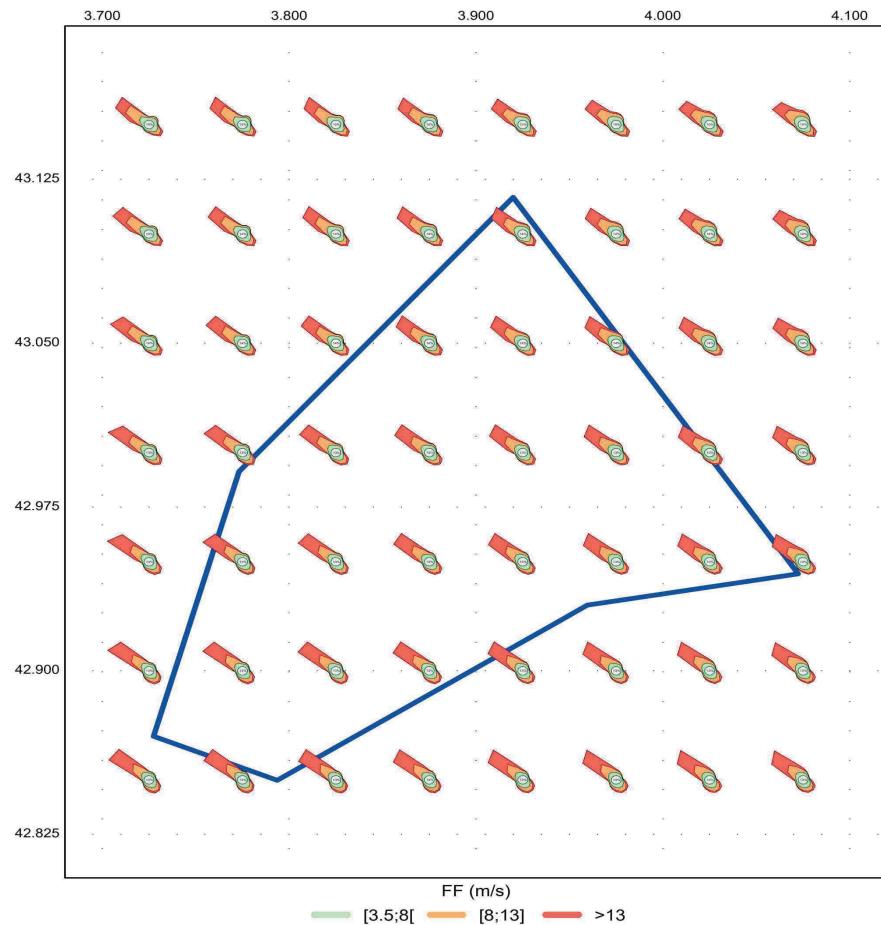
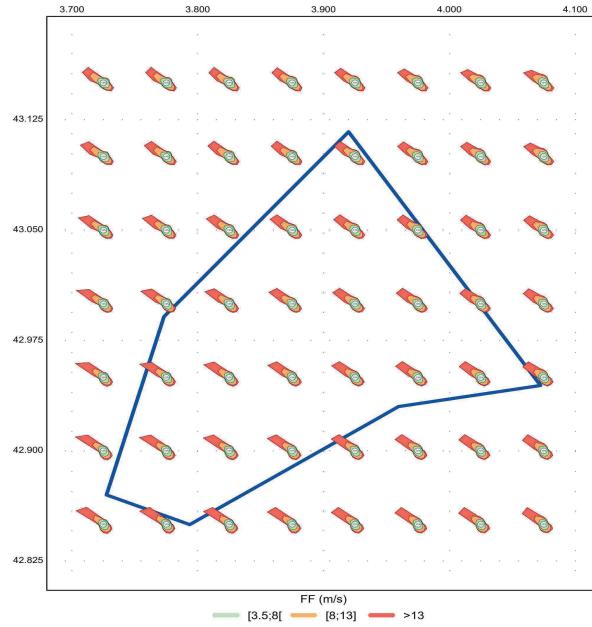


Illustration 43 : Roses annuelles simulées au niveau 160 m sur la zone d'intérêt (2000-2023)

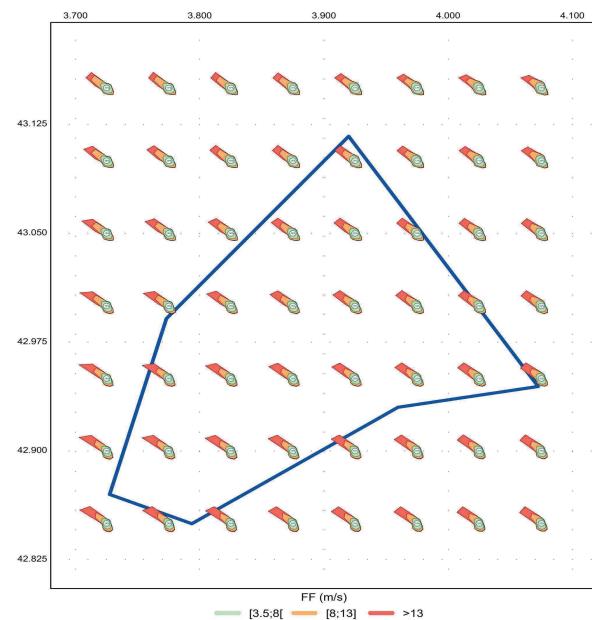
Au niveau 160 m, la direction nord-ouest domine toujours, avec une direction secondaire de sud-est. Les roses de vent sont globalement homogènes sur la zone. La proportion de vents forts s'accroît du nord au sud.

4 Climatologie fine du vent

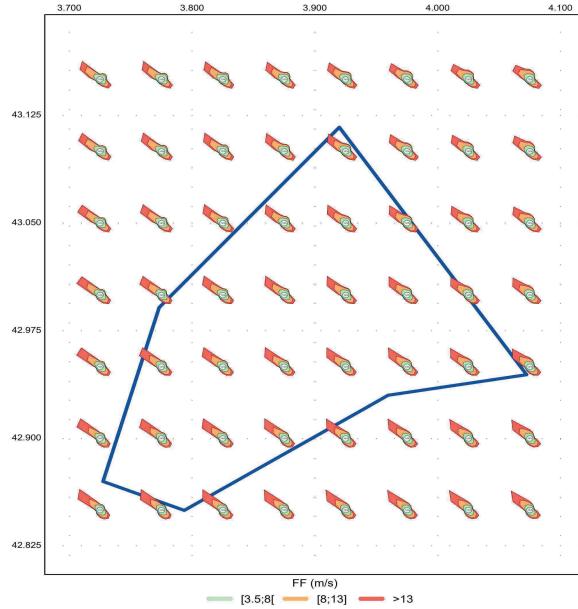
**PRINTEMPS
2001-2023**



**ÉTÉ
2001-2023**



**AUTOMNE
2001-2023**



**HIVER
2000-2022**

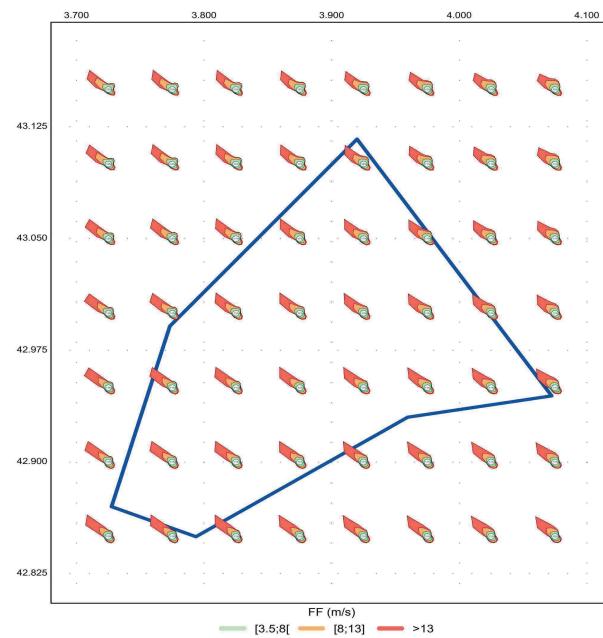


Illustration 44 : Roses saisonnières simulées au niveau 160 m sur la zone d'intérêt

4 Climatologie fine du vent



Au niveau 160 m, quelle que soit la saison, la direction dominante sur la zone reste le nord-ouest. La proportion de vents forts est importante au printemps et en hiver. Le printemps et l'automne sont favorables au marin (sud-est). L'été est la saison la moins ventée, les roses présentent une faible composante sud-sud-ouest, probablement liée à la brise thermique.

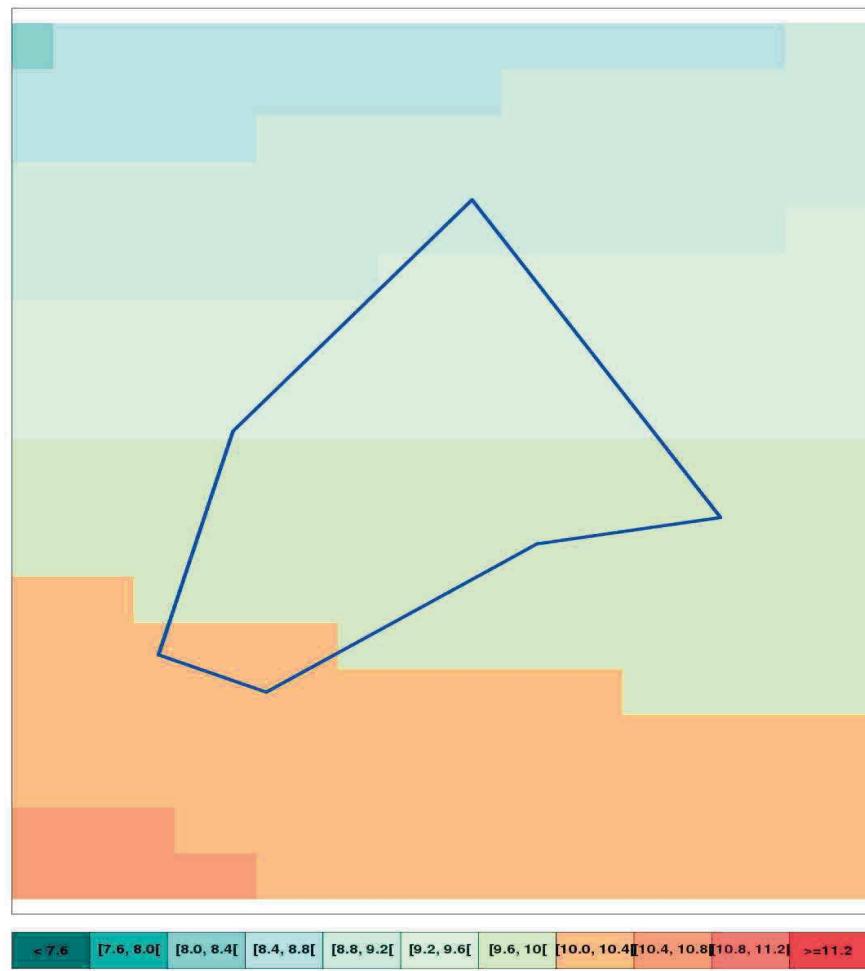


Illustration 45 : Forces moyennes du vent simulées par AROME sur la zone d'intérêt au niveau 160 m (2000-2022)

Les forces du vent moyennées sur la période 2000-2022 au niveau 160 m vont d'environ 9 m/s à l'extrême nord à un peu plus de 10 m/s au sud de la zone d'intérêt.

4.2.4 Vents modélisés au niveau 250 m

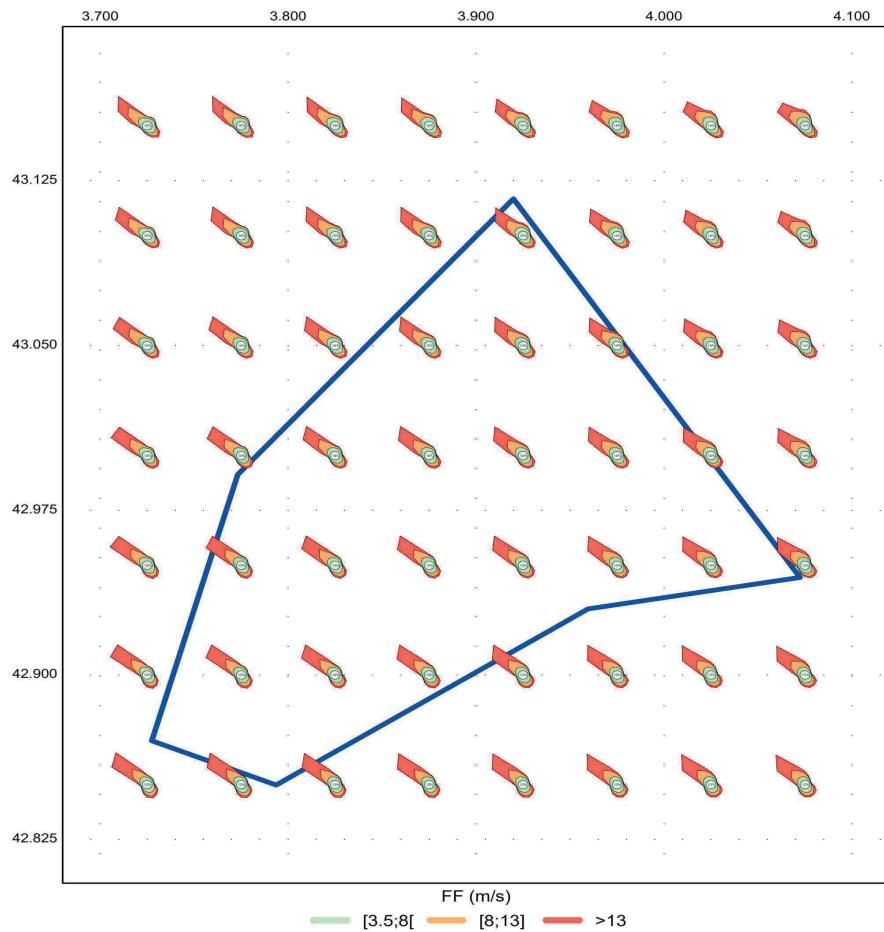
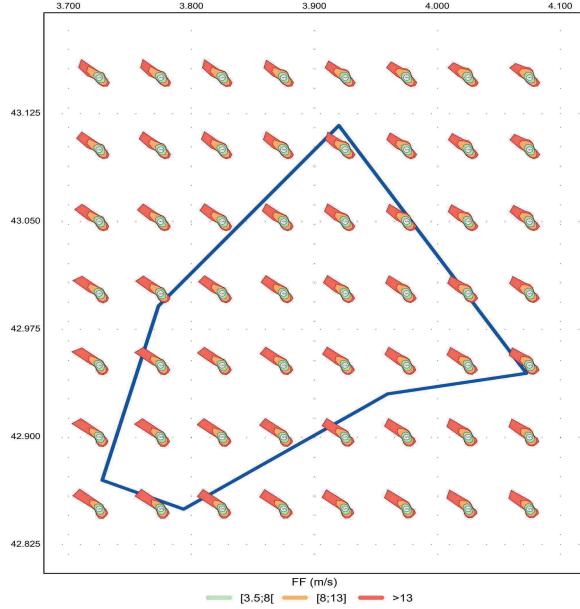


Illustration 46 : Roses annuelles simulées au niveau 250 m sur la zone d'intérêt (2000-2023)

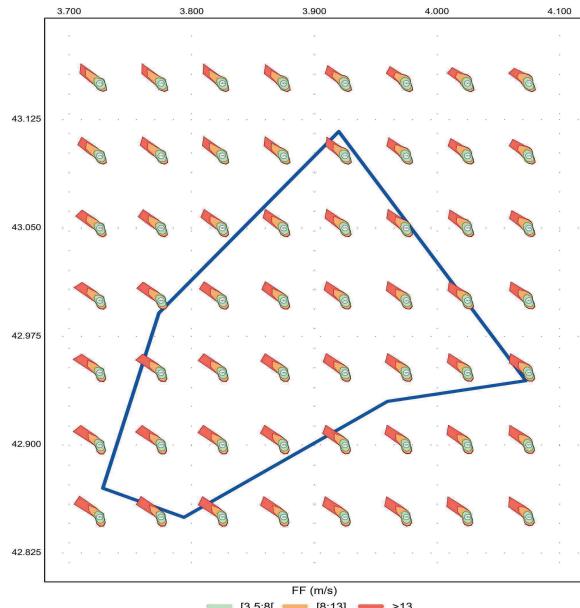
Au niveau 250 m, la direction nord-ouest domine toujours, devant une direction secondaire de sud-est. La proportion de vents forts s'accroît du nord au sud.

4 Climatologie fine du vent

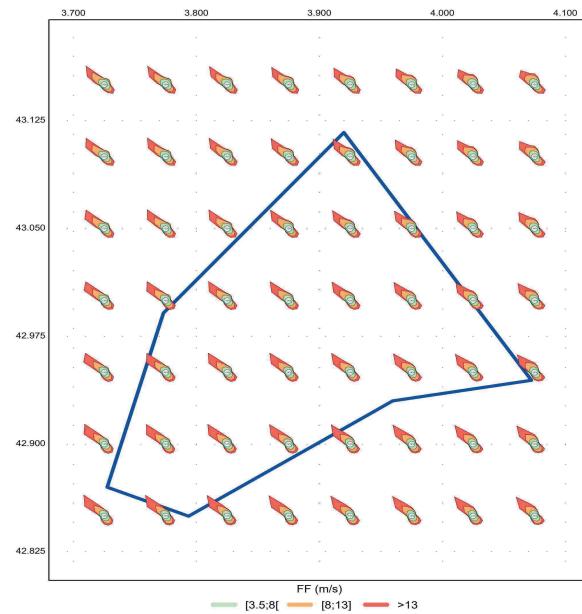
PRINTEMPS
2001-2023



ÉTÉ
2001-2023



**AUTOMNE
2001-2023**



**HIVER
2000-2022**

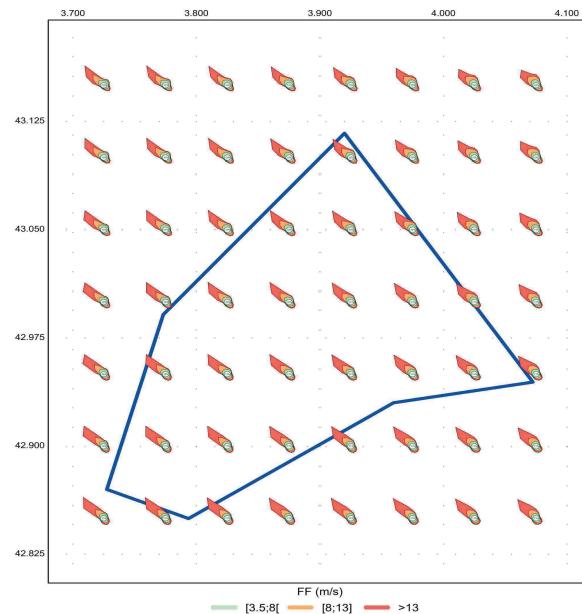


Illustration 47 : Roses saisonnières simulées au niveau 250 m sur la zone d'intérêt

4 Climatologie fine du vent

On retrouve au niveau 250 m une direction dominante de nord-ouest et une direction secondaire de sud-est. Les vents les plus forts se produisent au printemps. Le printemps et l'automne sont propices à la présence du marin (sud-est). L'été présente la proportion de vents forts la moins importante, les roses estivales montrent une composante sud-sud-ouest probablement liée à la brise de mer.

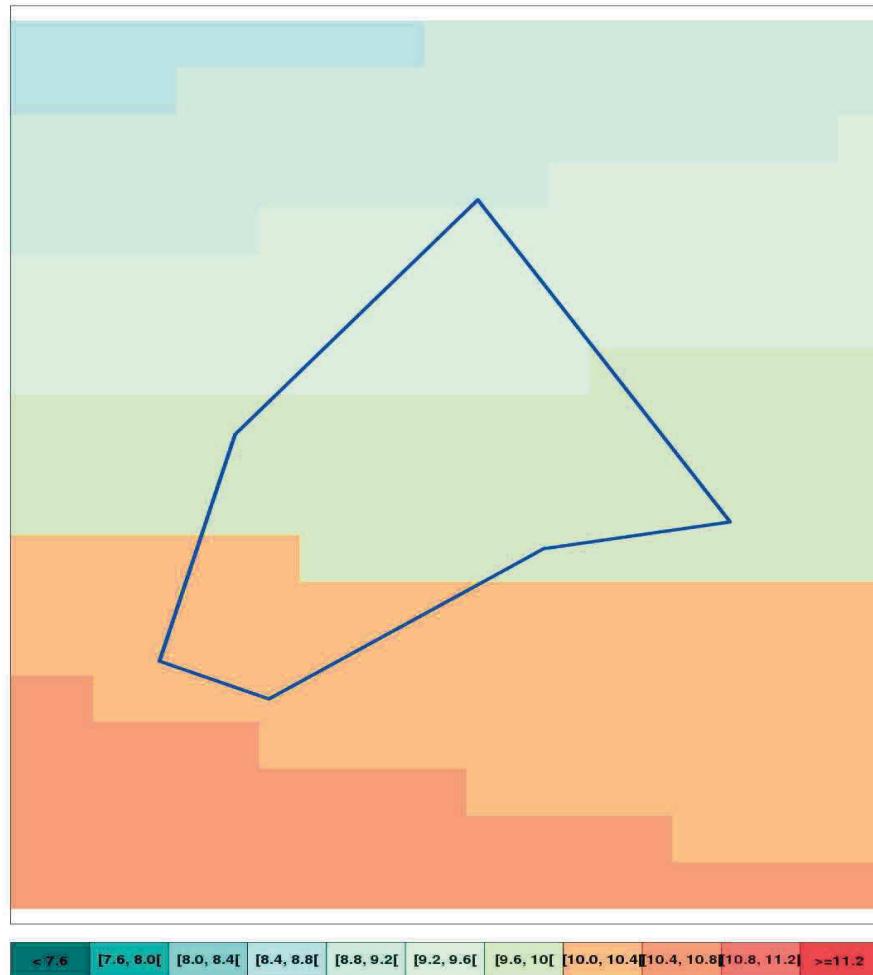


Illustration 48 : Forces moyennes du vent simulées par AROME sur la zone d'intérêt au niveau 250 m (2000-2022)

Les forces du vent moyennées sur la période 2000-2022 au niveau 250 m vont de 9,2 m/s au nord à un peu plus de 10 m/s au sud de la zone d'intérêt.

Conclusion :

Pour tous les niveaux considérés, les roses de vent annuelles sont assez homogènes avec une direction dominante de nord-ouest. Les vents les plus forts se produisent en général en hiver et au printemps. La proportion de vents forts va croissant du nord au sud.

Sur la zone étudiée, les moyennes des forces du vent moyen modélisé présentent un gradient du nord au sud de la zone : elles varient de 7,6 à 8,4 m/s au niveau 10 m, et de 9,2 à un peu plus de 10 m/s au niveau 250 m pour la période 2000-2022.

5 Durées de retour des vents forts

L'objectif est de caractériser la fréquence des vents moyens forts. Les vents extrêmes associés aux fortes tempêtes ne sont pas concernés par cette étude.

Les calculs de durées de retour se font à partir des valeurs maximales quotidiennes du vent issues des données AROME disponibles au pas de temps horaire, et représentatives du vent moyen 10 minutes. Les durées de retour des vents de rafales sont traitées dans le lot 3.

Les données de vitesse de vent sont disponibles de 2000 à 2023, soit une période de 24 ans qui permet d'utiliser la méthode de la loi de renouvellement décrite dans la section 5.3 de [Chatel et al., V2, 2025]. En raison des hypothèses relatives au calcul des durées de retour, **il n'est pas possible d'obtenir des résultats pour tous les secteurs de vent étudiés.**

5 points du modèle AROME ont été retenus pour cette étude :

Points AROME	Coordonnées géographiques (° décimaux, WGS 84)	
Point Centroïde (67)	42,975 N	3,875 E
Point E (16)	42,95 N	4,05 E
Point S (31)	42,875 N	3,75 E
Point N (35)	43,1 N	3,925 E
Point W (54)	43 N	3,875 E

Tableau 5.1 : Points « durée de retour » de la zone d'intérêt

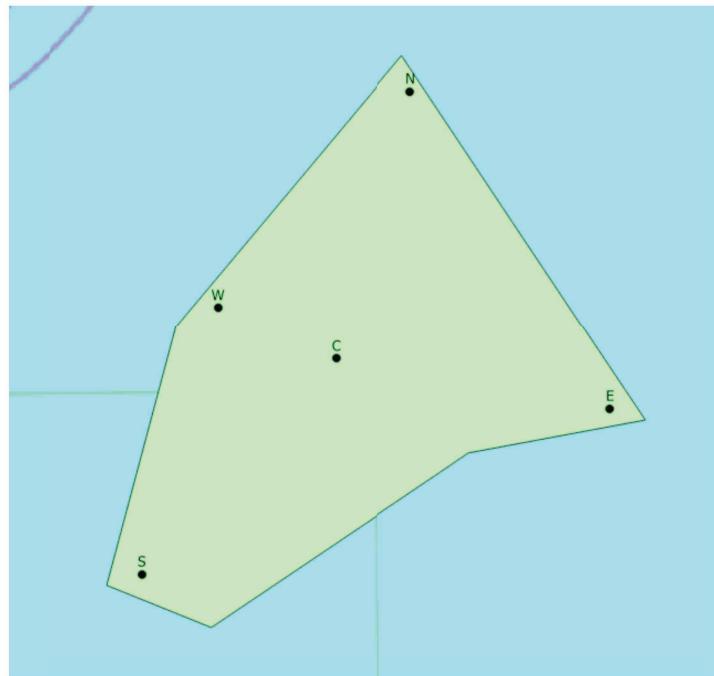


Illustration 49 : Points AROME « durée de retour » de la zone d'intérêt, avec le point centroïde

Faute de LiDAR présent sur la zone, c'est le point AROME le plus proche du point centroïde (coordonnées 42,972429° N / 3,884511° E) qui est traité dans ce rapport ; les résultats des autres points sont intégrés aux données « livrables ».

Pour ces 5 points, 2 niveaux sont considérés : 10 et 100 m.

5.1 Durées de retour du point centroïde au niveau 10 m

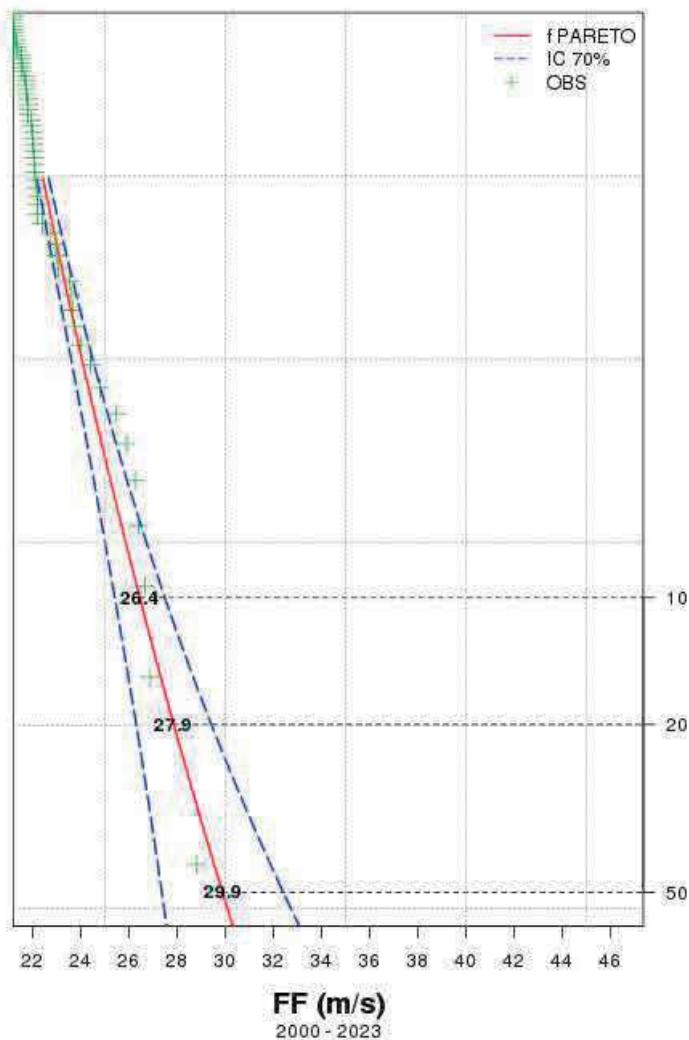
Point67


Illustration 50 : Graphe de durées de retour (10, 20 et 50 ans) du vent pour le point centroïde à 10 m.

L'intervalle de confiance des forces du vent pour les durées de retour considérées est de 70 %. La plupart des points de l'échantillon sont inclus dans l'intervalle. L'ajustement à une loi GPD est visuellement correct.

Les forces du vent estimées pour les durées de retour de 10, 20 et 50 ans, accompagnées de leur intervalle de confiance à 70 %, ont été calculées par secteur de 30° et tous secteurs confondus.

Dans les tableaux qui suivent, la colonne « DD bin » indique la valeur centrale du secteur de 30° ou « all » pour l'estimation tous secteurs confondus. Les colonnes « FF », « FC_ICmin », « FC_ICmax » contiennent respectivement la force du vent estimée et la borne inférieure et supérieure de son intervalle de confiance.

5 Durées de retour des vents forts

Un secteur de 30° est absent d'un tableau si les données de force de vent associées à ce secteur n'ont pas permis leur ajustement à une loi de Pareto, rendant impossible l'estimation de la force du vent pour la durée de retour considérée.

DD bin (dg)	FF_ICmin (m/s)	FF (m/s)	FF_ICmax (m/s)
60	16	17.1	18.2
90	22.2	23.2	24.2
150	17.5	18	18.5
180	19.7	20.2	20.7
210	20.1	21.2	22.3
240	14.6	15.1	15.7
270	21.7	22.6	23.5
300	24.4	25.4	26.4
360	20.1	21	21.8
all	25.4	26.5	27.5

Tableau 5.2 : Forces du vent pour une durée de retour de 10 ans du point AROME centroïde à 10 m (2000-2023).

DD bin (dg)	FF_ICmin (m/s)	FF (m/s)	FF_ICmax (m/s)
60	16.9	18.7	20.5
90	22.9	24.3	25.6
150	17.9	18.6	19.3
180	20	20.6	21.3
210	21	22.5	24.1
240	15	15.7	16.5
270	22.5	23.8	25.1
300	25.3	26.7	28.2
360	20.8	22	23.2
all	26.3	27.9	29.4

Tableau 5.3 : Forces du vent pour une durée de retour de 20 ans du point AROME centroïde à 10 m (2000-2023).

DD bin (dg)	FF_ICmin (m/s)	FF (m/s)	FF_ICmax (m/s)
60	18	21	24.1
90	23.4	25.4	27.3
150	18.3	19.3	20.4
180	20.2	21	21.9
210	21.8	24.2	26.6
240	15.3	16.4	17.5
270	23.3	25.3	27.3
300	26.3	28.6	31
360	21.4	23.3	25.1
all	27.4	29.9	32.4

Tableau 5.4 : Forces du vent pour une durée de retour de 50 ans du point AROME centroïde à 10 m (2000-2023)

A 10 m, quelle que soit la durée de retour, les estimations des quantiles de vents les plus forts sont associées au secteur nord-ouest (300°) et dans une moindre mesure au secteur est (90°). Les estimations les plus faibles concernent le secteur sud-ouest (240°).

5.2 Durées de retour du point centroïde au niveau 100 m

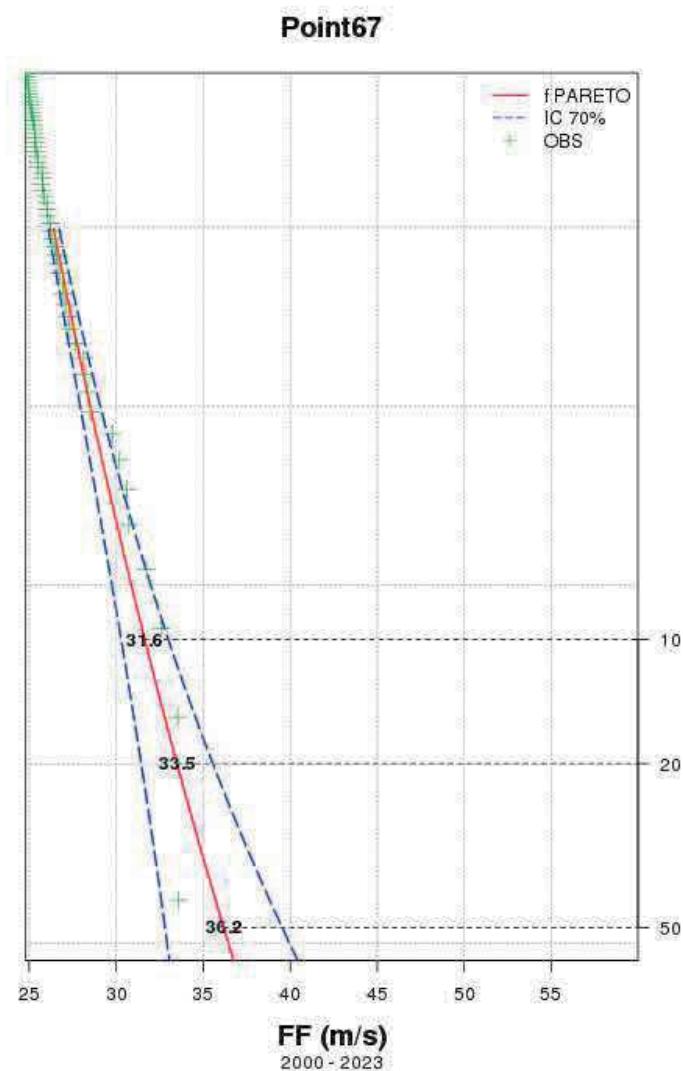


Illustration 51 : Graphe de durées de retour (10, 20 et 50 ans) du vent pour le point centroïde à 100 m.

Au niveau 100 m aussi, l'ajustement est visuellement correct, malgré quelques points intermédiaires hors de l'intervalle de confiance à 70 %.

DD bin (dg)	FF_ICmin (m/s)	FF (m/s)	FF_ICmax (m/s)
30	20	20.8	21.5
60	18.9	20.2	21.4

5 Durées de retour des vents forts

DD bin (dg)	FF_ICmin (m/s)	FF (m/s)	FF_ICmax (m/s)
90	26.9	28.2	29.6
150	20.8	21.3	21.7
210	24.4	25.6	26.7
270	25.9	27.1	28.3
300	28.7	30	31.4
330	25.5	26	26.5
360	23.1	24.3	25.5
all	30.3	31.6	33

Tableau 5.5 : Forces du vent pour une durée de retour de 10 ans du point AROME centroïde à 100 m (2000-2023).

DD bin (dg)	FF_ICmin (m/s)	FF (m/s)	FF_ICmax (m/s)
30	20.5	21.5	22.6
60	19.9	21.8	23.6
90	28	29.9	31.8
150	21.1	21.7	22.4
210	25.3	27	28.6
270	26.9	28.6	30.3
300	29.8	31.9	34
330	25.8	26.5	27.1
360	24.1	25.9	27.7
all	31.4	33.5	35.6

Tableau 5.6 : Forces du vent pour une durée de retour de 20 ans du point AROME centroïde à 100 m (2000-2023).

DD bin (dg)	FF_ICmin (m/s)	FF (m/s)	FF_ICmax (m/s)
30	20.9	22.4	23.8
60	21.1	23.9	26.7
90	28.9	31.8	34.7
150	21.4	22.3	23.2
210	26.1	28.6	31
270	28	30.7	33.3
300	31	34.6	38.2
330	26.1	26.9	27.8
360	25.2	27.9	30.7
all	32.8	36.2	39.5

Tableau 5.7 : Forces du vent pour une durée de retour de 50 ans du point AROME centroïde à 100 m (2000-2023).

Au niveau 100 m, quelle que soit la durée de retour, les estimations des quantiles de vents les plus fortes sont associées au secteur nord-ouest (300°) et dans une moindre mesure au secteur est (90°). Les estimations les plus faibles concernent le secteur sud-sud-ouest (150°).

5.3 Durées de retour sur la zone

Point AROME	Durée de retour (ans)	FF_ICmin (m/s)	FF (m/s)	FF_ICmax (m/s)
Point Centroïde	10	25.4	26.5	27.5
Point W		25.4	26.4	27.5
Point N		24.8	25.7	26.6
Point S		26.3	27.2	28.2
Point E		25.4	26.3	27.1
Point Centroïde	20	26.3	27.9	29.4
Point W		26.3	27.8	29.4
Point N		25.5	26.9	28.3
Point S		27.1	28.5	30
Point E		26.1	27.4	28.7
Point Centroïde	50	27.4	29.9	32.4
Point W		27.3	29.8	32.3
Point N		26.4	28.6	30.8
Point S		28	30.3	32.6
Point E		26.9	28.9	30.9

Tableau 5.8 : Quantiles de durées de retour des 5 points AROME retenus pour le niveau 10 m

Au niveau 10 m, les estimations de vent fort sont comprises entre 25,7 et 27,2 m/s pour le risque décennal, 26,9 et 28,5 m/s pour le risque vingtennal et 28,6 et 30,3 m/s pour le risque cinquantennal . Ces valeurs sont assorties d'incertitudes (intervalle de confiance 70 %).

Quelle que soit la durée de retour, les valeurs les plus élevées sont prises par le point Sud, les plus faibles par le point Nord.

5 Durées de retour des vents forts

Point AROME	Durée de retour (ans)	FF_ICmin (m/s)	FF (m/s)	FF_ICmax (m/s)
Point Centroïde	10	30.3	31.6	33
Point W		30.1	31.8	33.5
Point N		29.7	31.3	32.8
Point S		30.9	32	33.1
Point E		30.3	31.7	33.2
Point Centroïde	20	31.4	33.5	35.6
Point W		31.4	34.2	37
Point N		31	33.5	35.9
Point S		31.8	33.4	35
Point E		31.5	33.7	36
Point Centroïde	50	32.8	36.2	39.5
Point W		33	38	43
Point N		32.7	36.9	41.1
Point S		32.8	35.3	37.7
Point E		32.9	36.9	40.8

Tableau 5.9 : Quantiles de durées de retour des 5 points AROME retenus pour le niveau 100 m

Au niveau 100 m, les estimations de vent fort sont comprises entre 31,3 et 32 m/s pour le risque décennal, 33,4 et 34,2 m/s pour le risque vingtennal et 35,3 et 38 m/s pour le risque cinquantennal . Ces valeurs sont assorties d'incertitudes (intervalle de confiance 70 %).

A ce niveau, l'estimation décennale la plus forte est détenue par point S, (avec un écart faible devant le point W). Pour la durée de retour vingtennale, c'est le point W qui détient l'estimation majorante, devant le point E, le point S n'apparaissant qu'en 4^e position. Enfin l'estimation cinquantennale la plus forte est détenue par le point W, devant les points N et E, alors que le point S n'arrive qu'en dernière position.

Conclusion :

Pour le vent fort décennal, vingtennal et cinquantennal de la zone étudiée, au niveau 10 m, les estimations les plus élevées se situent au sud de la zone. Au niveau 100 m en revanche, les estimations majorantes sont plutôt observées à l'ouest.

Les valeurs de ce vent fort assorties d'incertitudes (intervalle de confiance 70 %) peuvent atteindre, au niveau 10 m, 27,2 m/s pour le risque décennal et 30,3 m/s pour le risque cinquantennal, et au niveau 100 m, 32 m/s pour le risque décennal et 38 m/s pour le risque cinquantennal.

6 Conclusion

Dans cette étude sont utilisées les données échantillonnées au pas de temps horaire du vent moyen 10 minutes ; elles comprennent des données observées ainsi que celles du modèle AROME sur la période de 2000 à 2023.

Les durées de retour sont calculées à partir de la série de maximales quotidiennes des données de vent moyen du modèle AROME, en vérifiant les hypothèses pour l'ajustement de la loi de Pareto (GPD – Generalized Pareto Distribution).

La zone étudiée est soumise à plusieurs types de vent du bassin méditerranéen, principalement la tramontane (de nord-ouest) et le marin (de sud-est). Une direction de vent domine largement : le secteur nord-ouest auquel sont associés les vents les plus forts.

Les roses de vent issues des observations présentent de grandes similitudes avec celles issues des données du modèle AROME et en valident la consistance.

Les cartes de vents modélisés montrent que la zone étudiée, quelle que soit l'altitude, présente des valeurs moyennes du vent sur 23 ans croissantes du nord au sud.

Les estimations de durée de retour de force de vent pour le point centroïde varient de

- à 10 m : de 27,2 m/s pour un risque décennal à 30,3 m/s pour un risque cinquantennal,
- à 100 m : de 32 m/s pour un risque décennal à 38 m/s pour un risque cinquantennal.

FIN DE DOCUMENT
