

# Étude d'effet d'ombrage

Projet de parc éolien des Hauts de Plessala, Commune du Méne (22), France

# Introduction

L'étude d'effet d'ombrage a été effectuée par Neoen, développeur de projets d'énergies renouvelables, pour évaluer l'effet des ombres portées pour le projet de parc éolien des Hauts de Plessala, Commune du Méne (22), France. Les simulations ont été menées pour 5 éoliennes de gabarit VESTAS V126-3.6MW avec un diamètre de rotor de 126m, une hauteur de moyeu de 87m.

Le logiciel WindPRO a été utilisé pour déterminer les contours d'ombrage créé par les éoliennes ainsi que pour effectuer un calcul d'effet de papillotement. Le résultat de cette étude présente un cas réaliste aux lieux-dits étudiés dans un rayon de 1,5km autour des éoliennes.

Le rapport comprend des calendriers journaliers détaillés de la probabilité non nulle de l'occurrence des ombres portées par éolienne et une synthèse cartographique des enjeux.

# Description du Projet

## Site du projet

Le site se situe à environ 9 km au nord-ouest de la commune du Méne dans les Côtes-d'Armor (22), France. L'étude prend en compte la topographie de la région qui est vallonnée et se situe sur le massif de hautes terres avec une crête atteignant plus de 300 m d'altitude. Le terrain se compose principalement de parcelles agricoles et de champs séparés de haies avec des cours d'eau et boisements ponctuels.

Le projet comprend 5 éoliennes en 2 regroupements parallèles comme illustrés à la Figure 1, les éoliennes E1 et E2 sont en formation linéaire au sud-ouest des éoliennes E3, E4 et E5. Le modèle de machine utilisé pour la simulation s'agit de gabarit VESTAS V126-3.6MW avec un diamètre de rotor de 126m, une hauteur de moyeu de 87m et une hauteur sommitale de 150m en bout de pale.



Figure 1 Photo aérienne du site et emplacement des éoliennes

Les emplacements des éoliennes sont renseignés dans le tableau ci-dessous :

Tableau 1 Coordonnées des éoliennes à l'étude [Lambert 93]

Éolienne	Altitude (m)	Longitude	Latitude
<b>E1</b>	227	282 230,96	6 816 415,89
<b>E2</b>	236	282 427,3	6 816 237,0
<b>E3</b>	237	283 671,92	6 817 479,83
<b>E4</b>	243	283 991,59	6 817 151,74
<b>E5</b>	265	284 232,40	6 816 892,58

## **Modélisation du terrain**

Les données altimétriques utilisées sont intégrées au logiciel. Le relief est défini d'après le modèle d'élévation de NASA à partir des données NASA-DEM.

La prise en compte du relief permet de prendre en compte les situations impliquant le masquage du soleil par la topographie au niveau d'un récepteur. Un calcul de ZVI (Zone Visuellement Impactée) a été effectué préalablement afin d'exclure les éoliennes non visibles. Par ailleurs, les zones boisées d'une hauteur de 15m autour du site sont prises en compte et utilisées comme obstacles dans le calcul. Cependant les haies, arbres isolés ou autres structures végétalisées linéaires ne sont pas pris en compte, car ils représentent des obstacles plus aléatoires et variables dans le temps. Cette hypothèse reste conservatrice.

# Détermination des contours d'ombrage

## Méthodologie et paramètres généraux considérés

### Méthodologie

WindPRO a été utilisé afin de calculer les contours de cumul annuel et cumul maximum journalier d'ombres portées selon les paramètres listés ci-dessous :

- La durée pendant laquelle un récepteur est exposé à un ensoleillement constant lorsque l'éolienne est en rotation ne doit pas excéder 30 minutes par jour et 30 heures par an dans un rayon de 250m de chaque éolienne, selon les recommandations. Dans le cas présent aucune habitation ne se trouve dans ce rayon et le potentiel effet a été étudié aux coordonnées d'une habitation représentative par lieu-dit se trouvant dans un rayon de 1,5km autour des éoliennes.
- L'ombre portée est considérée comme négligeable quand le soleil fait un angle avec l'horizon inférieur à 3°
- La distance limite à partir de laquelle il n'y a plus de probabilité d'ombre portée est déterminée par le module de calcul des ombres portées.

### Probabilité d'ensoleillement et statistique de vent

Les **données d'ensoleillement** à la station météo de Rennes (35) en 2020 ont été utilisées pour le calcul des calendriers d'effet d'ombres portées cumulé. La probabilité d'ensoleillement en moyenne d'heures de soleil par jour est affichée pour tous les mois de l'année 2020 dans le tableau 2.

Un an complet de **mesure de vent** est nécessaire pour permettre d'estimer les heures d'opérations des éoliennes sur site. Le mât de mesure des vents qui mesure le gisement à l'emplacement du projet a été installé en mars 2021 donc nous ne disposons pas d'un an complet de données. Les données Merra2 de Lamballe (22) ont donc été utilisées pour estimer la distribution du vent par secteur sur site. À partir de ce jeu de données, de la modélisation du site et de la courbe de puissance des éoliennes à l'étude (soit les VESTAS V126 3.6MW), le nombre d'heures de fonctionnement des éoliennes par secteur a été estimé.

Tableau 2 Nombres d'heures moyennes d'ensoleillement par mois à la station météo de Rennes (35).

Jan.	Fev.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Aout	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.
2,25	3,35	4,26	5,88	6,62	7,25	7,55	7,11	5,89	4,21	2,80	2,09

Tableau 3 Heures/an de fonctionnement (par secteur) des éoliennes à l'étude à partir des données de vent Merra2 de Lamballe (22).

N	NNE	ENE	E	ESE	SSE	S	SSO	OSO	O	ONO	NNO	Somme
631	684	733	472	355	411	621	1 041	1 093	942	864	737	8 586

## Scénario considéré

Le scénario détaillé dans ce rapport présente un « cas réaliste ». Ce scénario prend en compte la probabilité d'ensoleillement mensuelle intégrant aussi le fait que le rotor n'est pas en rotation 100% du temps, et que l'orientation du rotor varie en fonction de l'orientation du vent.

Selon l'arrêté du 26 août 2011 relatif aux installations soumises à autorisation au titre des ICPE, la limite acceptable de l'ombre portée sur les bâtiments à usage de bureau situés à moins de 250m d'une éolienne ne doit pas excéder dans le cas réaliste, l'ombre portée générée par le parc éolien ne peut excéder 30 heures par an et 30 minutes par jour.

## Récepteurs

Une liste de **40 récepteurs** a été compilée, correspondant à des habitations existantes. Les bâtiments susceptibles de subir l'effet de papillotement ont été modélisés comme des « récepteurs d'ombre » et définis comme dans le Tableau 4 :

Tableau 4 Définition des récepteurs

Surface	1x1m
Orientation	Fenêtre omnidirectionnelle
Inclinaison	90° (surface verticale)
Hauteur du récepteur	2m correspondant à la hauteur du regard

Les coordonnées des récepteurs sont fournies dans Tableau 7.

## Présentation des résultats

La carte ci-dessous (Figure 2) montre les durées maximales d'ombres portées pour un « cas réaliste ». Ce calcul prend en compte la probabilité d'ensoleillement, la variation de la direction de vent et la disponibilité des éoliennes. La carte présente donc un résultat de durée probable maximale avec des contours h/an et une carte topographique en min/jour. Les récepteurs à l'intérieur d'un contour sont susceptibles de recevoir un effet de papillotement en h/an indiqué par la légende et la couleur topographique indique l'effet d'ombrage maximal journalier. Le bilan des récepteurs concernés par les cumuls d'effet de papillotement journalier et annuel est renseigné ci-dessous :

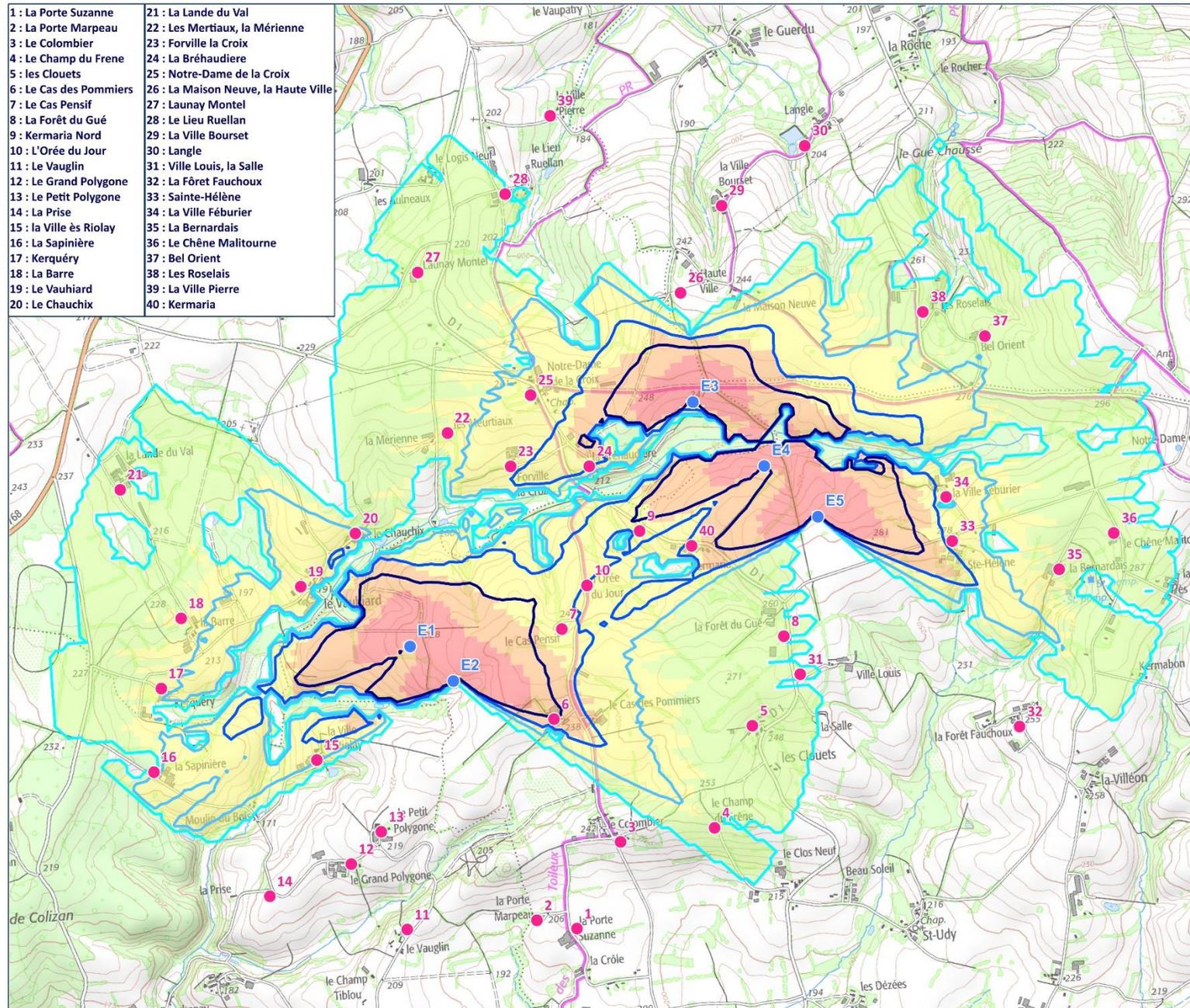
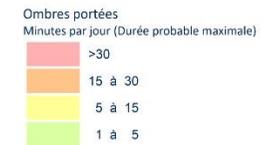
Ombres portées (h/an)	Nombres de récepteurs concernés
>30	0
15 à 30	6
5 à 15	7
1 à 5	13
0	14

Ombres portées (min/jour)	Nombres de récepteurs concernés
>30	0
15 à 30	1
5 à 15	16
1 à 5	11
0 à 1	12

## Diagnostic éolien Commune de le Mené (22)

### Ombres portées

- Implantation
- Récepteurs



*Figure 2 Cartographie mettant en évidence les contours d'ombres portées h/an en "cas réaliste".*

# Calculs de cumul d'effet de papillotement

## Méthodologie

Le logiciel WindPRO a été utilisé pour calculer les calendriers détaillés de l'occurrence d'ombre portée et les cumuls d'effets de papillotement journaliers au niveau de chaque récepteur. Ces calendriers seront utilisés pour informer le calendrier de bridage du parc éolien à l'étude afin de minimiser l'effet d'ombrage aux alentours du projet.

## Résultats

Les résultats de cumul d'effet de papillotement journalier et annuel créés par le parc éolien, dans un « cas réaliste », sont présentés dans ce chapitre.

Les calendriers détaillés de l'occurrence de l'effet de papillotement au niveau de chaque récepteur et chaque éolienne sont fournis en ANNEXE.

Code récepteur	Identifiant du récepteur	X	Y	Nombre d'heures par an
A 1	la porte suzanne	-2°37'44.30"	48°18'5.81"	0 :00
B 2	la porte Marpeau	-2°37'53.65"	48°18'7.09"	0 :00
C 3	le colombier	-2°37'34.12"	48°18'19.20"	0 :00
D 4	le champ du frene	-2°37'12.18"	48°18'21.37"	3 :36
E 5	les clouets	-2°37'3.35"	48°18'37.12"	1 :05
F 6	Le cas des pommiers	-2°37'49.68"	48°18'38.14"	29 :00
G 7	le cas pensif	-2°37'47.88"	48°18'52.00"	19 :35
H 8	la forêt du gué	-2°36'56.00"	48°18'50.90"	0 :19
I 9	Kermaria Nord	-2°37'29.67"	48°19'7.13"	20 :12
J 10	L'orée du jour	-2°37'41.98"	48°18'58.76"	15 :33
K 11	Le Vauglin	-2°38'23.99"	48°18'5.67"	0 :00
L 12	le Grand Polygone	-2°38'37.02"	48°18'15.78"	0 :00
M 13	le petit Polygone	-2°38'30.02"	48°18'20.75"	0 :00
N 14	la Prise	-2°38'56.05"	48°18'10.80"	0 :00
O 15	la ville ès Riolay	-2°38'45.09"	48°18'31.80"	6 :39
P 16	la sapinière	-2°39'23.14"	48°18'29.96"	0 :00
Q 17	Kerquéry	-2°39'21.43"	48°18'42.83"	4 :29
R 18	la Barre	-2°39'16.77"	48°18'53.67"	3 :31
S 19	le Vauhiard	-2°38'48.85"	48°18'58.55"	9 :36
T 20	le Chauchix	-2°38'36.10"	48°19'6.76"	7 :42
U 21	la Lande du Val	-2°39'30.99"	48°19'13.49"	0 :46
V 22	les Mertiaux, la Mérienne	-2°38'14.55"	48°19'22.23"	3 :41
W 23	Forville la croix	-2°37'59.80"	48°19'17.11"	11 :36
X 24	la bréhaudiere	-2°37'41.44"	48°19'17.14"	18 :15
Y 25	Notre-Dame de la croix	-2°37'55.13"	48°19'28.10"	8 :11
Z 26	la maison neuve, la Haute Ville	-2°37'2.01"	48°19'43.88"	0 :00
AA 27	Launay Montel	-2°38'21.53"	48°19'47.01"	1 :10
AB 28	le Lieu Ruellan	-2°38'1.10"	48°19'59.08"	0 :00

<b>AC 29</b>	<b>la Ville Bourset</b>	-2°37'10.52"	48°19'57.32"	<b>0 :00</b>
<b>AD 30</b>	<b>Langle</b>	-2°36'51.13"	48°20'6.55"	<b>0 :00</b>
<b>AE 31</b>	<b>Ville Louis, la Salle</b>	-2°36'52.17"	48°18'45.04"	<b>0 :16</b>
<b>AF 32</b>	<b>la Foôret Fauchoux</b>	-2°36'0.91"	48°18'36.99"	<b>0 :00</b>
<b>AG 33</b>	<b>Ste-Hélène</b>	-2°36'16.67"	48°19'5.60"	<b>13 :27</b>
<b>AH 34</b>	<b>la Ville Féburier</b>	-2°36'18.05"	48°19'12.40"	<b>12 :38</b>
<b>AI 35</b>	<b>la Bernardais</b>	-2°35'51.66"	48°19'1.24"	<b>2 :02</b>
<b>AJ 36</b>	<b>le Chêne Malitourne</b>	-2°35'38.90"	48°19'6.83"	<b>0 :45</b>
<b>AK 37</b>	<b>Bel Orient</b>	-2°36'9.04"	48°19'37.20"	<b>2 :33</b>
<b>AL 38</b>	<b>les Roselais</b>	-2°36'23.49"	48°19'40.94"	<b>4 :13</b>
<b>AM 39</b>	<b>la Ville Pierre</b>	-2°37'50.60"	48°20'11.16"	<b>0 :00</b>
<b>AN 40</b>	<b>Kermaria</b>	-2°37'17.52"	48°19'4.86"	<b>17 :40</b>

Les résultats montrent que récepteur le plus impacté s'agit du « cas des pommiers » avec 29h/an de papillotement suivi de Kermaria Nord avec 20h et 12min de papillotement par an. Ces chiffres représentent la durée probable dans un cas réaliste et seront pris en compte lors de la planification de l'opération des éoliennes à l'étude.

Les périodes et plages horaires pour lesquelles l'effet d'ombrage se produit pour chacune des éoliennes sur les différents récepteurs sont illustrées sur les figures ci-dessous. Il apparaît que :

- Les effets d'ombrages apparaissent de manière ponctuelle selon la période de l'année et du jour de manière différente sur chacun des récepteurs.
- Les sites sont soit impactés par le groupement d'éoliennes E1 et E2 soit E3, E4, E5.
- Le récepteur Kermaria Nord (9) est impacté par toutes les éoliennes, mais pendant des périodes différentes dans l'année.

#### **Groupement éolien E1 et E2**

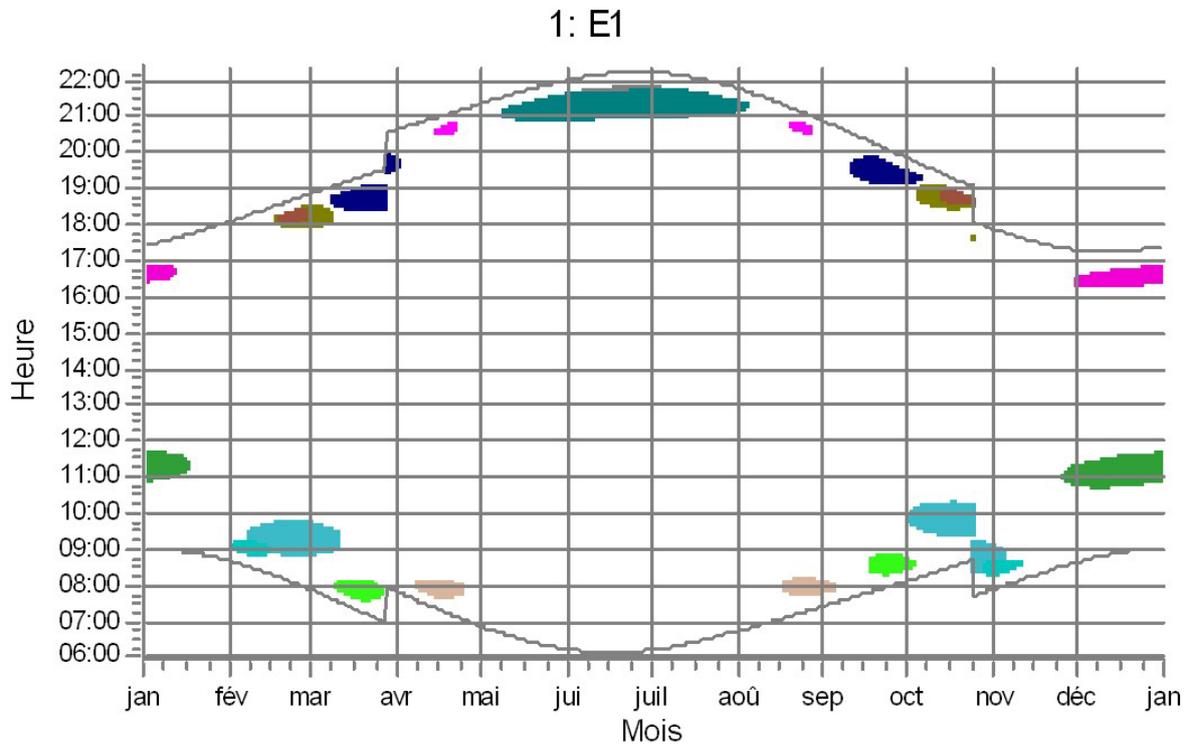
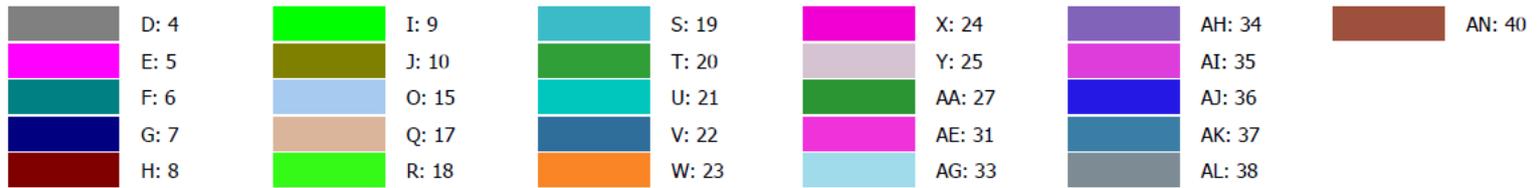
- Le récepteur au SO des éoliennes E1 est impacté principalement entre mai et août entre 6h et 8h. Le récepteur la ville ès Riolay (15) est concerné par l'effet de papillotement généré par E2.
- Les récepteurs au SE des éoliennes sont impactés principalement entre mai et août entre 20h et 22h. Le récepteur le cas des pommiers (6) est principalement concerné.
- Les récepteurs au NE des éoliennes sont impactés en période d'octobre à mi-mars en fin de journée (17h - 19h). Les récepteurs du cas pensif et de l'orée du jour (7, 10) sont principalement concernés.
- Les récepteurs à l'ouest et au NO des éoliennes sont impactés en période d'octobre à mi-mars en début de journée (8h -12h). Les récepteurs au Vauhiard et au Chauchix sont principalement concernés ainsi que les récepteurs de Kerquéry et La Barre plus à l'ouest.
- Le récepteur le cas des Pommiers qui compte le cumul d'heures d'ombrage par an le plus élevé des sites pris en compte dans l'étude en provenance des éoliennes E1 et E2.

#### **Groupement éolien E3, E4, E5**

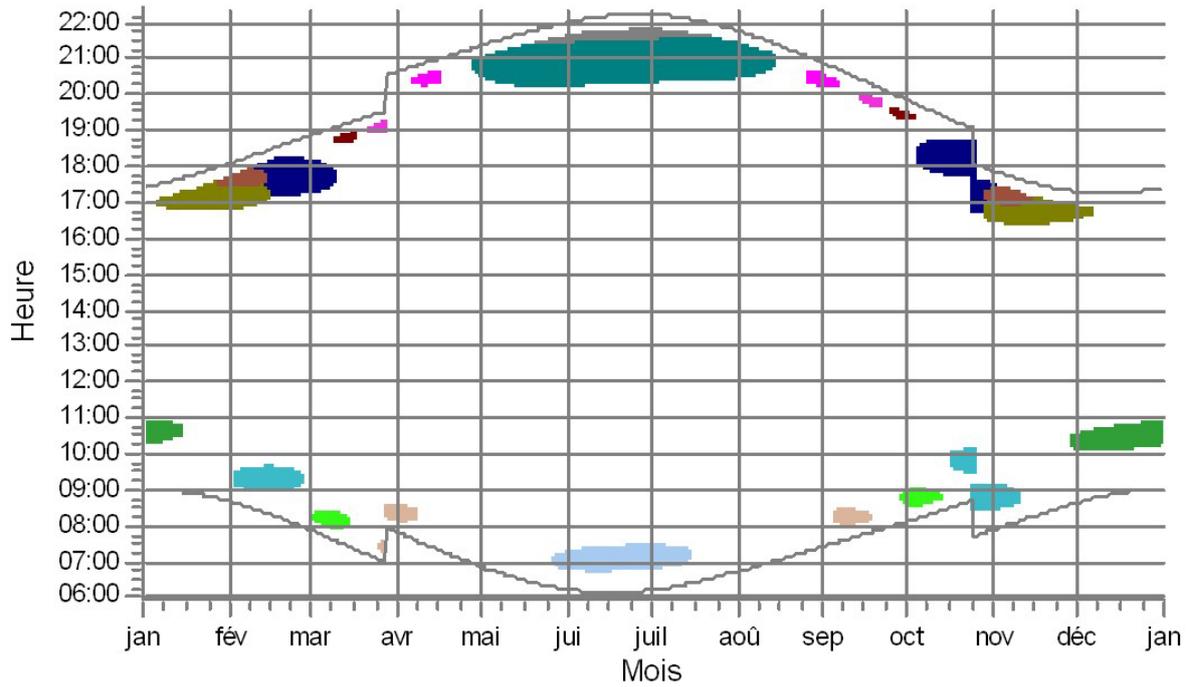
- En général ce groupement d'éoliennes crée de l'ombre majoritairement le matin et a un effet minimal entre mai et septembre pendant l'après-midi.

- Les récepteurs à l'ouest de E3 sont impactés entre les heures de 6h à 9h en été et en période printanière. Les récepteurs Kermaria, la Bréhaudiere, Forville et Kermaria Nord (40 23, 24, 9) sont principalement concernés.
- Les récepteurs à l'est sont plus proches de E5 et ressentent le plus d'ombrage pendant les mois de mars, avril, août et septembre. Les récepteurs à Ste Hélène et la Ville Féburiar sont principalement concernés.

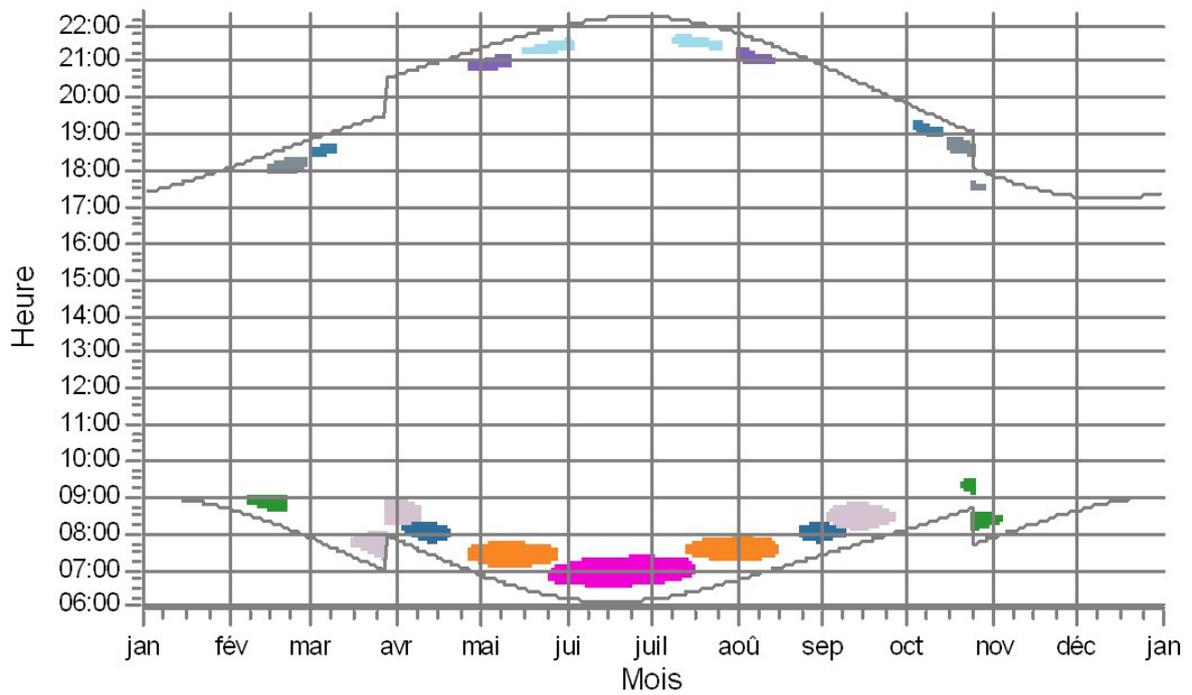
Récepteurs-d'ombre



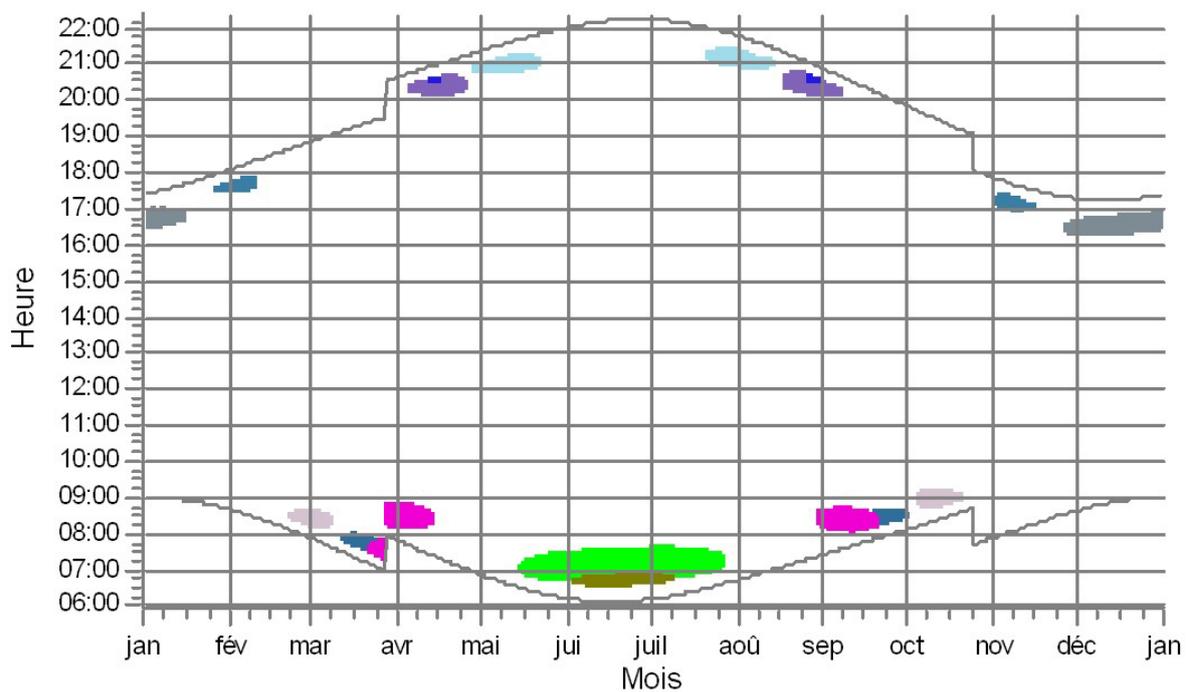
### 2: E2



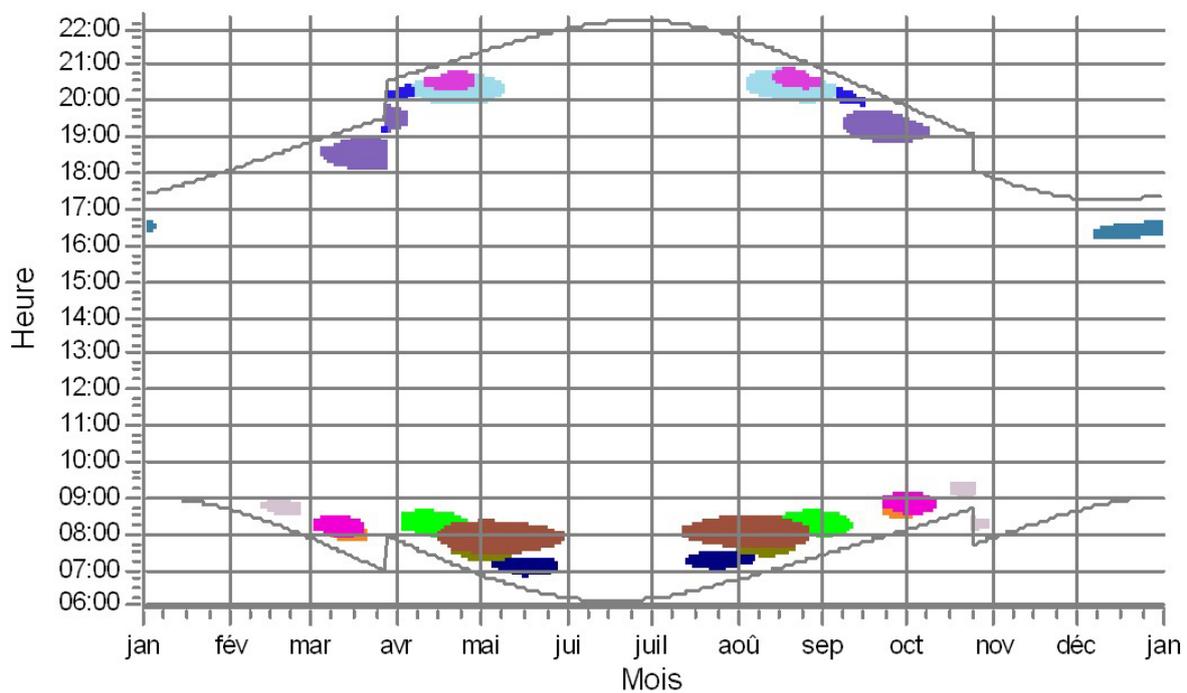
### 3: E3



#### 4: E4



#### 5: E5



## Conclusion

Ce rapport évalue l'effet de papillotement pour pouvoir déterminer le calendrier de bridage lié à cet effet pour le projet de parc éolien des Hauts de Plessala. L'étude a été réalisée pour les 5 éoliennes de hauteur de moyeu de 87m selon le « cas réaliste », mais en considérant que chaque récepteur possédait au moins une fenêtre en direction de chaque éolienne, ce qui reste une hypothèse très maximisante.

Les résultats démontrent que 5 récepteurs sont soumis à des cumuls de 15-30 heures d'ombrage annuellement. Le cas des pommiers représente le récepteur le plus impacté par les éoliennes à l'étude E1 et E2, cumulant le plus d'ombrage annuel, soumis à un maximum de 29h/an, et journalier (15-30min/jour) en période de mai à août. Les groupements d'éoliennes impactent des lieux différents et peu de lieux sont exposés à toutes les éoliennes. Le lieu-dit Kermaria Nord sera soumis à des effets d'ombrage provenant de toutes les éoliennes.

Suivant leur positionnement est ou ouest, les sites sont ombragés le soir ou le matin respectivement. L'effet d'ombrage est principalement présent lors des soirées estivales pour le groupement E1/E2. En revanche le groupement E3/E4/E5 crée un effet d'ombrage lors des matinées estivales.

Les résultats seront pris en considération lors de l'opération des machines et Neoen développera un module d'ombrage pour améliorer le confort des récepteurs impactés et particulièrement celui du cas des pommiers.