



OBSERVATOIRE DE LA CÔTE  
NOUVELLE-AQUITAINE

Document public

Rapport final

Caractérisation de la variabilité interannuelle des  
flux sédimentaires potentiels d'origine éolienne sur le  
littoral aquitain :  
analyse à partir des observations du sémaphore du  
Cap Ferret au cours de la période récente 2005-2020

BRGM/RP-71197-FR  
septembre 2021

Auteurs : Nicolae Lerma A., Rosebery D.

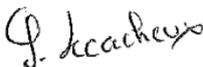




Caractérisation de la variabilité interannuelle des flux sédimentaires potentiels d'origine éolienne sur le littoral aquitain : analyse à partir des observations du sémaphore du Cap Ferret au cours de la période récente 2005-2020

BRGM/RP-71197-FR  
septembre 2021

Étude réalisée dans le cadre des opérations de service public du BRGM  
AP21BDX015

**Vérificateur :**  
Nom : LECACHEUX Sophie  
Date : 12/01/2022  
Signature : 

**Approbateur :**  
Nom : PEDRON Nicolas  
Date : 21/04/2022  
Signature :   
Le Directeur Régional  
du BRGM Nouvelle-Aquitaine  
Nicolas PEDRON

Auteurs : Nicolae Lerma A., Rosebery D.

Mots-clés : flux éolien, dune, tempêtes hivernales, érosion, Nouvelle-Aquitaine

En bibliographie, ce rapport sera cité de la façon suivante :

**Nicolae Lerma A. et Rosebery D.** (2021) - Caractérisation de la variabilité interannuelle des flux sédimentaires potentiels d'origine éolienne sur le littoral aquitain : analyse à partir des observations du sémaphore du Cap Ferret au cours de la période récente 2005-2020. Rapport final. BRGM/RP-71197-FR, 27 p., 11 fig., 3 tab.

## Synthèse

Les cordons dunaires connaissent des évolutions morphologiques à la fois sous les effets des processus marins (recul du pied de dune et création de falaises dunaires) et de l'activité éolienne (formation de caoudeyres, migration vers l'intérieur des terres). Mieux comprendre et caractériser l'action du vent sur les dunes est nécessaire pour les préserver, atténuer leur déstabilisation ou pour la mise en place, le cas échéant, de nouvelles pratiques consistant par exemple à contrôler leur migration (remobilisation dunaire).

Le présent rapport constitue une première étape, dont l'objet est l'analyse des données d'observations disponibles au sémaphore du Cap Ferret, au cours de la période 2005-2020, afin de caractériser les régimes de vents et d'évaluer les flux sédimentaires potentiels d'origine éolienne cumulés ( $Q$ ) lors de la saison hivernale (d'octobre à avril). La valeur de  $Q$  est estimée en fonction de l'intensité du vent et des caractéristiques du grain médian des dunes aquitaines. La classification en secteurs de provenance et niveaux d'intensité du vent permet de mettre en évidence la grande variabilité des flux cumulés et de leurs caractéristiques, selon les hivers.

Afin d'élargir l'analyse de la variabilité interannuelle des flux sédimentaires potentiels éoliens lors de la saison hivernale au-delà de la période 2005-2020, les données rétrospectives de vent de la base de données CFSR ont été utilisées. L'utilisation de ces données a permis de comparer les niveaux d'intensité des flux sédimentaires, en période hivernale, pendant une période de 41 ans (1979-2021). On observe que, parmi les hivers récents, l'hiver 2019-2020 est le deuxième plus intense de la période, en matière de capacité de transport sédimentaire, avec une valeur de  $Q$  près de deux fois plus importante que celles observées en moyenne. En revanche, l'hiver 2020-2021 est lui conforme aux valeurs moyennes. On note toutefois que lors de cet hiver, les vents de forte intensité ( $> 14$  m/s ou 50 km/h) ont été, par rapport à la moyenne, plus fréquemment observés dans un axe normal à la côte (configuration susceptible d'accentuer d'éventuelles perturbations morphologiques préexistantes).

L'estimation des flux sédimentaires potentiels éoliens est une première étape pour la constitution d'un indicateur de perturbation éolienne intégré. Dans un second temps, ces valeurs de flux pourront être mises en relation avec les évolutions morphologiques et les perturbations observées sur le cordon dunaire lors de l'hiver. Une troisième et dernière étape consistera à définir un indicateur spatialisé le long du littoral aquitain, croisant les forçages et la sensibilité du cordon dunaire (états géomorphologiques, couvertures végétales ...) aux perturbations éoliennes.

## Sommaire

<b>1. Contexte</b> .....	<b>7</b>
<b>2. Objectifs</b> .....	<b>9</b>
<b>3. Observations du sémaphore du Cap Ferret</b> .....	<b>11</b>
3.1. DESCRIPTION DES DONNEES DISPONIBLES .....	11
3.2. DESCRIPTION DES CONDITIONS DE VENT .....	12
3.3. REPARTITION DES VENTS PAR CLASSE (PERIODE 2005-2020).....	12
3.4. VARIABILITE INTERANNUELLE DES CLASSES D'INTENSITE DE VENT .....	15
<b>4. Estimation des flux sédimentaires potentiels éoliens (FSPE)</b> .....	<b>17</b>
4.1. METHODE DE CALCUL.....	17
4.2. VARIABILITE INTERANNUELLE DES FLUX CUMULES .....	18
4.2.1. Analyse par classes d'intensité de vent .....	18
4.2.2. Flux par classe d'intensité/direction .....	20
<b>5. Evaluation des flux éoliens au cours de la période 1970-2021</b> .....	<b>23</b>
5.1. BASE DE DONNEES POUR LA PERIODE 1979-2021.....	23
5.2. EVALUATION DES FLUX AU COURS DE LA PERIODE 1979-2020 .....	23
<b>6. Conclusion</b> .....	<b>25</b>
<b>7. Bibliographie</b> .....	<b>27</b>

## Liste des figures

Figure 1 - Fonctionnement et principales formes du système littoral sableux en Aquitaine (ONF, d'après P. Barrière)	7
Figure 2 - Carte de localisation des différentes sources de données utilisées dans cette étude .....	11
Figure 3 - Roses des vents observés au sémaphore du Cap Ferret, au cours de la période 2005-2020 .....	13
Figure 4 - Nombre d'heures d'occurrence de chaque classe d'intensité, pour l'ensemble de l'année .....	15
Figure 5 - Répartition des flux sédimentaires éoliens hivernaux potentiels (Q), par classe d'intensité de vent .....	19
Figure 6 - Flux de sédiments hivernaux potentiels (Q) par classe d'intensité de vent, divisés par la moyenne hivernale de chaque classe pour la période 2005-2020 (Q <sub>moy</sub> ).....	20
Figure 7 - Représentation radiale des différentes classes de vent (selon l'intensité C ou C' et la direction) ; la ligne bleue indiquant l'orientation générale de la côte. ....	21
Figure 8 - Flux de sédiments hivernaux potentiels (Q) pour les classes de vent de forte intensité (C et C') .....	21

Figure 9 - Comparaison des données CFSR avec les observations disponibles du sémaphore du Cap Ferret (à gauche : séries temporelles d'intensité du vent observées (en noir) et des données du modèle CFSR (en bleu) ; à droite : comparaison des données d'observations vs modèle ; en rouge : différentes limites de classes avec la limite de vent d'intensité significative en ligne pointillée ; droite jaune : régression linéaire).....23

Figure 10 - Flux de sédiments potentiels hivernaux (Q) pour les vents de fortes intensités, divisés par la moyenne interannuelle des flux hivernaux ( $Q_m$ ) de chaque série de données .....24

Figure 11 - Niveaux d'intensité des flux de sédiments potentiels hivernaux, classés par ordre croissant.....24

## Liste des tableaux

Tableau 1 - Occurrence intensité/direction des conditions de vent moyennes, au cours d'une année .....13

Tableau 2 - Occurrence intensité/direction des conditions de vent moyennes, durant la période estivale .....14

Tableau 3 - Occurrence intensité/direction des conditions de vent moyennes, durant la période hivernale.....14



# 1. Contexte

Les dunes littorales sont des accumulations sableuses, positionnées en front de mer et recouvertes partiellement de végétations basses. Ce sont par définition des environnements en constante évolution que l'on retrouve sur la plupart des littoraux sableux.

La présence et l'état des dunes littorales résultent de l'association de 5 facteurs principaux :

- ① un **facteur géologique**, i.e. la concentration de sédiments sableux disponible au niveau des plages ;
- ① un **facteur physique de forçage**, i.e. les forçages météo-marins (niveaux d'eau, vagues) et la dynamique éolienne, capable de déplacer les sédiments et responsable de leur accumulation en arrière de la plage ;
- ① un **facteur hydrogéologique**, i.e. le niveau de nappe ;
- ① un **facteur biologique**, i.e. la croissance ou la présence de végétation dunaire, représentant une capacité d'interception et de fixation des sédiments ;
- ① un **facteur humain**, i.e. les mesures d'aménagements consistant à réaliser des choix de gestion débouchant sur des actions ciblées : remobiliser les sédiments par des moyens mécaniques, éviter leur mouvement par des couvertures (branchages) ou favoriser leur dépôt via des structures perturbant les flux éoliens (ganivelles, filets, palissades...) ou des plantations de végétation, ou encore accompagner les processus naturels (remobilisation contrôlée).

L'interaction entre ces facteurs détermine l'évolution morphologique des dunes, à plus ou moins long terme. On ajoute que la morphologie du front dunaire ou d'une éventuelle avant-dune peut également être brutalement impactée par les forçages marins et en particulier l'action des vagues. Lors des tempêtes de forte intensité, l'érosion du front dunaire, d'origine marine, et la constitution de falaise ont un impact direct sur la morphologie des dunes. De ce fait, l'incidence sur l'évolution à plus long terme (plusieurs années) peut être très importante du fait de la perturbation des flux éoliens, entraînée par cette nouvelle morphologie. L'ensemble de l'édifice dunaire peut ainsi être perturbé et déstabilisé.

Plus généralement, l'action du vent sur ces ensembles sédimentaires peut modifier leur morphologie. Selon leurs positions, leurs formes et leurs dimensions, on distingue plusieurs formes éoliennes sur la dune. La Figure 1 synthétise les principales formes observées sur les dunes d'Aquitaine.

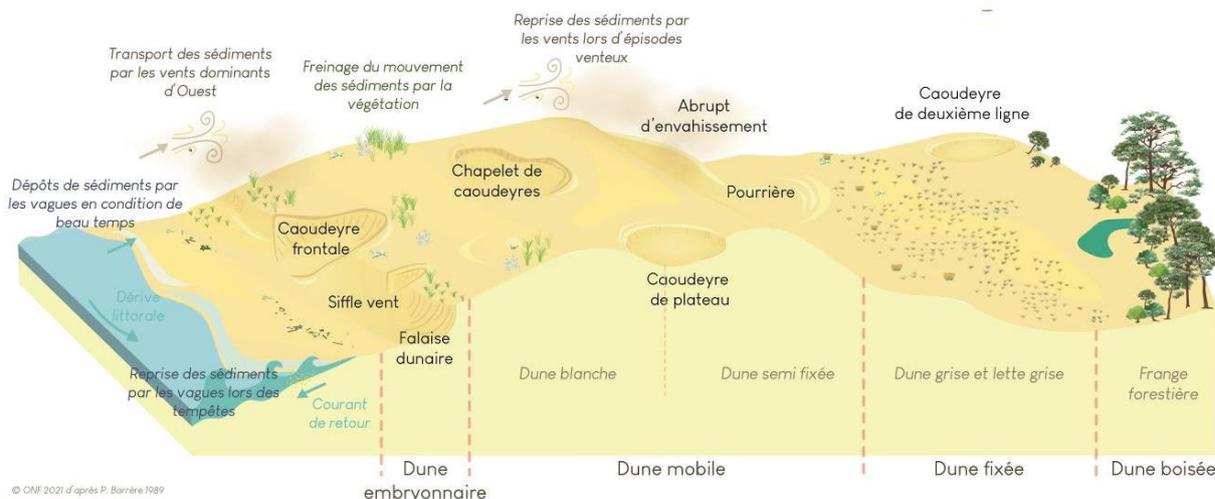


Figure 1 - Fonctionnement et principales formes du système littoral sableux en Aquitaine (ONF, d'après P. Barrière)



## 2. Objectifs

Le forçage éolien (i.e. l'intensité et la direction du vent au regard de sa capacité de transport sédimentaire) est encore peu étudié sur le littoral aquitain. La caractérisation des régimes de vent, la capacité de transport saisonnière ou encore la mise en relation des conditions de vent avec les évolutions morphologiques lors des tempêtes sont des domaines nécessitant des études approfondies. Mieux connaître, de manière générale, le forçage associé aux actions du vent sur les plages et les dunes est nécessaire pour assurer une gestion conservatoire de ces espaces remarquables, être capable d'atténuer la déstabilisation des dunes dans certains cas ou encore utiliser les effets du vent, afin de permettre un meilleur contrôle et des moyens de gestion innovants.

En effet, outre le recul du trait de côte et la création de falaise dunaire (phénomène brutal causé par les processus marins lors des tempêtes), les dunes évoluent sous l'action des processus éoliens. Ces évolutions ont été particulièrement importantes suite aux érosions marines de l'hiver 2013-2014, mais également lors de l'hiver 2019-2020, extrêmement venteux. Cet hiver récent a, semble-t-il, provoqué des déstabilisations importantes sur de nombreux secteurs du cordon dunaire aquitain. L'apparition ou l'accentuation de formes de « perturbation », entre 2019 et 2021, laissent supposer une activité éolienne « hors norme » lors de ces hivers.

Ces éléments motivent la réalisation d'une analyse des caractéristiques des flux sédimentaires potentiels d'origine éolienne ( $Q$ ) et de leur variabilité au cours des dernières décennies. Dans la présente étude, une analyse basée uniquement sur les forçages éoliens est proposée, en estimant les flux cumulés lors des saisons hivernales, dans le but d'envisager une première évaluation des effets du vent sur les dunes. Dans un second temps, cette analyse sera complétée et mise en relation avec l'analyse des évolutions morphologiques du cordon dunaire le long de la côte girondine. A terme, ces deux analyses seront mises en relation pour élaborer un indicateur de mobilité dunaire, croisant à la fois les flux potentiels et la sensibilité du cordon dunaire à connaître des évolutions morphologiques significatives lors de l'hiver. La construction progressive de cet indicateur a pour finalité la capacité de mieux anticiper d'éventuelles mesures de rectification ou d'accompagnement et de programmer d'éventuels travaux dunaires les années suivant de fortes activités éoliennes.

La présente étude est basée sur l'analyse des conditions de vent observées au sémaphore du Cap Ferret, station localisée au centre du littoral aquitain et présentant la série temporelle la plus complète dans ce secteur. On cherchera d'abord à décrire les conditions générales de vent (intensité et direction), ainsi que leur variabilité saisonnière et interannuelle. A partir de cette analyse, une classification des intensités de vent et des directions associées, lors des périodes de vent fort, est proposée en tenant compte également de l'orientation générale de la côte.

Les flux sédimentaires potentiels d'origine éolienne cumulés ( $Q$ ), pour les périodes hivernales (d'octobre à avril), sont évalués et représentés sur la base de cette classification (intensité et direction), afin d'offrir une vision synthétique et de comparer les saisons hivernales entre elles ainsi que par rapport aux conditions moyennes de la période 2005-2020. Afin de mettre en perspective les caractéristiques des périodes hivernales récentes avec celles des dernières décennies, une source de données de vent rétrospective est utilisée (données CFSR). Cette analyse permet de resituer l'activité éolienne potentielle des hivers récents dans le contexte des 40 dernières années.



### 3. Observations du sémaphore du Cap Ferret

#### 3.1. DESCRIPTION DES DONNEES DISPONIBLES

Les observations utilisées dans cette étude sont les mesures anémométriques, réalisées au niveau du sémaphore du Cap Ferret (Figure 2). Ces données sont collectées à 30 m de hauteur, à la pointe du Cap Ferret et exploitées ici sous forme d'une valeur moyennée toutes les demi-heures, à partir de 10 min d'acquisition continue. La série temporelle disponible s'étend de 1997 à 2020. Toutefois, il existe de nombreuses lacunes au sein de la série temporelle avant l'année 2000 et les données ne sont disponibles qu'à un pas de temps de 3 h. Cette partie de la série temporelle n'a pas été conservée pour l'analyse. Par ailleurs, pour la période 2000-2005, de nombreuses lacunes sont également observables. Pour notre analyse, nous avons choisi de ne conserver que les années où les lacunes n'excèdent pas 5 % de la durée totale de l'année (soit un temps inférieur à 18 jours), afin de s'assurer de la bonne représentativité des conditions de vent sur l'année. Entre 2005 et 2020, l'ensemble des années remplit ce critère.

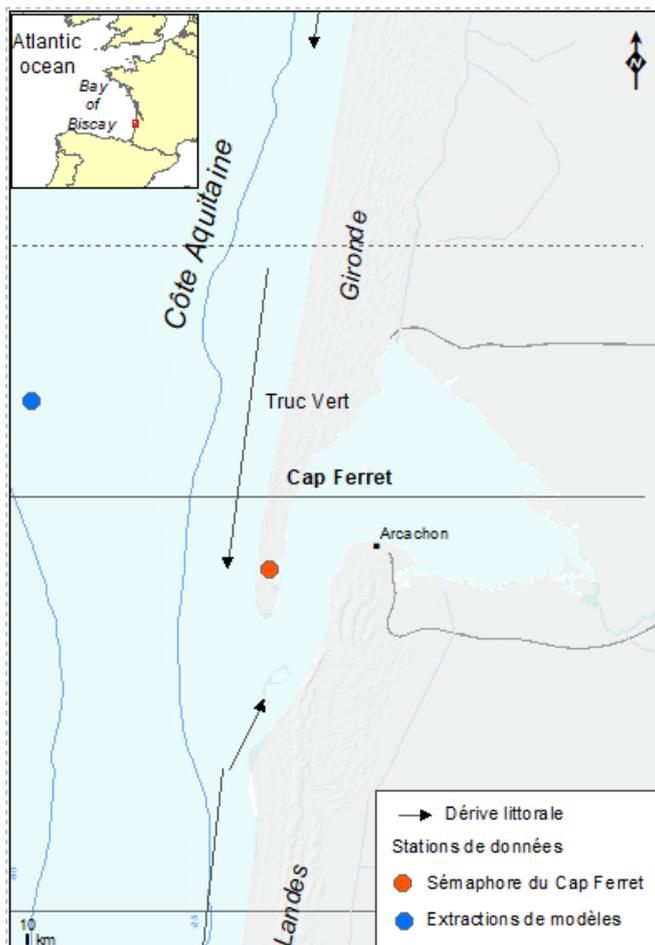


Figure 2 - Carte de localisation des différentes sources de données utilisées dans cette étude

### 3.2. DESCRIPTION DES CONDITIONS DE VENT

La description des données observées au Cap Ferret est présentée pour 12 secteurs d'ouverture d'angle homogène de 30° indiquant la provenance du vent. Etant donnée la finalité de notre étude qui consiste à analyser les flux sédimentaires potentiels éoliens, les classes d'intensité, déterminées ici et qui serviront pour le reste de l'étude, se basent sur un rapport communément admis entre la taille des grains de sable et la vitesse du vent nécessaire pour les mettre en mouvement. Bien qu'il existe une grande hétérogénéité de granulométrie le long de la côte, on considère comme acceptable de baser les calculs sur la taille de grain médian. Le grain médian sur les dunes de la côte aquitaine est de l'ordre de 0,03 à 0,04 mm (Froidefond et Prud'homme, 1991 ; Pedreros et al., 1996). Ainsi, une vitesse supérieure à 5 m/s est nécessaire pour occasionner un transport significatif. En dessous de cette valeur (vents inférieurs à 18 km/h), les vents ont une capacité nulle ou faible de transport.

Les classes retenues pour l'intensité les vents sont donc :

- classe 1 : de 0 à 5 m/s (soit de 0 à 18 km/h), où l'on considère que les vents ne génèrent pas de déplacement significatif ;
- classe 2 : de 5 à 8 m/s (soit de 18 à 29 km/h), classe pour laquelle des déplacements de sable sont observables en relativement faible quantité ;
- classe 3 : de 8 à 14 m/s (soit de 29 à 50 km/h), première classe de vent pour laquelle les déplacements de sable sont considérés comme significatifs ;
- classe 4 : de 14 à 20 m/s (soit de 50 à 72 km/h), classe pour laquelle le transport éolien est potentiellement très important ;
- classe 5 : supérieur à 20 m/s (soit > 72 km/h), classe pour laquelle les vents sont violents et les déplacements de sable sont très importants.

On fait ici l'hypothèse que les déplacements potentiels de sédiments, associés aux classes 2 et 3, sont essentiellement responsables des constructions de hauts de plage ou d'évolutions lentes des perturbations au sein de la dune. Les classes 4 et 5 sont quant à elles considérées, a priori, comme principales responsables de l'érosion éolienne des crêtes de dune, de la perturbation rapide des cordons dunaires et de transfert de sable vers le revers de dune, lorsqu'ils sont susceptibles de se produire.

### 3.3. REPARTITION DES VENTS PAR CLASSE (PERIODE 2005-2020)

Les vents soufflant sur la côte aquitaine, au cours de la période 2005-2020, sont la majorité du temps (59,2 %) compris entre 0 et 5 m/s (vents considérés comme ayant une capacité de transport nulle à faible). Les vents à forte capacité de transport, et donc susceptibles d'occasionner un impact significatif sur la morphologie des dunes (> 8 m/s), sont eux observés en moyenne 12,8 % du temps, soit 47 jours/an (Figure 3a).

Les **vents dominants** (par secteurs de 30°) (cf. Tableau 1), toutes classes d'intensité confondues, proviennent du secteur 2 (nord/nord-est, 30-60°N) avec un total de 13,9 %. Ils sont toutefois peu représentés pour les classes d'intensité significative (> 8 m/s). Pour des intensités supérieures à 8 m/s, les secteurs 8 à 10 (vents d'ouest et sud-ouest) sont les plus fréquents (9 %). Seules ces mêmes classes de direction présentent des fréquences notables d'intensité supérieure à 20 m/s (0,1 %), soit en moyenne quelques heures par an (cf. Tableau 1).

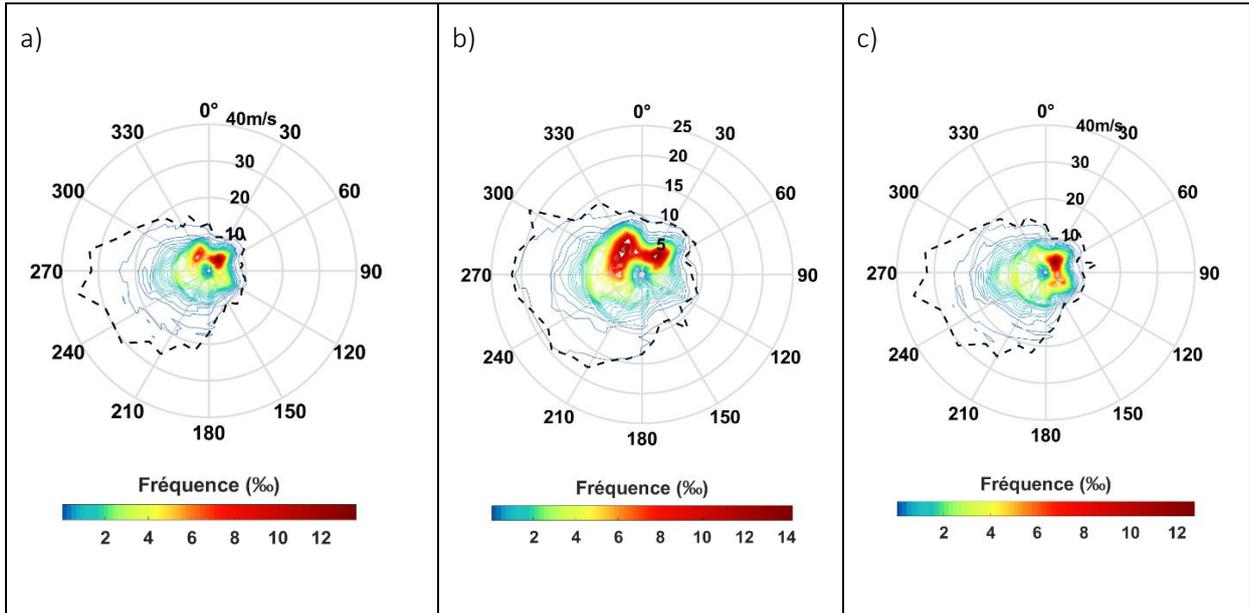


Figure 3 - Roses des vents observés au sémaphore du Cap Ferret, au cours de la période 2005-2020

Les pointillés délimitent les valeurs maximales de vent par secteurs de 10°, avec a) l'ensemble de l'année, b) la saison dite « estivale » (mai à septembre inclus), c) la saison dite « hivernale » (octobre à avril inclus). A noter que l'échelle d'intensité du vent est différente pour le panel b).

	Intensité 1 (0-5 m/s)	Intensité 2 (5-8 m/s)	Intensité 3 (8-14 m/s)	Intensité 4 (14-20 m/s)	Intensité 5 (>20 m/s)	Total général
Secteur 1 (0-30°N)	5.21%	0.79%	0.03%			6.03%
Secteur 2 (30-60°N)	10.11%	3.55%	0.29%			13.95%
Secteur 3 (60-90°N)	6.86%	1.01%	0.04%			7.91%
Secteur 4 (90-120°N)	4.76%	1.13%	0.06%			5.95%
Secteur 5 (120-150°N)	4.01%	2.05%	0.12%			6.18%
Secteur 6 (150-180°N)	3.24%	1.05%	0.16%	0.00%		4.45%
Secteur 7 (180-210°N)	2.92%	1.58%	0.76%	0.05%	0.00%	5.31%
Secteur 8 (210-240°N)	2.85%	1.81%	1.33%	0.10%	0.02%	6.12%
Secteur 9 (240-270°N)	3.37%	2.76%	3.17%	0.60%	0.05%	9.95%
Secteur 10 (270-300°N)	4.14%	3.12%	3.14%	0.55%	0.05%	11.01%
Secteur 11 (300-330°N)	4.81%	3.90%	1.49%	0.11%	0.01%	10.31%
Secteur 12 (330-360°N)	6.92%	5.22%	0.66%	0.00%		12.81%
Total général	59.22%	27.98%	11.24%	1.42%	0.13%	100.00%

Tableau 1 - Occurrence intensité/direction des conditions de vent moyennes, au cours d'une année

On observe une nette variabilité des conditions de vents entre les saisons estivales et hivernales, aussi bien en termes d'intensité que de directions de provenance.

Durant la **période estivale** (mai - septembre), les classes de vent inférieures à 8 m/s sont plus fréquentes, par rapport aux observations de l'ensemble de l'année et le secteur directionnel nord (secteurs 11, 12, 1 et 2 confondus) est fortement représenté (Tableau 2). Le secteur le plus fréquent est le secteur 12 (de 330 à 360°N), avec 18,5 % des observations. Les vents supérieurs à 8 m/s représentent 7,8 % des observations, avec uniquement 0,4 % de vent supérieur à 14 m/s.

	Intensité 1 (0-5 m/s)	Intensité 2 (5-8 m/s)	Intensité 3 (8-14 m/s)	Intensité 4 (14-20 m/s)	Intensité 5 (>20 m/s)	Total général
Secteur 1 (0-30°N)	5.83%	0.37%	0.02%			6.22%
Secteur 2 (30-60°N)	10.06%	3.18%	0.13%			13.37%
Secteur 3 (60-90°N)	5.35%	0.69%	0.01%			6.05%
Secteur 4 (90-120°N)	2.88%	0.59%	0.03%			3.50%
Secteur 5 (120-150°N)	2.37%	0.60%	0.04%			3.00%
Secteur 6 (150-180°N)	1.52%	0.28%	0.02%			1.81%
Secteur 7 (180-210°N)	2.37%	0.81%	0.20%	0.00%		3.38%
Secteur 8 (210-240°N)	3.33%	1.42%	0.57%	0.02%		5.34%
Secteur 9 (240-270°N)	4.64%	3.16%	2.02%	0.19%	0.00%	10.01%
Secteur 10 (270-300°N)	6.50%	4.40%	2.52%	0.16%	0.01%	13.59%
Secteur 11 (300-330°N)	7.74%	6.20%	1.32%	0.01%	0.00%	15.27%
Secteur 12 (330-360°N)	9.74%	8.14%	0.58%			18.45%
<b>Total général</b>	<b>62.30%</b>	<b>29.84%</b>	<b>7.45%</b>	<b>0.39%</b>	<b>0.01%</b>	<b>100.00%</b>

Tableau 2 - Occurrence intensité/direction des conditions de vent moyennes, durant la période estivale

Durant la **période hivernale**, le secteur nord (secteurs 11, 12, 1 et 2 confondus) est à l'inverse de la saison estivale, peu fréquemment observé par rapport aux valeurs moyennes de l'année (Tableau 3). Le secteur dominant en fréquence est le secteur 2 (14,4 %). Toutefois les vents de ce secteur sont très majoritairement de faible intensité (inférieurs à 8 m/s). Concernant les vents supérieurs à 8 m/s, ils représentent 16,5 % des observations et les 2/3 proviennent des secteurs 9 et 10 (compris entre 240 et 300°N).

	Intensité 1 (0-5 m/s)	Intensité 2 (5-8 m/s)	Intensité 3 (8-14 m/s)	Intensité 4 (14-20 m/s)	Intensité 5 (>20 m/s)	Total général
Secteur 1 (0-30°N)	4.75%	1.10%	0.04%			5.89%
Secteur 2 (30-60°N)	10.15%	3.83%	0.41%			14.39%
Secteur 3 (60-90°N)	7.99%	1.25%	0.06%			9.30%
Secteur 4 (90-120°N)	6.16%	1.53%	0.08%			7.77%
Secteur 5 (120-150°N)	5.25%	3.13%	0.18%			8.56%
Secteur 6 (150-180°N)	4.53%	1.62%	0.26%			6.41%
Secteur 7 (180-210°N)	3.32%	2.15%	1.18%	0.09%	0.01%	6.75%
Secteur 8 (210-240°N)	2.50%	2.11%	1.90%	0.16%	0.03%	6.70%
Secteur 9 (240-270°N)	2.43%	2.46%	4.02%	0.90%	0.09%	9.90%
Secteur 10 (270-300°N)	2.38%	2.16%	3.61%	0.85%	0.08%	9.09%
Secteur 11 (300-330°N)	2.62%	2.19%	1.61%	0.18%	0.01%	6.61%
Secteur 12 (330-360°N)	4.83%	3.05%	0.72%	0.00%		8.59%
<b>Total général</b>	<b>56.91%</b>	<b>26.59%</b>	<b>14.07%</b>	<b>2.18%</b>	<b>0.22%</b>	<b>100.00%</b>

Tableau 3 - Occurrence intensité/direction des conditions de vent moyennes, durant la période hivernale

Les secteurs regroupant les observations de plus fortes intensités lors de la période hivernale (classes d'intensité 4 et 5) sont également, et en des proportions équivalentes (10 % et 9 % respectivement), les secteurs 9 et 10 (soit respectivement sud-ouest 240-270°N et ouest 270-300°N, qui est l'orientation normale à la côte).

Le secteur sud-ouest (secteur 9) est légèrement plus représenté, notamment pour les vents supérieurs à 8 m/s, totalisant 5 % des observations (contre 4,5 % pour le secteur 10). C'est également pour ce secteur que l'on observe les plus fortes valeurs de vents, atteignant 36,2 m/s durant la tempête Klaus de janvier 2009.

### 3.4. VARIABILITE INTERANNUELLE DES CLASSES D'INTENSITE DE VENT

La comparaison du nombre d'heures tout au long de l'année, pour chaque classe d'intensité, est présentée ci-dessous via une échelle logarithmique pour faciliter la lecture. Les vents d'intensité 1 et 2 (Figure 4) comptabilisent systématiquement plus de 1 000 heures/an. La classe d'intensité 3, qui totalise en moyenne 694 heures/an, varie entre 397 heures/an (d'octobre 2015 à octobre 2016) et 923 heures/an (d'octobre 2013 à octobre 2014). La classe d'intensité 4 totalise 118 heures/an en moyenne, avec une variabilité comprise entre 50 heures/an (d'octobre 2014 à octobre 2015) et 218 heures/an (d'octobre 2013 à octobre 2014). Enfin, la classe 5 est également très variable selon les années, avec en moyenne 11 heures/an, des observations uniquement pendant 2 heures en 2005-2006, 2012-2013 et 2014-2015, et un maximum de 33 heures en 2019-2020.

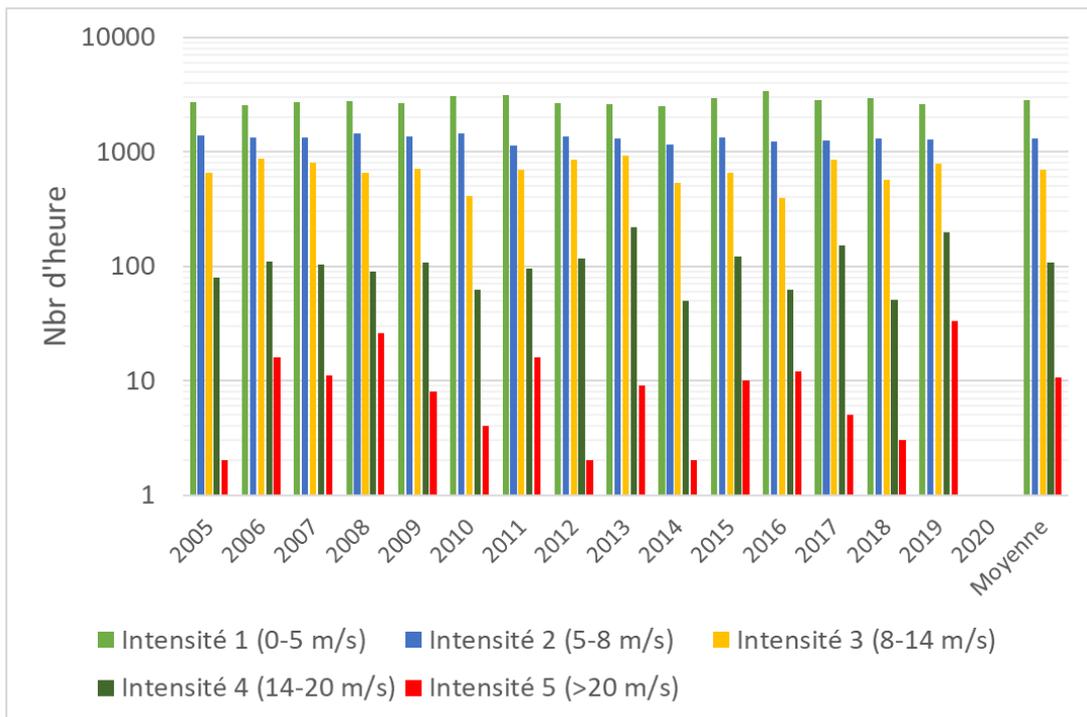


Figure 4 - Nombre d'heures d'occurrence de chaque classe d'intensité, pour l'ensemble de l'année



## 4. Estimation des flux sédimentaires potentiels éoliens

### 4.1. METHODE DE CALCUL

Les paramètres utilisés pour le calcul des flux sédimentaires potentiels d'origine éolienne ( $Q$ ) sont communs à ceux généralement utilisés dans la littérature. Il s'agit de :

- l'intensité du vent ( $u$ ), dont la valeur est ici une moyenne horaire exprimée en m/s et ramenée à une hauteur conventionnelle à 10 m du sol ;
- la direction de provenance du vent ( $Dir$ ), exprimée ici en convention nautique. Cette direction n'est pas utilisée dans le calcul, mais la valeur de direction de provenance du vent est associée à la valeur du flux calculée.

Donc,  $Q$  consiste en une évaluation du volume de sable déplacé par unité de temps pour des caractéristiques granulométriques types sur la côte aquitaine. Il s'exprime en kg/m/s. Les formules présentées ci-dessous reprennent les travaux récents de Laporte-Fauret et al., 2021.

Ainsi à partir des paramètres de vent décrits ci-dessus, les différentes étapes de calcul de  $Q$  sont les suivantes :

L'extrapolation de la vitesse de vent de 10 m à 0,1 m de hauteur a été réalisée en utilisant la loi logarithmique (Eq. 1) (Arya, 1988 ; Jacobson, 1999) :

$$u_{z_{0,1}} = u \frac{\ln(z_{0,1}/z_0)}{\ln(z_R/z_0)} \quad (\text{Eq. 1})$$

avec  $u$  la vitesse de vent à 10 m au-dessus du sol,  $z_{0,1}$  la hauteur extrapolée soit 0,1 m,  $z_R$  la hauteur de référence (i.e. 10 m) et  $z_0$  la longueur de rugosité ( $z_0 = 2.5D_{50}$ ).  $D_{50}$  est le diamètre de grain médian (i.e. 0,4 mm pour le Truc Vert).

La vitesse de cisaillement à 0,1 m est calculée avec l'équation *law wall* (Eq. 2) :

$$u_{z_{0,1}}^* = \frac{\kappa}{\ln(z/z_0)} u_{z_{0,1}} \quad (\text{Eq. 2})$$

avec  $\kappa$  la constante de Karman (= 0,4),  $u_{z_{0,1}}$  la vitesse du vent à 0,1 m de haut calculée avec l'Eq. 1.

Le **flux de sable** a été estimé avec le modèle de Lettau et Lettau (1978) (Eq. 3) :

$$Q = L \sqrt{\frac{D_{50}}{d}} \frac{1}{g} (u_{z_{0,1}}^* - u_t^*) u_{z_{0,1}}^2 \quad (\text{Eq. 3})$$

avec  $L$  la constante de Lettau (= 6,7),  $d$  le diamètre de grain-référence (i.e. 0,25 mm, Bagnold, 1936),  $g$  l'accélération gravitationnelle,  $u_t^*$  la vitesse de cisaillement critique calculée par la formule de Bagnold (1936) (Eq. 4) :

$$u_t^* = K \sqrt{\frac{(\rho_s - \rho) g D_{50}}{\rho}} \quad (\text{Eq. 4})$$

avec  $K$  la constante de Bagnold ( $= 0,1$ ),  $\rho_s$  la densité du grain (i.e.  $2\,650 \text{ kg/m}^3$ ) et  $\rho$  la densité de l'air (i.e.  $1.226 \text{ kg/m}^3$ ).

On note qu'en dessous de la valeur de  $5 \text{ m/s}$  (vents inférieurs à  $18 \text{ km/h}$ ), les vents ont une faible capacité de transport et n'ont donc pas été pris en compte. Par ailleurs, la méthode de calcul des flux ne permet pas un calcul pertinent pour de faibles capacités de transport.

Dans la suite du rapport, on s'intéresse au flux cumulé, intégré sur la période hivernale (d'octobre à avril). Par souci de simplicité, la notation  $Q$  est conservée.

## 4.2. VARIABILITE INTERANNUELLE DES FLUX CUMULES

### 4.2.1. Analyse par classe d'intensité de vent

La valeur de  $Q$ , calculée pour les différentes périodes hivernales de la série temporelle, montre une grande variabilité interannuelle. La Figure 5 présente la valeur  $Q$  par hiver et par classe d'intensité de vent. En moyenne, cette valeur est de  $49,7 \text{ kg/m/an}$ . Mais on observe que :

- les vents de relativement faible intensité (intensité 2, de  $5$  à  $8 \text{ m/s}$ ) ont une capacité de transport cumulé importante ( $29 \%$ ), en moyenne supérieure aux classes d'intensité 3 et 5. Ces vents d'intensité faible sont fondamentaux dans les processus de transfert de sable de la plage vers la dune et paraissent donc importants à considérer dans le cadre d'études sur les vitesses d'accumulation de sable en pied de dune ou de reconstruction des fronts dunaires, suite à une érosion marine ;
- la classe d'intensité responsable de la plus grande quantité potentielle de sédiments déplacés du fait du rapport entre sa plus grande fréquence d'occurrence et son importante capacité de transport, est la classe 4 (vent de  $14$  à  $20 \text{ m/s}$ ), avec en moyenne  $22,3 \text{ kg/m/an}$ , soit  $45 \%$  des flux de la période hivernale.

De manière générale, l'année 2019-2020 apparaît comme l'année la plus propice au transport éolien avec une valeur de  $Q$  de  $84,1 \text{ kg/m}$ , dont  $58 \%$  est lié à des conditions de tempête (intensités 4 et 5). Les années 2013-2014 (connue comme particulièrement tempétueuse) et 2006-2007 sont ensuite les plus propices au transport éolien, pendant la période considérée (avec des valeurs de  $Q$  respectivement de  $\sim 75,2 \text{ kg/m}$  et  $62,3 \text{ kg/m}$ , dont près de la moitié est liée à des vents d'intensité 4). On observe qu'au contraire, les années 2010-2011, 2014-2015 et 2018-2019 présentent de faibles flux éoliens potentiels (inférieurs à  $30 \text{ kg/m/an}$ ), dont l'origine est plus équilibrée entre les catégories de vent faible (classes d'intensité 2 et 3) et fort (classes d'intensité 4 et 5).

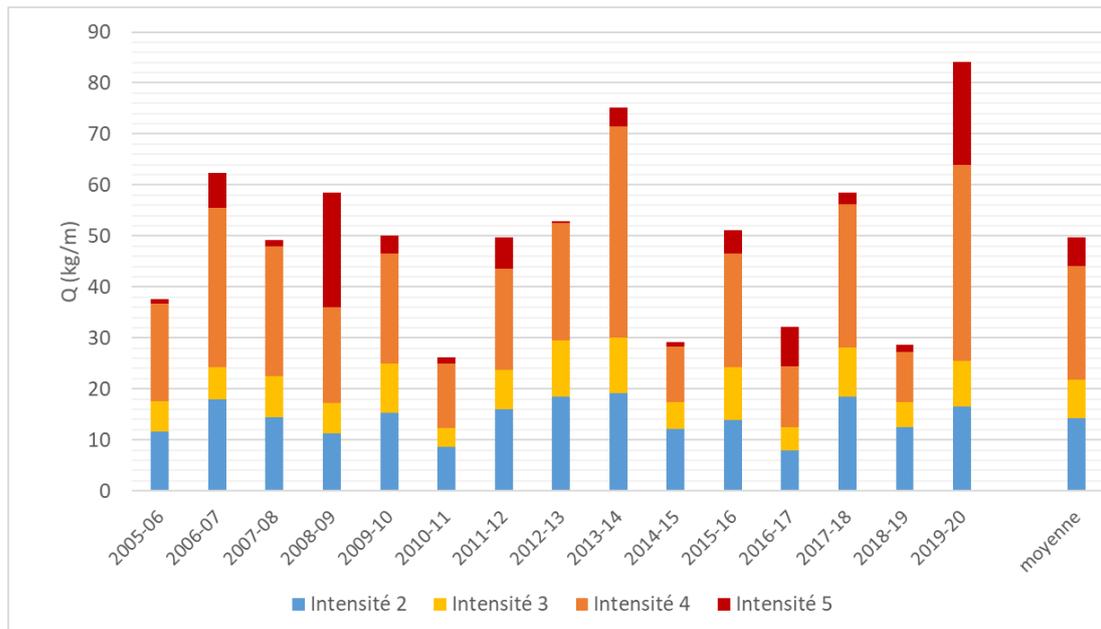


Figure 5 - Répartition des flux sédimentaires éoliens hivernaux potentiels (Q), par classe d'intensité de vent

La Figure 6 montre, pour chaque hiver, les capacités de transport des classes d'intensité 2 à 5, divisées par la valeur moyenne de chaque classe pour la période 2005-2020. Cette représentation permet de mieux identifier les années pour lesquelles les flux éoliens hivernaux potentiels s'éloignent des valeurs moyennes pour chaque classe d'intensité de vent.

Ainsi, en complément des observations précédentes (Figure 5), l'hiver 2019-2020 apparaît comme tout à fait exceptionnel, les flux liés aux classes 4 et 5 étant largement surreprésentés par rapport à la moyenne (respectivement 1,7 et 3,6 fois). On note également pour l'hiver 2013-2014, que la forte valeur de Q est due à une forte représentation des vents de classe 4, mais que les flux liés aux vents de classe d'intensité 5 sont inférieurs à la moyenne au cours de la période. Par ailleurs, l'hiver 2009 ressort fortement du point de vue des flux liés aux vents de classe d'intensité 5, du fait de la tempête Klaus, mais présente des valeurs inférieures à la moyenne pour l'ensemble des autres classes d'intensité.

Ainsi ces observations suggèrent que les flux sédimentaires potentiels engendrés par les vents sont fortement variables d'une année à l'autre. Cette variabilité est principalement due aux vents de classe 4 et de manière plus ponctuelle aux vents très tempétueux de classe 5. Il conviendra d'analyser, à partir des évolutions morphologiques observées au niveau des dunes selon les hivers, les impacts associés à des hivers plus ou moins marqués par des flux de catégories 4 ou 5.

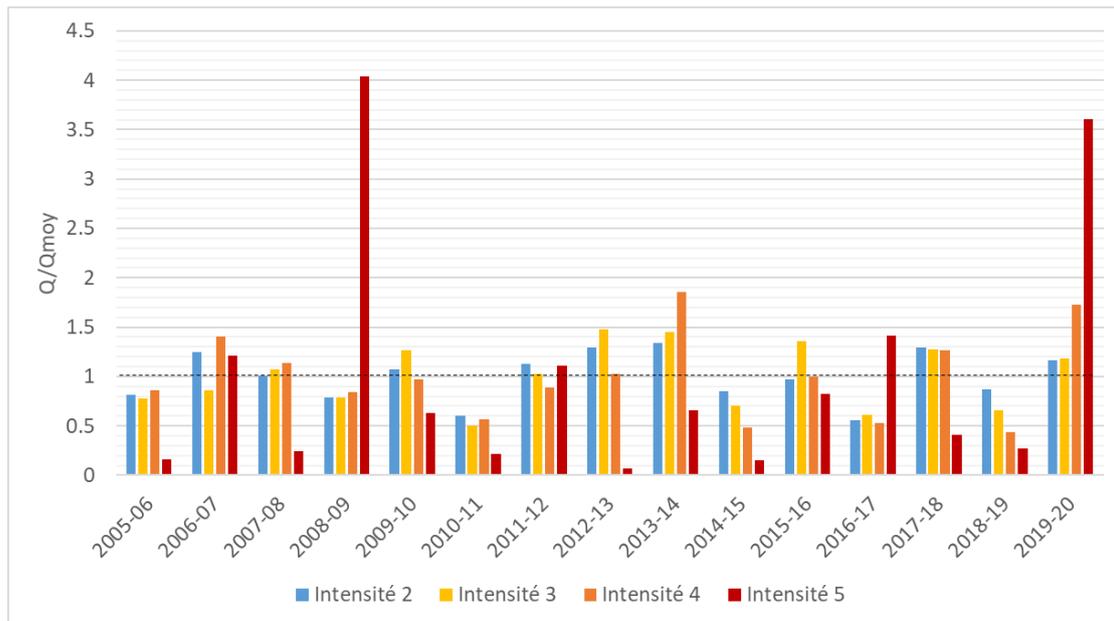


Figure 6 - Flux de sédiments hivernaux potentiels (Q) par classe d'intensité de vent, divisés par la moyenne hivernale de chaque classe pour la période 2005-2020 (Qmoy)

#### 4.2.2. Flux par classe d'intensité/direction

La direction de provenance des vents joue un rôle important dans la potentielle déstabilisation des dunes. Lorsque les vents de forte intensité proviennent d'un seul ou à l'inverse de différents secteurs, ils peuvent accélérer respectivement le creusement ou l'élargissement des formes de déflation éolienne (caoudeyres). Ainsi en complément, les flux associés aux vents d'intensité de classes 4 et 5 (notés respectivement C et C', cf. Figure 7), dont on fait l'hypothèse qu'ils sont à l'origine des principales déstabilisations des dunes, sont associés à 5 classes de direction de provenance du vent. Ces secteurs de direction sont définis selon 2 critères principaux :

- ① le premier est l'orientation générale de la côte, inclinée de l'ordre de 10° par rapport à l'axe nord-sud. Ainsi les secteurs sont décalés de 10° par rapport à l'axe de la côte ;
- ① le second est la nature des vents dominants sur la côte aquitaine, mise en évidence dans la partie 3.3. Les vents proviennent de l'océan et sont issus des circulations dépressionnaires se déplaçant d'ouest en est. Ainsi, les vents observés (cf. partie 3.3) à des intensités supérieures ou égales à 20 m/s (vents associés à des tempêtes) proviennent exclusivement de l'ouest (cf. Tableau 1). Une discrétisation est proposée avec des étalements de 30°, pour les secteurs normaux ou proches de la normale à la côte, et des ouvertures de 50 et 40°, pour les secteurs les plus obliques.

Donc, les secteurs directionnels retenus sont, en partant du nord :

- ① de 190 à 240°, le secteur des vents de sud / sud-ouest. Il connaît des vents d'intensité supérieure à 20 m/s. Il est considéré dans l'analyse comme le secteur 1 ;
- ① de 240 à 270°, le secteur des vents de sud-ouest. Il connaît des vents d'intensité supérieure à 20 m/s. Il est considéré dans l'analyse comme le secteur 2 ;
- ① de 270 à 300°, le secteur des vents d'ouest. Il connaît des vents d'intensité supérieure à 20 m/s, frontaux par rapport à l'orientation de la côte. Il est considéré dans l'analyse comme le secteur 3 ;
- ① de 300 à 330°, le secteur des vents de nord-ouest. Il connaît des vents d'intensité supérieure à 20 m/s. Il est considéré dans l'analyse comme le secteur 4 ;

de 330 à 10°, le secteur des vents de nord / nord-ouest. Il ne présente pas de vent d'intensité supérieure à 20 m/s. Il est considéré dans l'analyse comme le secteur 5.

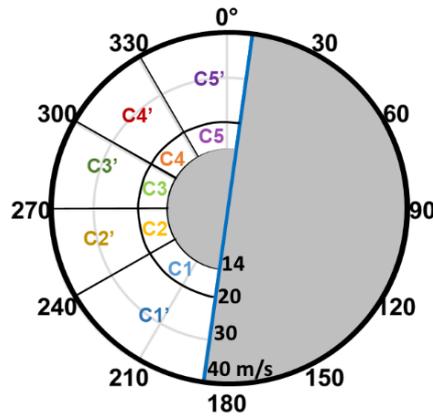


Figure 7 - Représentation radiale des différentes classes de vent (selon l'intensité C ou C' et la direction) ; la ligne bleue indiquant l'orientation générale de la côte.

Enfin, afin de définir le niveau d'intensité de l'hiver en termes de flux sédimentaires éoliens potentiels, une qualification allant de faible à très intense est proposée. Les niveaux d'intensité sont définis à partir de la valeur moyenne (2005-2020) et des écarts-types de la série de données ( $\pm$  un demi et 1 écart-type, noté  $1/2\sigma$  et  $1\sigma$ ). Ainsi par exemple, un hiver intense présente une valeur de Q supérieure à la valeur moyenne interannuelle, plus  $1/2$  écart-type. Un hiver très intense présente quant à lui une valeur de Q supérieure à la valeur moyenne, plus 1 écart-type (cf. **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**).

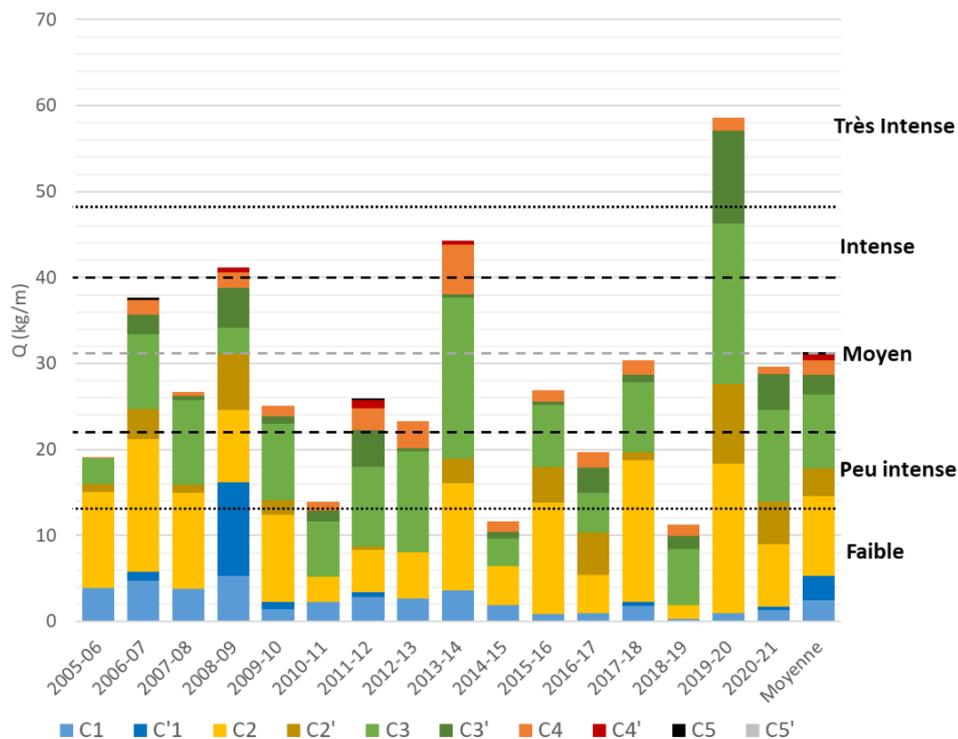


Figure 8 - Flux de sédiments hivernaux potentiels (Q) pour les classes de vent de forte intensité (C et C')

Il existe une grande variabilité des flux par secteur de direction, selon les années. Ainsi, les flux liés à certains secteurs de direction peuvent être fortement surreprésentés par rapport à leurs valeurs moyennes. Par exemple, on constate que, pour les deux années dont les flux potentiels sont les plus importants (2013-2014 et 2019-2020, cf. Figure 8), les secteurs de direction associés aux fortes intensités de vent sont différents. En 2013-2014, les flux éoliens potentiels associés à des vents de nord-ouest (secteurs 3 et 4) sont nettement plus fréquents que ce qui est observé en moyenne. En 2019-2020, ce sont en revanche des vents de secteurs 2 et 3 (plus directement frontaux par rapport à l'orientation de la côte) qui sont observés. On note également que la tempête Klaus est à l'origine d'une surreprésentation du secteur sud/sud-ouest, pour l'année 2008-2009.

Ces différences peuvent avoir une forte implication sur l'évolution du cordon dunaire qui, selon son état et sa morphologie, peut être plus fortement sensible à certains secteurs de vent.

Le dernier hiver (2020 - 2021) présente des valeurs très proches de la moyenne des 15 dernières années, avec des flux éoliens en période hivernale de 51,4 kg/m et un flux associé aux tempêtes de 29,6 kg/m. Toutefois, on observe des flux associés aux classes de vent les plus énergétiques (C2' et C3') qui sont supérieurs à la moyenne. Cette situation de vents extrêmes survenant de manière significative pour 2 secteurs distincts peut également être un facteur explicatif d'une forte déstabilisation du cordon dunaire, car susceptible d'élargir plus rapidement les formes de déflation éoliennes (caoudeyres frontales).

## 5. Evaluation des flux éoliens au cours de la période 1970-2021

Un travail prospectif a été envisagé afin d'une part, de savoir si les données issues de la base de données de modélisation CFSR étaient directement comparables aux observations de vent réalisées au niveau du Cap Ferret et d'autre part, de comparer l'intensité des flux éoliens potentiels calculés pour la période récente, avec la période couverte par la base de données CFSR, à savoir 1970- 2010.

### 5.1. BASE DE DONNEES POUR LA PERIODE 1979-2021

La base de données CFSR est un produit mis à disposition par la NOAA (Saha et al., 2010). Elle consiste en une base de données de vent, au pas de temps de 1 heure, pour un maillage de 0,3° de résolution, couvrant l'ensemble de l'Atlantique Nord.

La comparaison des données, ci-dessous (Figure 9), se limite au paramètre d'intensité du vent extrait au large de la pointe du Cap Ferret (cf. Figure 2). La Figure 9 illustre la comparaison des séries temporelles d'intensité du vent observées par rapport aux données modélisées. On peut constater que les deux jeux de données sont raisonnablement en accord ( $R^2 = 0,57$  ;  $RMSE = 2,03$  m/s). Les vents d'intensité comprise entre 8 et 20 m/s et de plus fortes intensités observées sont globalement correctement reproduits par le modèle et en particulier la période de la tempête Klaus (en janvier 2009). On observe en revanche une surestimation des valeurs de vents faibles. Cependant, ce biais, observable pour les valeurs < 8 m/s, n'a que peu d'incidence sur les valeurs de flux éoliens calculés, le transport potentiel pour ces valeurs étant faible ou nul.

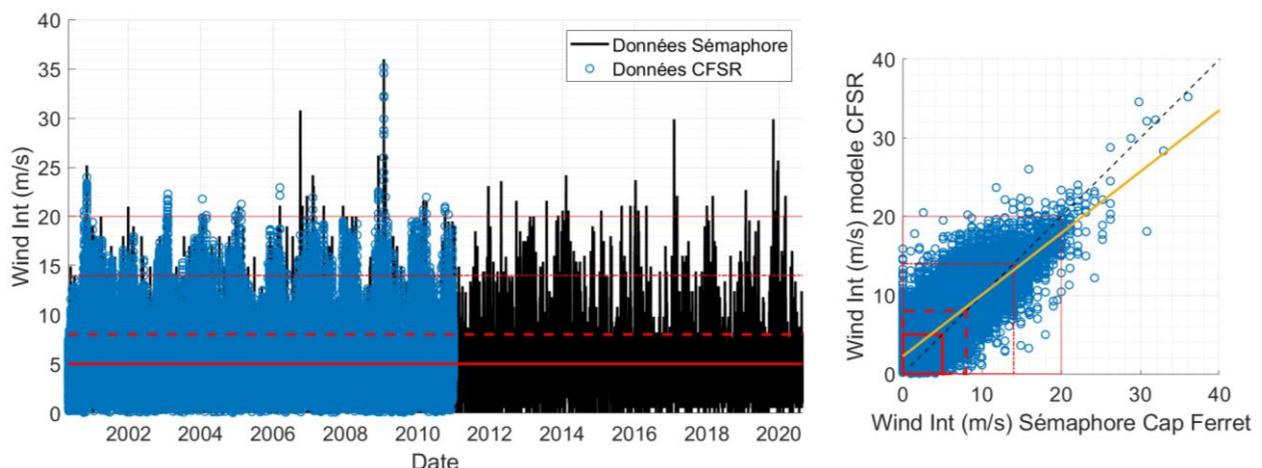


Figure 9 - Comparaison des données CFSR avec les observations disponibles du sémaphore du Cap Ferret (à gauche : séries temporelles d'intensité du vent observées (en noir) et des données du modèle CFSR (en bleu) ; à droite : comparaison des données d'observations vs modèle ; en rouge : différentes limites de classes avec la limite de vent d'intensité significative en ligne pointillée ; droite jaune : régression linéaire)

### 5.2. EVALUATION DES FLUX AU COURS DE LA PERIODE 1979-2020

La série temporelle CFSR offrant une bonne garantie quant à la reproduction de l'intensité des vents, pour la période commune avec les observations au Cap Ferret (cf. Figure 9, Figure 10), le calcul des flux sédimentaires éoliens potentiels ( $Q$ ) a été appliqué à la série temporelle des données CFSR pour la période 1979-2010. Afin de comparer les distributions pour la période de données disponibles commune entre données CFSR et observées (2005-2010), les classes d'intensité 4 et 5 sont additionnées pour chaque année, puis divisées par la valeur moyenne des régimes de forte intensité (somme des classes 4 et 5)

relative à chaque série temporelle. On peut ainsi comparer les valeurs de flux cumulés associés aux vents de forte intensité pour les deux séries temporelles, en éliminant un biais potentiel. En effet, les données issues du modèle CFSR présente un biais positif notable pour les valeurs de vent d'intensité moyenne (intensités 3 et 4, cf. Figure 9).

On observe que pour la période commune, les deux séries temporelles présentent des anomalies d'intensité de flux éoliens potentiels comparables (cf. Figure 10). On considère ainsi que les deux périodes indépendantes peuvent être interprétées communément pour évaluer la variabilité interannuelle des flux sédimentaires éoliens potentiels ( $Q/Q_m$ ).

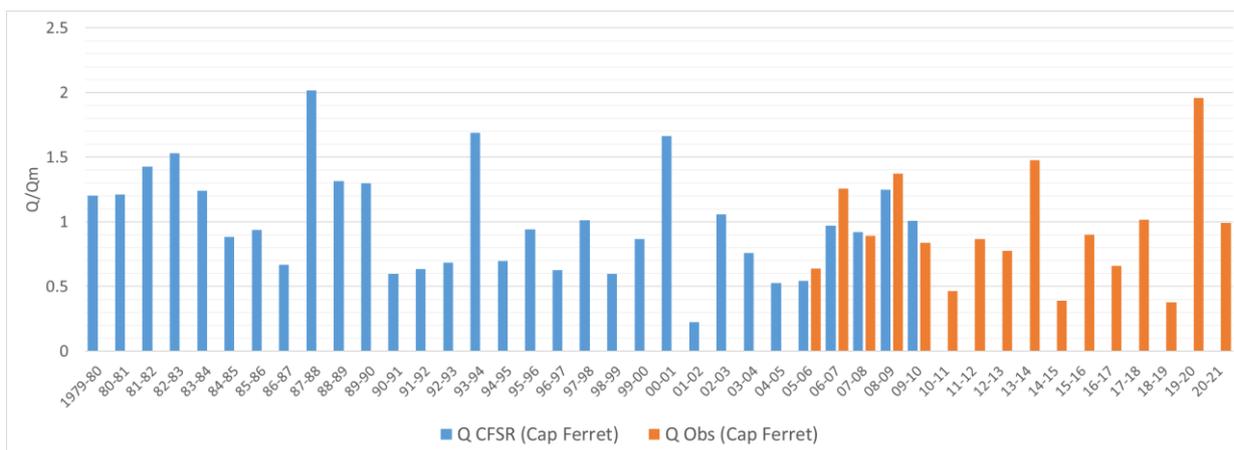


Figure 10 - Flux de sédiments potentiels hivernaux (Q) pour les vents de fortes intensités, divisés par la moyenne interannuelle des flux hivernaux ( $Q_m$ ) de chaque série de données

Rapprocher les deux séries temporelles permet de mettre en perspective le caractère exceptionnel de la saison 2019-2020, qui est classée « seconde saison hivernale la plus intense », en termes de flux sédimentaires potentiels, parmi les 40 dernières années (cf. Figure 11). L'année la plus intense pour l'ensemble de la période est la saison 1987-1988. Toutefois, c'est lors de la saison 2019-2020 que le nombre d'heures de vent de classe 5 (> 20 m/s) a été le plus important (33 heures, contre 24 heures en 1987-1988, non illustré). Ces deux années exceptionnelles, où des vents supérieurs à 20 m/s, ont été trois fois plus comptabilisés que la moyenne, sont très similaires en matière d'orientation des vents, avec des secteurs ouest et sud-ouest plus fréquents (non illustré).

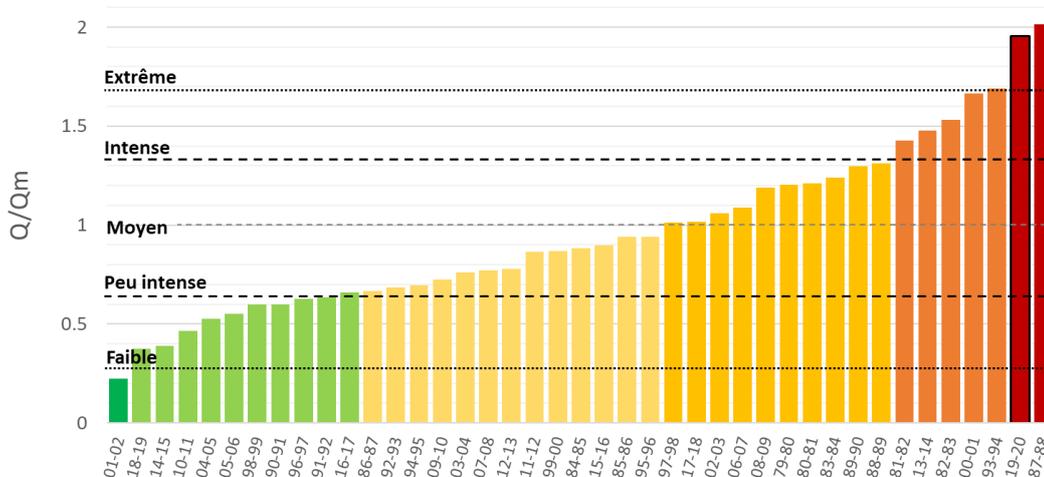


Figure 11 - Niveaux d'intensité des flux de sédiments potentiels hivernaux, classés par ordre croissant

## 6. Conclusion

Dans cette étude, les données de vent enregistrées au sémaphore du Cap Ferret ont été analysées au cours de la période 2005-2020 (lacunes inférieures à 2 semaines par an). L'analyse, qui passe par la définition de classes de vent d'intensité et de direction adaptées en fonction de l'orientation de la côte, se concentre sur l'évaluation du flux sédimentaire éolien potentiel pour des conditions de vent aux capacités de transport significatives (intensité supérieure à 5 m/s) et aux secteurs directionnels associés (ici uniquement les secteurs d'ouest par rapport à l'orientation générale de la côte).

Les flux sédimentaires éoliens potentiels cumulés en période hivernale (d'octobre à avril), pour les années 2005 à 2020, sont représentés de manière synthétique en fonction de l'intensité et de la direction de provenance des vents. L'analyse a permis de montrer la grande variabilité interannuelle des caractéristiques des flux sédimentaires potentiels. Les hivers récents 2019-2020 et 2020-2021 présentent respectivement des caractéristiques exceptionnelles et proches des conditions moyennes ; ce qui devra être analysé au regard des évolutions morphologiques des bilans sédimentaires le long du cordon dunaire.

Les conditions de vent observées ont également été comparées à des données de modèle de vent permettant une analyse rétrospective des 40 dernières années. L'analyse montre que le modèle CFSR présente des performances satisfaisantes dans la représentation des conditions de forte intensité. En comparant les valeurs de flux sédimentaires potentiels, on constate le caractère particulièrement extrême de l'hiver 2019-2020, dont l'intensité des flux est la seconde plus importante des 40 dernières années.

Ils convient désormais de croiser ces informations de synthèse, relatives à l'activité éolienne potentielle, à l'observation des caractéristiques morphologiques du cordon dunaire, des évolutions observées et des volumes de sable déplacés, afin de déterminer les liens entre les flux éoliens potentiels et l'évolution des cordons dunaires, et à terme, de constituer un indicateur intégré de mobilité dunaire.



## 7. Bibliographie

**Arya, S. P.** (1988). Introduction to Micrometeorology. Academic, San Diego, Calif., pp. 307.

**Bagnold R.A.** (1936). The movement of desert sand, Proceedings of the Royal Society of London. Series A, Mathematical and Physical Sciences, 157 pp. 594-620

**Froidefond, J. M. & Prud'homme, R.** (1991). Coastal erosion and aeolian sand transport on the Aquitaine coast, France. In Aeolian Grain Transport (pp. 147-159). Springer, Vienna.

**Laporte-Fauret Q., Castelle B., Michalet R., Marieu V., Bujan S. & Rosebery, D.** (2021). Morphological and ecological responses of a managed coastal sand dune to experimental notches. Science of The Total Environment, 782, 146813.

**Lettau K., Lettau H.H.** (1978). Experimental and micrometeorological field studies of dune migration Exploring the World's Driest Climate, University of Wisconsin-Madison, Madison, WI, pp. 110-147

**Pedrerros R., Howa H. L. & Michel D.** (1996). Application of grain size trend analysis for the determination of sediment transport pathways in intertidal areas. Marine geology, 135(1-4), 35-49.

**Saha S., Moorthi S., Pan H. L., Wu X., Wang J., Nadiga S. ... & Goldberg, M.** (2010). The NCEP climate forecast system reanalysis. Bulletin of the American Meteorological Society, 91(8), 1015-1058.



**OBSERVATOIRE DE LA CÔTE  
NOUVELLE-AQUITAINE**

*Réseau d'experts au service du littoral*



Géosciences pour une Terre durable

**brgm**

**Centre scientifique et technique**

3, avenue Claude-Guillemain  
BP 36009

45060 - Orléans Cedex 2 - France

Tél. : 02 38 64 34 34 - [www.brgm.fr](http://www.brgm.fr)

**BRGM Nouvelle-Aquitaine**

Parc Technologique Europarc  
24, Avenue Léonard de Vinci

33600 Pessac - France

Tél. : 05 57 26 52 70

### A propos de l'Observatoire de la côte de Nouvelle-Aquitaine

Véritable réseau d'experts au service du littoral, l'Observatoire de la côte de Nouvelle-Aquitaine est chargé de suivre l'érosion et la submersion sur le littoral régional. Le BRGM et l'ONF sont les porteurs techniques du projet, financé par l'Europe (FEDER), l'État, la Région Nouvelle-Aquitaine, les départements de la Gironde, des Landes, des Pyrénées-Atlantiques, le Syndicat intercommunal du bassin d'Arcachon (SIBA), le BRGM et l'ONF.

Le rôle de l'Observatoire est de mettre au service de l'ensemble des acteurs du littoral un outil scientifique et technique d'observation, d'aide à la décision et de partage de la connaissance pour la gestion et la prévention des risques côtiers.

L'Observatoire de la côte de Nouvelle-Aquitaine travaille en étroite collaboration avec le GIP Littoral et les Universités de Bordeaux (unité mixte de recherche EPOC), de Pau et des Pays de l'Adour (laboratoire SIAME) et de La Rochelle (unité mixte de recherche LIENSs), ainsi que le Centre de la mer de Biarritz (programme ERMMA), le Conservatoire du littoral et le Cerema.

L'enjeu est d'accompagner les stratégies de développement durable, de manière à prendre en compte l'évolution morphologique du littoral et les richesses de son patrimoine naturel tout en s'adaptant au changement climatique.

Les actions de l'Observatoire sont multiples : mesures, suivis, expertises, diffusion des données et information vers le grand public... [www.observatoire-cote-aquitaine.fr](http://www.observatoire-cote-aquitaine.fr)