

# *Etude des ombres portées*



## ***Projet éolien de Saint-Laurs et La Chapelle-Thireuil***

*Communes de Saint-Laurs et de La Chapelle-Thireuil  
Communauté de Communes de Val de Gâtine  
Département des Deux-Sèvres (79)*

# ***MODÉLISATION DE LA PROJECTION D'OMBRE***



***Energie  
Deux-Sèvres***

32-36 rue de Bellevue  
92100 Boulogne-Billancourt  
Tél : 01 41 31 09 02  
Fax : 01 41 31 10 09

**Version consolidée - Octobre 2018**



## Auteurs de l'étude

La présente étude a été réalisée pour le compte de la société Energie Deux - Sèvres par le département environnement de wpd :

**Rédaction** : Jérémy Bouchez, responsable d'études environnementales sénior

**Vérification** : Guillaume Wendling, directeur environnement et technique



wpd S.A.S.  
32-36 rue de Bellevue  
92100 Boulogne-Billancourt

## Sommaire

INTRODUCTION .....	4
1 DESCRIPTION DU PROJET .....	5
1.1 <i>Présentation du projet éolien</i> .....	5
1.2 <i>Caractéristiques naturelles du site d'implantation</i> .....	5
1.3 <i>Données météorologiques</i> .....	5
2 METHODOLOGIE .....	6
2.1 <i>Positionnement des récepteurs d'ombre</i> .....	6
2.2 <i>Méthode de calcul de la projection d'ombre</i> .....	9
3 PRESENTATION DES RESULTATS.....	10
4 EVALUATION DES IMPACTS.....	11
4.1 <i>Réglementation en vigueur et préconisations</i> .....	11
4.2 <i>Analyse des résultats</i> .....	11
ANNEXES .....	14

## Introduction

Dans des conditions météorologiques où le ciel est dégagé et le soleil visible, l'éolienne projette une ombre sur le terrain qui l'entoure. La rotation de l'éolienne par le vent entraîne, par conséquent, la rotation de l'ombre projetée ainsi qu'une interruption périodique de la lumière du soleil. Ce phénomène est appelé **papillotement**. Certains facteurs comme les hauteurs de moyeu importantes ou le faible angle d'incidence des rayons du soleil en soirée et en hiver peuvent contribuer à intensifier ce phénomène (cf. figure 1).

Cette étude a pour objectif d'analyser la perception de cet effet par les habitations riveraines du parc afin d'évaluer l'éventuelle gêne occasionnée. La société wpd souhaite intégrer dans l'étude d'impact sur l'environnement ce type de modélisation dans le but d'informer le public et de ne pas négliger les possibles impacts de cet effet.

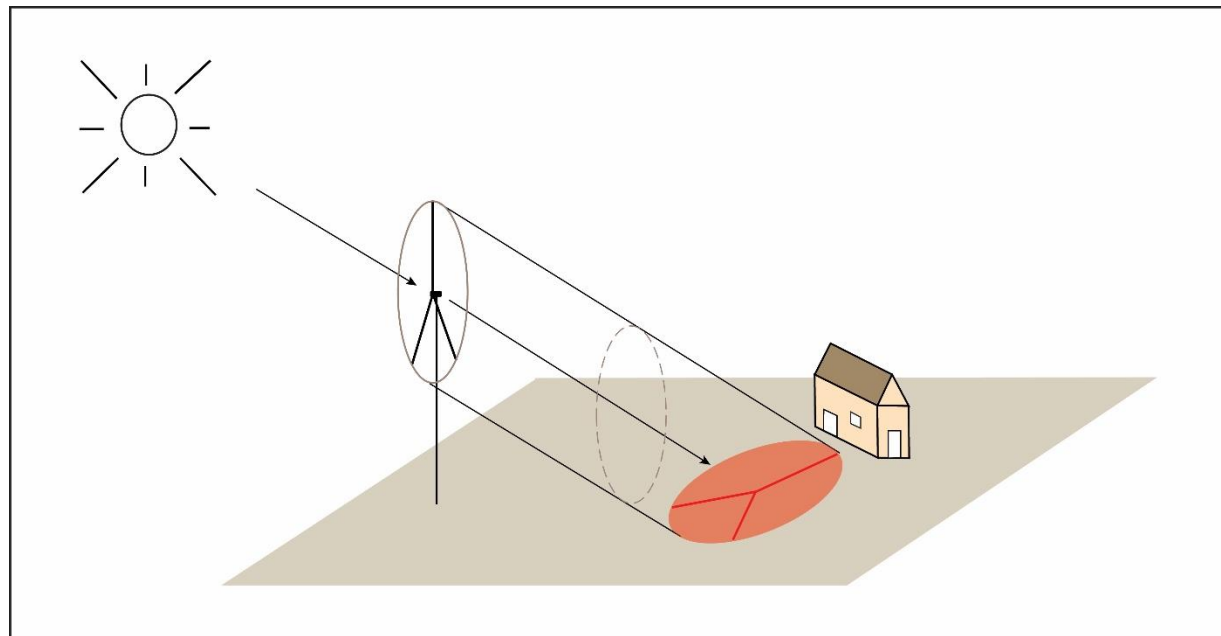


Figure 1 : Exemple d'ombre portée d'une éolienne  
Source : <http://www.windtest.de/>

Ce document a trois objectifs principaux. Tout d'abord il va permettre d'établir et de présenter la **méthodologie** choisie pour le calcul de la projection d'ombre. Il présentera ensuite les **résultats des calculs** nécessaires à l'étude d'impact du projet éolien de Saint-Laurs et La Chapelle-Thireuil. Enfin, en tenant compte des contraintes réglementaires et législatives en vigueur, une interprétation de ces résultats permettra d'appréhender les **effets engendrés** et d'évaluer au mieux la gêne potentielle.

## 1 Description du projet

### 1.1 Présentation du projet éolien

Le parc éolien concerné par cette étude se situe sur les communes de Saint-Laurs et de La Chapelle-Thireuil, dans le département des Deux-Sèvres (79).

Le projet prévoit l'implantation de 6 éoliennes de hauteur totale de 180 mètres.

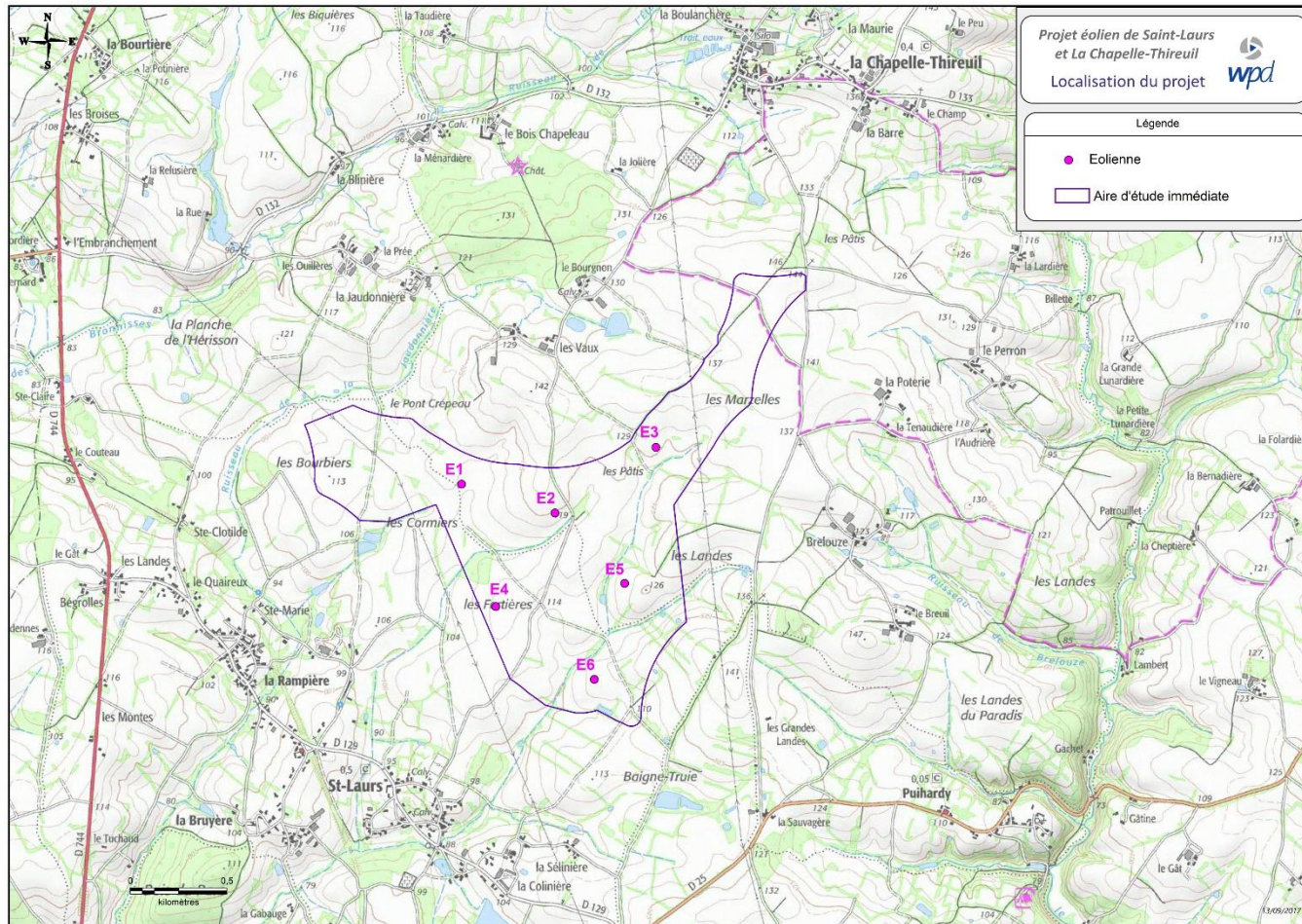


Figure 2 : Site d'implantation et projet éolien

### 1.2 Caractéristiques naturelles du site d'implantation

- **Topographie**

La topographie au sein de l'aire d'étude immédiate est peu marquée, elle varie entre 110 mètres au lieu-dit les Bourbiers et 146 mètres au nord des Marzelles. La vallée du Saumort, encaissée, à l'est de la zone d'implantation est un élément prégnant de l'aire d'étude rapprochée qui creuse ainsi le relief.

- **Rugosité**

Les éoliennes sont implantées sur des parcelles de cultures à proximité d'un ensemble bocager développé. La rugosité du site en est ainsi modifiée. Outre ces haies, on peut observer plusieurs boisements autour de l'aire d'étude immédiate.

### 1.3 Données météorologiques

- **Potentiel en vent**

Les données de vent utilisées proviennent de la station météo de La Roche-sur-Yon (85) représentative du site d'implantation et située à environ 65 km au sud-ouest. Les vents dominants viennent principalement du sud-ouest, et dans une moindre mesure du nord-est.

- **Ensoleillement**

Les données d'ensoleillement proviennent de la station météo de La Roche-sur-Yon (85) également. Il s'agit de la station la plus proche (à égale distance de celle de La Rochelle) disposant de ce type de statistiques.

## 2 Méthodologie

Le module SHADOW du logiciel WindPRO, spécialisé dans l'assistance à la planification des parcs éoliens, rend possible le calcul de la projection d'ombre d'un projet éolien. Ce logiciel permet de connaître à l'avance les caractéristiques de la projection potentielle d'ombres liées aux éoliennes en projet (date / heure / durée) sur des objets choisis par l'utilisateur (habitations, routes, etc.).

### 2.1 Positionnement des récepteurs d'ombre

Pour le calcul des ombres portées d'un projet éolien, des **récepteurs d'ombre virtuels** sont placés sur une carte et géoréférencés (coordonnées x, y et altitude z) au niveau des objets à examiner. Ces récepteurs peuvent représenter des surfaces variables comme par exemple des fenêtres, terrasses, balcons, etc. au niveau des villages les plus proches du parc éolien. La dimension, la direction ainsi que l'inclinaison des récepteurs d'ombre peuvent être modifiés librement par rapport à l'horizontale, afin de reproduire de manière la plus fidèle possible la fenêtre réelle.

Le module SHADOW calcule la **durée totale du papillotement** sur les récepteurs d'ombre (jours et heures par an, minutes maximales par jour) ainsi que les moments de projection d'ombre au cours d'une journée et d'une année.

Dans le cadre de cette étude 6 récepteurs d'ombre ont été disposés sur les points suivants :

- A – Les Vaux
- B – Brelouze
- C – Les Grandes Landes
- D – Saint-Laurs
- E – La Rampière
- F – Les Landes (RD 744)

Les récepteurs ont été placés sur les **habitations les plus proches** du site éolien, dans toutes les directions (hors bâtiments agricoles). Les récepteurs correspondent aux **façades tournées vers le site**, même si celles-ci ne possèdent pas de fenêtre dans la réalité (cas majorant). Les habitations localisées à l'est et à l'ouest des éoliennes sont davantage susceptibles d'être concernées par le phénomène de papillotement que les habitations situées au nord et au sud, car les ombres y sont plus étendues.

Il est important de noter que la végétation n'a pas été prise en compte dans le choix du positionnement des récepteurs (cas majorant). En réalité, les habitations qui entourent le site peuvent être protégées par des haies et végétations de jardin qui limiteront la perception du papillotement (voir carte et vues aériennes page suivante).



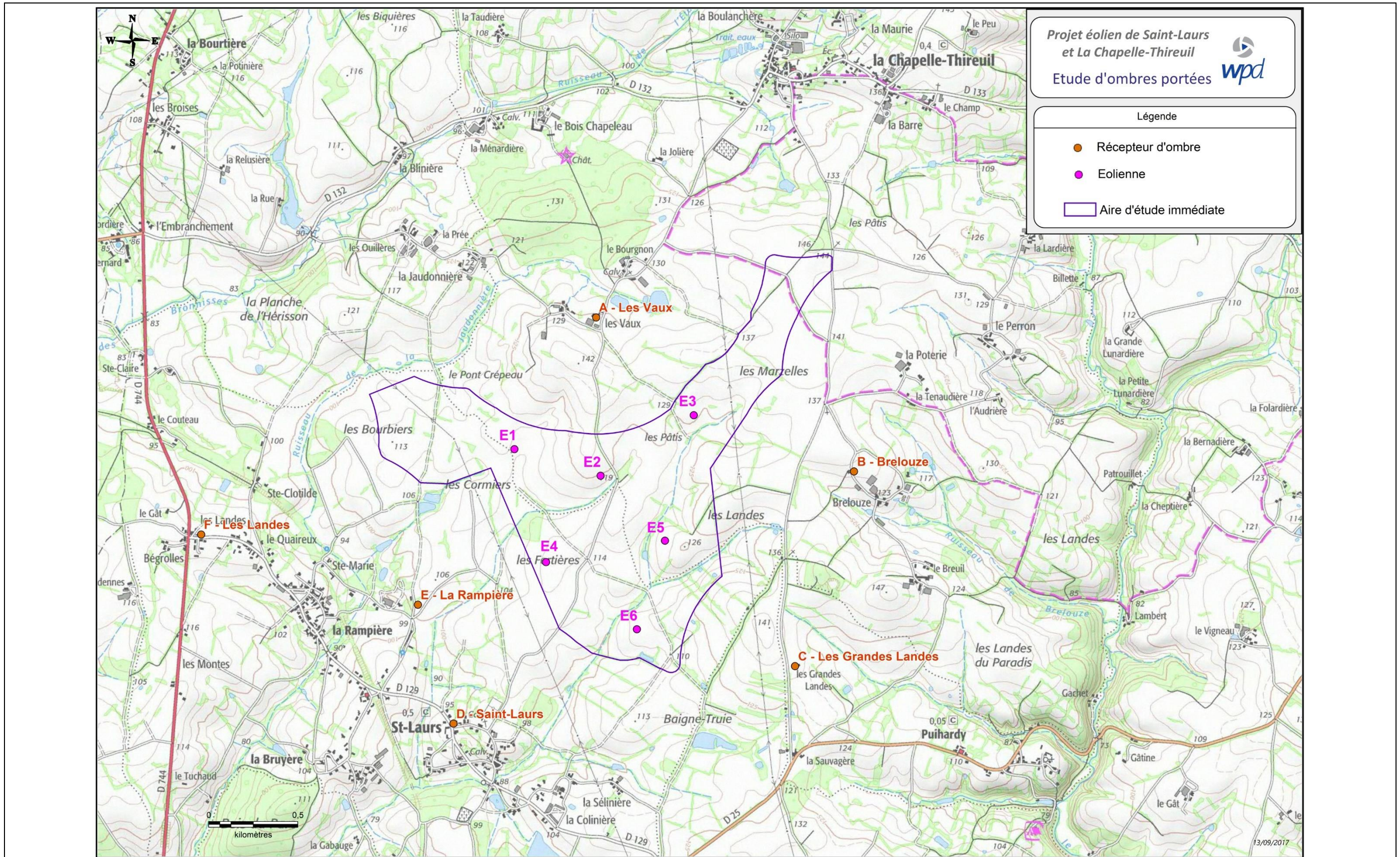


Figure 3 : Localisation des récepteurs d'ombres portées



Figure 4 : Vue aérienne des récepteurs d'ombres portées

## 2.2 Méthode de calcul de la projection d'ombre

Le guide de l'étude d'impact (version 2017) précise que « compte tenu des paramètres intervenant dans le phénomène d'ombre portée, **seule une approche statistique, prenant en compte les fractions d'ensoleillement, les caractéristiques locales du vent et du site éolien**, permet d'apprécier quantitativement la probabilité d'une perception de cet effet et d'une éventuelle gêne pour les riverains ».

- **Hypothèses de calcul**

Les calculs de projection d'ombre avec le logiciel WindPRO ont été réalisés sur la base de l'éolienne présentant le rotor le plus grand, et donc le cas majorant, dans le gabarit de 180 m en bout de pale. Il s'agit de la Enercon E141. Ainsi, sont utilisées les données suivantes :

Position des éoliennes	Implantation de 6 éoliennes (voir figure 3)
Type d'éolienne et caractéristiques	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Enercon E141</li> <li>• 109,5 m de moyeu</li> <li>• 141 m de diamètre de rotor (hauteur totale de 180 m)</li> </ul>
Position des récepteurs d'ombre	Façades orientées vers le site des habitations les plus proches, tout autour du site (voir figure 3)
Caractéristiques des récepteurs d'ombre	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Surface : 2x2 m (correspondant à une grande fenêtre ou une baie vitrée)</li> <li>• Orientation : récepteur omnidirectionnel (cas majorant)</li> <li>• Inclinaison : 90° (surface verticale)</li> <li>• Hauteur du récepteur : 1 m (cas majorant)</li> </ul>
Fuseau horaire	<ul style="list-style-type: none"> <li>• (UTC +01 :00) Paris</li> <li>• Prise en compte de l'heure d'été</li> </ul>
Obstacles	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Relief de l'aire d'étude (courbes de niveau)</li> </ul>
Données météorologiques	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Répartition de vent (rose des vents, répartition annuelle des vitesses, etc.) permettant de déterminer les moments où les éoliennes sont en fonctionnement et leur orientation</li> <li>• Ensoleillement (pourcentage journalier du temps où le soleil brille, entre le lever et le coucher du soleil)</li> </ul>

Figure 6 : Hypothèses du calcul d'ombres

Pour le calcul du cours exact du soleil, le modèle mathématique prend en compte l'inclinaison de l'axe de la terre, la rotation de la terre et l'orbite terrestre elliptique autour du soleil.

La projection d'ombre est considérée lorsque le soleil est situé à plus de 3° d'angle par rapport à l'horizon. En effet, au-dessous de cet angle, la densité de l'atmosphère rend la lumière plus diffuse et n'engendre pas d'ombre significative.

Le relief est pris en compte dans les calculs. Cependant les haies, arbres isolés ou autres structures végétalisées linéaires ne sont pas pris en compte car, en théorie, ils représentent des obstacles plus aléatoires et variables dans le temps. Le bâti n'est pas non plus pris en compte (notamment les éventuels bâtiments agricoles qui pourraient se situer entre les habitations et les éoliennes).

- **Données météorologiques**

Le tableau ci-dessous indique la probabilité d'ensoleillement mensuelle (moyenne d'heures de soleil par jour) à la station Météo France de La Roche-sur-Yon (85).

	Jan.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
Statistique d'ensoleillement mensuel (moyenne d'heures de soleil par jour)	2,44	4,18	5,08	5,78	7,18	6,52	7,88	7,89	6,36	3,88	2,90	2,10

Figure 5 : Statistiques interannuelles d'ensoleillement de la station de La Roche-sur-Yon (Source : WindPro)

Les données de vent utilisées pour le calcul de la projection d'ombre sont également issues de la station Météo France de La Roche-sur-Yon (85). La rose des vents et la répartition des vitesses de vent sont illustrées ci-dessous.

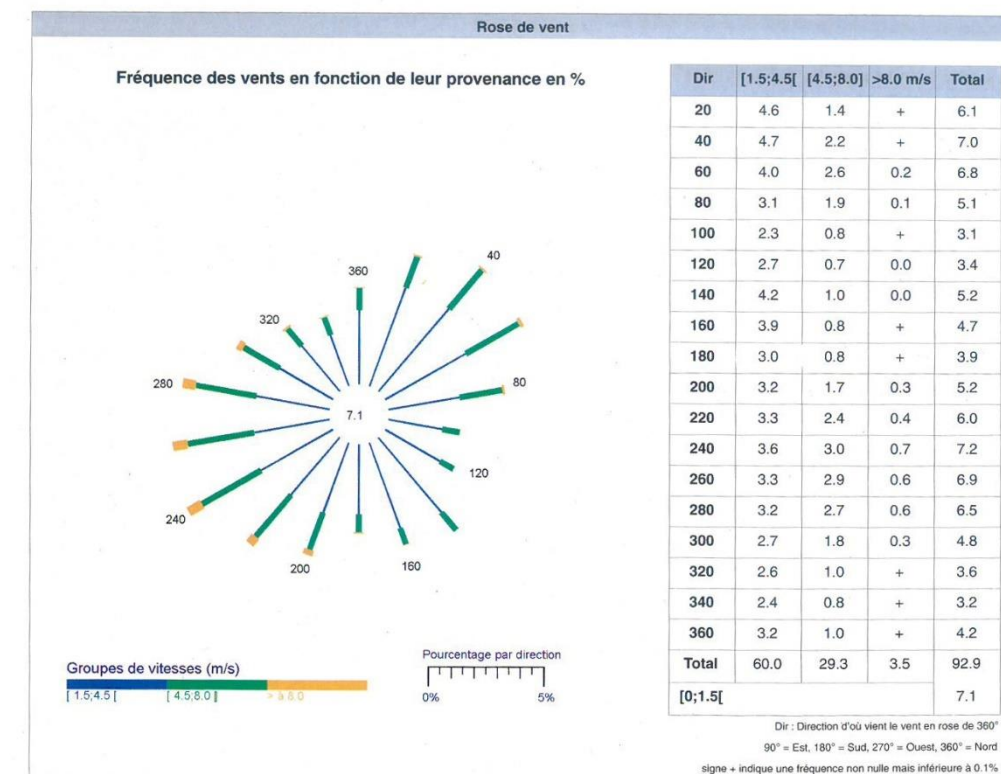


Figure 7 : Rose des vents de la station de La Roche-sur-Yon de 1991 à 2010 (source : Météo France)

Le logiciel WindPRO recense ensuite toutes les plages horaires durant lesquelles un des récepteurs d'ombre est concerné par l'ombre d'un rotor en fonctionnement, puis calcule la durée de projection d'ombre totale par jour et par an pour chacun des récepteurs et pour chacune des éoliennes.

### 3 Présentation des résultats

Pour la suite, les résultats intégrant les données météorologiques sont présentés comme « durée probable », ceux ne les intégrant pas (et donc considérant que le soleil brille toute la journée et que les éoliennes sont toujours orientées face au récepteur) sont indiqués comme « pire des cas ».

Le « **pire des cas** » représente l'hypothèse maximisante où le soleil brille en continu et est orienté de façon à générer une ombre portée avec l'éolienne en fonctionnement dont le rotor est situé perpendiculairement aux rayons du soleil.

Le cas « **durée probable** » est considéré comme plus proche de la réalité mais reste cependant supérieur à ce que la réalité présentera notamment puisque ne prenant pas en compte les passages nuageux ou phénomènes météorologiques ponctuels.

Suite à la modélisation réalisée à l'aide du module SHADOW du logiciel WindPRO, le phénomène de papillotement du parc éolien de Saint-Laurs et La Chapelle-Thireuil peut être caractérisé de la manière suivante :

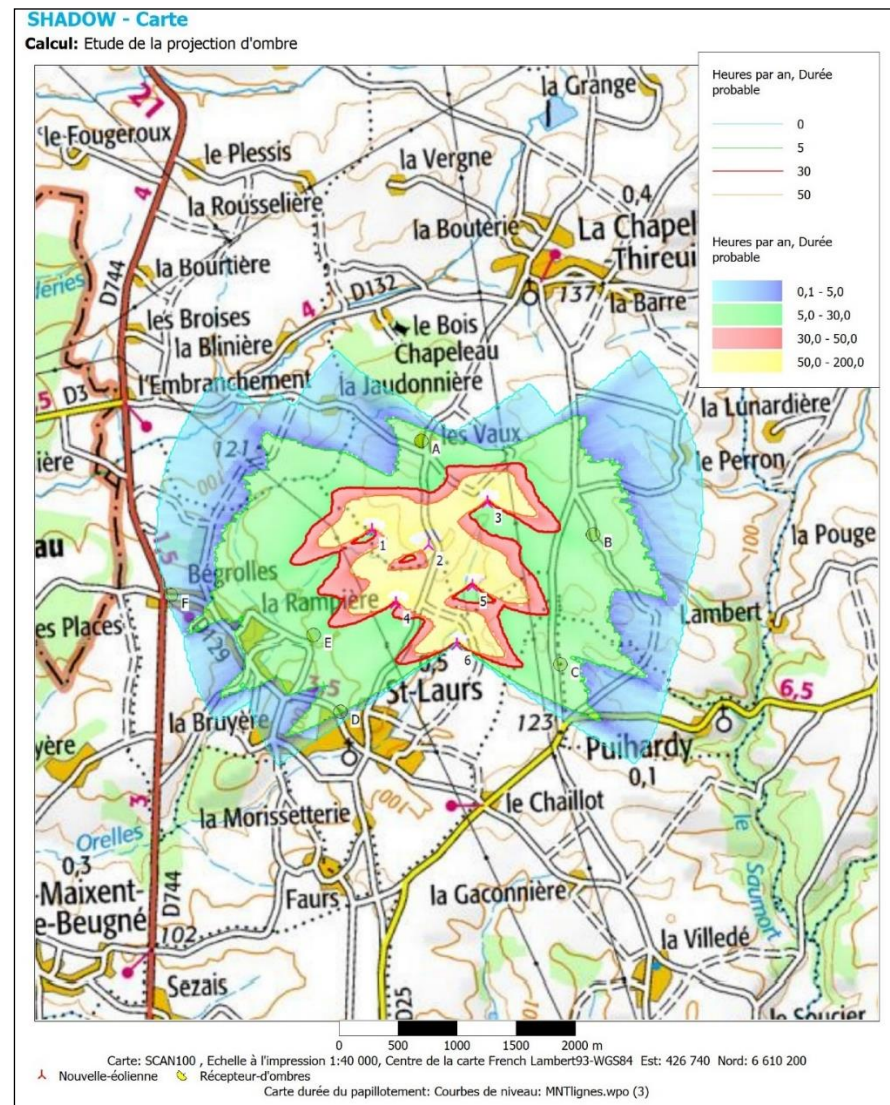


Figure 8 : Carte résultat de l'étude d'ombres

Récepteur d'ombre	Nombre d'heures maximal de papillotement par jour dans le pire des cas	Heures de papillotement par an dans le pire des cas
A - Les Vaux	0h45	60h40
B - Brelouze	0h36	59h57
C - Les Grandes Landes	0h36	28h19
D - Saint-Laurs	0h29	19h39
E - La Rampière	0h46	83h44
F - Les Landes (RD 744)	0h16	4h33

Figure 9 : Résultats du calcul de projection d'ombre (durée « pire des cas »)

Les résultats proposés mettent en évidence une grande différence entre les hypothèses de pire des cas qui correspond à l'hypothèse maximisante (figure 9) et celle de durée probable (figure 10). Cette première hypothèse se base sur les paramètres astronomiques (pas de nuage, éoliennes en fonctionnement continu et rotor perpendiculaire aux rayons du soleil) lorsque l'hypothèse de durée probable relativise le pire des cas au travers des statistiques d'ensoleillement et du fonctionnement par secteur des éoliennes.

Ainsi, les résultats de l'hypothèse « durée probable » se rapprochent des futures observations tout en maximisant les résultats car ne prenant pas en compte les passages nuageux et/ou les phénomènes météorologiques ponctuels.

Récepteur d'ombre	Heures de papillotement par an (durée probable)
A - Les Vaux	9h02
B - Brelouze	14h31
C - Les Grandes Landes	7h37
D - Saint-Laurs	5h22
E - La Rampière	23h46
F - Les Landes (RD 744)	1h23

Figure 10 : Résultats du calcul de projection d'ombre (durée probable)

D'après le calcul WindPRO, la projection d'ombre liée au parc éolien de Saint-Laurs et La Chapelle-Thireuil sera donc limitée.

Le récepteur le plus concerné par les ombres portées sur l'année est le E, localisé à La Rampière avec 23 heures et 46 minutes d'ombres attendues par an. On observe également 14 heures et 31 minutes attendues au lieu-dit Brelouze. Les Vaux, Saint-Laurs et Les Grandes Landes présentent des durées probables comprises en 5 et 10 heures par an. Enfin, Les Landes et la RD 744 ne recevront qu'environ 1h30 de papillotement par an.

Sur l'ensemble du parc, les éoliennes engendrant le plus d'ombres portées sont les éoliennes 3, 4 et 6 avec un maximum attendu en cas probable pour l'éolienne 4.

D'après les calendriers (présentés en annexe), on voit que la projection d'ombre a lieu essentiellement en début de matinée et en début de soirée. Ces périodes correspondent au lever et au coucher du soleil, il est donc bas et les ombres créées sont plus étendues.

## 4 Evaluation des impacts

### 4.1 Réglementation en vigueur et préconisations

En France, la législation impose que lorsqu'une éolienne est implantée à moins de 250 mètres d'un bâtiment à usage de bureaux, occupé en principe durant toute la journée, l'exploitant réalise une étude démontrant que l'ombre projetée de l'éolienne n'impacte pas plus de trente heures par an et une demi-heure par jour le bâtiment. Aucune réglementation ne concerne les ombres portées sur les habitations, cependant ces seuils de **30 heures par an et 30 minutes par jour** pourront être considérés pour évaluer les risques de gêne sur les riverains.

Dans le cas du projet de Saint-Laurs et La Chapelle-Thireuil, **aucun bâtiment à usage de bureau ou équivalent n'est identifié à moins de 250 mètres d'une éolienne**. Le projet n'entre donc pas dans le champ d'application de l'arrêté du 26 août 2011 en ce qui concerne la projection d'ombre par les éoliennes.

En Belgique, en l'absence de réglementation spécifique, il existe un « Cadre de référence pour l'implantation d'éoliennes en région wallonne »<sup>1</sup>. Le guide de l'étude d'impact sur l'environnement des parcs éoliens édité par le MEEDDM (actualisation 2017) mentionne ce cadre, faisant état d'un seuil de tolérance de 30 heures par an et de 30 minutes par jour calculé sur la base du nombre réel d'heures pendant lesquelles le soleil brille et pendant lesquelles l'ombre est susceptible d'être projetée sur l'habitation. Ce même document mentionne également qu'**une distance minimale de 250 mètres permet de rendre négligeable l'influence de l'ombre des éoliennes sur l'environnement humain**.

De même, au Danemark et en Suède – et même si aucune réglementation officielle n'existe – les autorités préconisent de ne pas dépasser 10 heures par an en valeurs attendues d'ombres portées sur les habitats jouxtant le parc éolien considéré (calculs prenant en compte la distribution du vent et la probabilité d'ensoleillement).

Aussi, dans le cadre de l'analyse des effets du projet sur la commodité du voisinage, le porteur de projet a souhaité réaliser une étude du phénomène de papillotement du projet éolien de Saint-Laurs et La Chapelle-Thireuil sur les habitations les plus proches et sur les axes routiers fréquentés à proximité.

### 4.2 Analyse des résultats

- **Effets des ombres portées sur les habitations riveraines**

Le territoire des communes d'implantation est pour sa plus grande partie située en dehors du périmètre atteint par les ombres portées. Seuls les hameaux à proximité du parc éolien pourront percevoir du papillotement.

La plupart des habitations concernées percevront moins de 15 h de papillotement par an, soit une durée très réduite. Les habitations de « La Rampière » et de « Brelouze » recevront quant à elles un papillotement annuel plus élevé, respectivement d'environ 24h et 15h. Ces données restent inférieures au seuil de recommandation avec moins de 30 heures par an.

Il est à noter que ce phénomène restera ponctuel. Si l'on prend l'exemple de « La Rampière », le papillotement sera perçu le matin, courant septembre, de début novembre à début février ainsi que de mi-mars à mi-avril. La durée

<sup>1</sup> <http://dgo4.spw.wallonie.be/DGATLP/DGATLP/Pages/DAU/Dwnld/NoteEolienne.pdf>

maximum journalière (pire des cas) n'excèdera pas 46 minutes (le 17 juillet de 7h08 à 7h54 par exemple). Ce sont les éoliennes E4 et E5 qui contribuent à ces papillotements, en raison de leur situation à l'est du hameau. Les durées journalières indiquées le sont pour un « pire des cas » en cas d'exposition au soleil constante.

Récepteur recevant de l'ombre	Orientation des façades pouvant recevoir de l'ombre	Conditions dans lesquelles le phénomène pourra être perçu	
		Période de l'année	Heures de la journée
B - Brelouze	Ouest	Par phase de l'année, sur toute l'année	Fin de journée (à partir de 16h30)
E – La Rampière	Est / Nord-Est	De mi-mars à début avril- puis de mai à fin septembre	Début de journée (7h à 8h30)

Figure 11 : Caractéristiques des ombres perçues



Figure 12 : Vue aérienne de la végétation autour des récepteurs d'ombre

Si l'on considère la durée d'exposition journalière des habitations à la projection d'ombre, on voit que le calcul dans le pire des cas (ciel toujours dégagé, soleil brillant toute la journée, éoliennes toujours en fonctionnement standard et absence totale de masques végétaux ou bâtis) indique des durées supérieures à une demi-heure par jour. En raison de l'absence de données précises au jour près, ce calcul théorique ne représente pas la durée d'exposition réelle, qui sera donc **largement inférieure aux seuils recommandés**.

**Précisons que la végétation en fond de jardin n'est pas prise en compte dans la présente étude et permet d'atténuer leur possible gêne sur les riverains.** La figure 12, ci-contre, permet d'avoir un aperçu de la végétation située autour des habitations susceptibles de percevoir du papillotement aux points B et E.

Par ailleurs, il est important de préciser que la **faible vitesse de rotation des éoliennes modernes** (inférieure à 20 tours par minute) contribue à diminuer la gêne potentielle. En effet, l'apparition d'un réel effet stroboscopique n'apparaît qu'à partir d'une fréquence de clignotement de 2,5 Hz (ce qui correspondrait, pour une éolienne à trois pales, à une vitesse de rotation de 50 tours par minute). Les risques de crises d'épilepsie parfois évoqués en lien avec le phénomène de projection d'ombre des éoliennes sont donc strictement impossibles.

Compte tenu de l'étendue limitée des ombres portées sur les communes autour du site et de leurs durées très faibles, **l'impact du projet éolien de Saint-Laurs et La Chapelle-Thireuil sur les habitations peut être considéré comme faible à très faible (selon l'orientation des maisons et la végétation les entourant).**

- **Effets des ombres portées sur le réseau routier**

Dans l'ensemble, le réseau routier passant autour du site reste moins impacté par le papillotement que les habitations. La RD 744, route la plus empruntée du secteur, présente une certaine sensibilité vis-à-vis du papillotement au lieu-dit « Les Landes ». Cette sensibilité est à relativiser en prenant en compte les écrans végétalisés qui la bordent. Ainsi, la RD 744, au niveau de « Les Landes », n'est exposée au papillotement que sur un linéaire très court. De plus le papillotement calculé pour ce récepteur, est très faible avec 1h23 par an. Les autres voiries permettant de circuler dans l'aire d'étude immédiate peuvent présenter un enjeu vis-à-vis du papillotement. Cependant, elles restent que faiblement utilisées et bordées de végétation, ne représentant ainsi qu'une faible sensibilité.

Par ailleurs, pour se rendre compte de **l'impact réel ressenti par l'utilisateur des routes**, il faut préciser que si le papillotement peut être perçu par un observateur statique (par exemple près d'une habitation), cet effet devient rapidement non perceptible pour un observateur en mouvement (par exemple dans une voiture), comme le montre l'expérience des nombreux parcs éoliens construits à proximité d'axes fréquentés en France, en Allemagne, aux Pays-Bas ou en Belgique. En effet, le papillotement peut, à ces vitesses, être assimilé aux ombres portées des objets statiques qui bordent la route.

On peut donc conclure que même si en théorie il est possible que des papillotements puissent être perçus sur les routes, et notamment sur une courte portion de la RD 744, le conducteur ne ressentira pas plus de gêne que s'il roulait sur un parcours bordé d'arbres. **L'impact du parc éolien de Saint-Laurs et La Chapelle-Thireuil sur le réseau routier est par conséquent très faible.**

**Les résultats de l'analyse relative aux ombres portées du projet éolien de Saint-Laurs et La Chapelle-Thireuil montrent des durées d'expositions très faibles au niveau des habitations les plus proches, inférieures aux seuils recommandés. L'impact des ombres portées du parc éolien peut donc être considéré comme négligeable.**

## Annexes

Les annexes présentent le détail des différents calculs effectués à savoir :

- Le résultat principal
- La carte des projections d'ombres réelles attendues
- Les calendriers par récepteur
- Les calendriers par éolienne
- Les calendriers graphiques par récepteur
- Les calendriers graphiques par éolienne



Annexe 1  
**Résultat principal**

Le résultat principal calculé par le module SHADOW du logiciel WindPRO présente les informations suivantes :

- les paramètres utilisés pour le calcul de la projection d'ombre ;
- une carte localisant les éoliennes en projet et les récepteurs d'ombre modélisés ;
- les coordonnées géographiques (x, y, z) des éoliennes ainsi que le type de machine prévu et ses caractéristiques (dont la hauteur, le diamètre ou encore la vitesse maximale de rotation – RPM) ;
- les coordonnées géographiques (x, y, z) des récepteurs d'ombre modélisés ainsi que leurs caractéristiques (largeur, hauteur, orientation, inclinaison, etc.) ;
- un tableau de synthèse par récepteur d'ombre présentant
  - la durée de projection d'ombre **maximale** astronomiquement possible en heure / an, en jours / an et en heures / jour
  - la durée probable de papillotement par an qui prend en compte les données de vent et d'ensoleillement ;
- un tableau de synthèse présentant l'ombre causée par chaque éolienne sur les récepteurs dans le cas le plus défavorable et dans le cas probable.

Projet:  
**Etude de projection d'ombres**

Titulaire de la licence:  
**wpd AG**  
Stephanitorsbollwerk 3 (Haus LUV)  
DE-28211 Bremen  
+49 7142 77810  
Bouchez / j.bouchez@wpd.fr  
Calculé le:  
13/09/2017 08:58/3.1.617

**SHADOW - Principaux résultats**

**Calcul:** Etude de la projection d'ombre

**Hypothèses de calcul**

Distance max. de calcul des ombres:  
Distances pour lesquelles la pale masque au moins 20% du disque solaire  
Dimensions pale extraites de la fiche de l'éolienne.

Hauteur min. du soleil au-dessus de l'horizon 3 °  
Résolution du calcul en jours 1 jours  
Résolution du calcul en minutes 1 minute(s)

Probabilité d'ensoleillement S (moyenne d'heures de soleil par jour) [LA ROCHE-SUR-YO N]  
jan fév mar avr mai jui juil aoû sep oct nov déc  
2,44 4,18 5,08 5,78 7,18 6,52 7,88 7,98 6,36 3,88 2,90 2,10

Heures/an de fonctionnement  
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11  
534 613 596 447 272 298 456 412 342 455 527 631

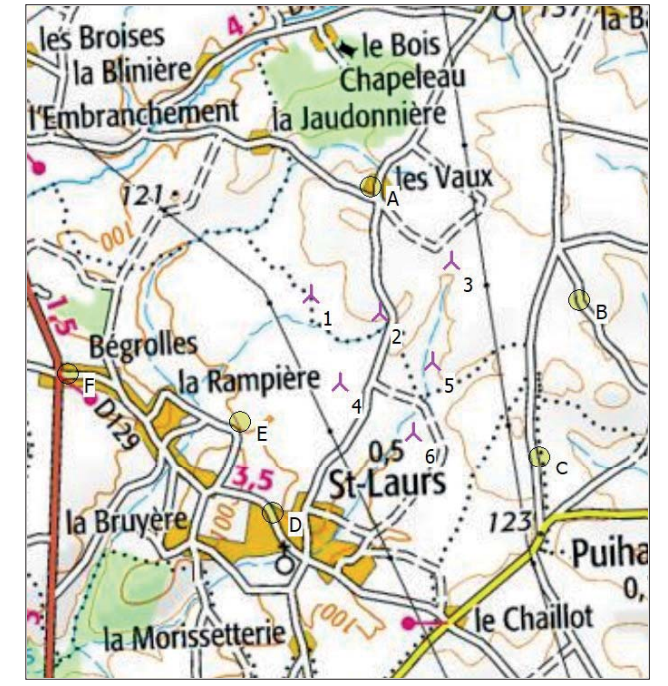
12 13 14 15 16 17 Somme  
604 569 420 315 280 368 8 139

Vit. vent démarrage: Vit. vent couplage de la courbe de puissance

Un calcul de ZVI est effectué préalablement afin d'exclure les éoliennes non visibles. Une éolienne est prise en compte dès qu'elle fait de l'ombre sur une partie de la surface d'un récepteur. Données utilisées pour le calcul ZVI:

Données altimétriques: Courbes de niveau: MNTlignes.wpo (3)  
Obstacles utilisés dans le calcul  
Hauteur du regard: 1,5 m  
Résolution: 10,0 m

Toutes les coordonnées sont  
French Lambert93-WGS84



Echelle 1:50 000  
Nouvelle-éolienne Récepteur-d'ombres

**Eoliennes**

	X	Y	Z	Description	Type d'éolienne			Puiss. nominale [kW]	Diamètre rotor [m]	Hauteur [m]	Données d'ombre	
					Valide	Fabricant	Modèle				Portée de l'ombre [m]	t/mn [t/mn]
1	426 192	6 610 420	113,2	ENERCON E-141 EP4 4200 141....	Oui	ENERCON	E-141 EP4-4 200	4 200	141,0	109,0	1 836	10,6
2	426 672	6 610 271	123,6	ENERCON E-141 EP4 4200 141....	Oui	ENERCON	E-141 EP4-4 200	4 200	141,0	109,0	1 836	10,6
3	427 193	6 610 609	126,1	ENERCON E-141 EP4 4200 141....	Oui	ENERCON	E-141 EP4-4 200	4 200	141,0	109,0	1 836	10,6
4	426 368	6 609 789	115,4	ENERCON E-141 EP4 4200 141....	Oui	ENERCON	E-141 EP4-4 200	4 200	141,0	109,0	1 836	10,6
5	427 032	6 609 908	117,1	ENERCON E-141 EP4 4200 141....	Oui	ENERCON	E-141 EP4-4 200	4 200	141,0	109,0	1 836	10,6
6	426 875	6 609 414	111,5	ENERCON E-141 EP4 4200 141....	Oui	ENERCON	E-141 EP4-4 200	4 200	141,0	109,0	1 836	10,6

**Récepteur-d'ombres-donnée(s) entrée(s)**

N°	X	Y	Z	Côté L [m]	Côté H [m]	Hauteur [m]	Deg./sud sens hor. [°]	Inclinaison récepteur [°]	Mode
A	426 648	6 611 155	125,9	2,0	2,0	1,0	0,0	90,0	Omnidirectionnel
B	428 087	6 610 295	131,9	2,0	2,0	1,0	0,0	90,0	Omnidirectionnel
C	427 758	6 609 208	131,3	2,0	2,0	1,0	0,0	90,0	Omnidirectionnel
D	425 852	6 608 887	95,7	2,0	2,0	1,0	0,0	90,0	Omnidirectionnel
E	425 653	6 609 551	100,7	2,0	2,0	1,0	0,0	90,0	Omnidirectionnel
F	424 444	6 609 943	112,2	2,0	2,0	1,0	0,0	90,0	Omnidirectionnel

**Résultats des calculs**

Récepteur-d'ombres

N°	Pire des cas			Durée probable	
	Heures de papillotement par an [h/an]	Jours d'ombre par an [jours/an]	Nb max d'heures de papillotement par jour [h/jour]	Heures de papillotement par an [h/an]	
A	60:40	92	0:45	9:02	
B	59:57	189	0:36	14:31	
C	28:19	76	0:36	7:37	
D	19:39	52	0:29	5:22	
E	83:44	153	0:46	23:46	
F	4:33	26	0:16	1:23	

Projet:

## Etude de projection d'ombres

Titulaire de la licence:

**wpd AG**  
Stephanitorsbollwerk 3 (Haus LUV)  
DE-28211 Bremen  
+49 7142 77810  
Bouchez / j.bouchez@wpd.fr  
Calculé le:  
13/09/2017 08:58/3.1.617

## Annexe 2 Carte des résultats

### SHADOW - Principaux résultats

#### Calcul: Etude de la projection d'ombre

Contribution de chaque éolienne aux durées totales

N°	Nom	Pire des cas [h/an]	Probable [h/an]
1	ENERCON E-141 EP4 4200 141.0 !-! moyeu: 109,0 m (TOT: 179,5 m) (47)	4:33	1:23
2	ENERCON E-141 EP4 4200 141.0 !-! moyeu: 109,0 m (TOT: 179,5 m) (48)	6:10	1:37
3	ENERCON E-141 EP4 4200 141.0 !-! moyeu: 109,0 m (TOT: 179,5 m) (49)	87:01	16:15
4	ENERCON E-141 EP4 4200 141.0 !-! moyeu: 109,0 m (TOT: 179,5 m) (50)	76:23	21:40
5	ENERCON E-141 EP4 4200 141.0 !-! moyeu: 109,0 m (TOT: 179,5 m) (51)	23:24	6:12
6	ENERCON E-141 EP4 4200 141.0 !-! moyeu: 109,0 m (TOT: 179,5 m) (52)	65:27	16:09

Les tables de durées des éoliennes et des récepteurs sont différentes car un récepteur peut être affecté par le papillotement de plusieurs éoliennes.

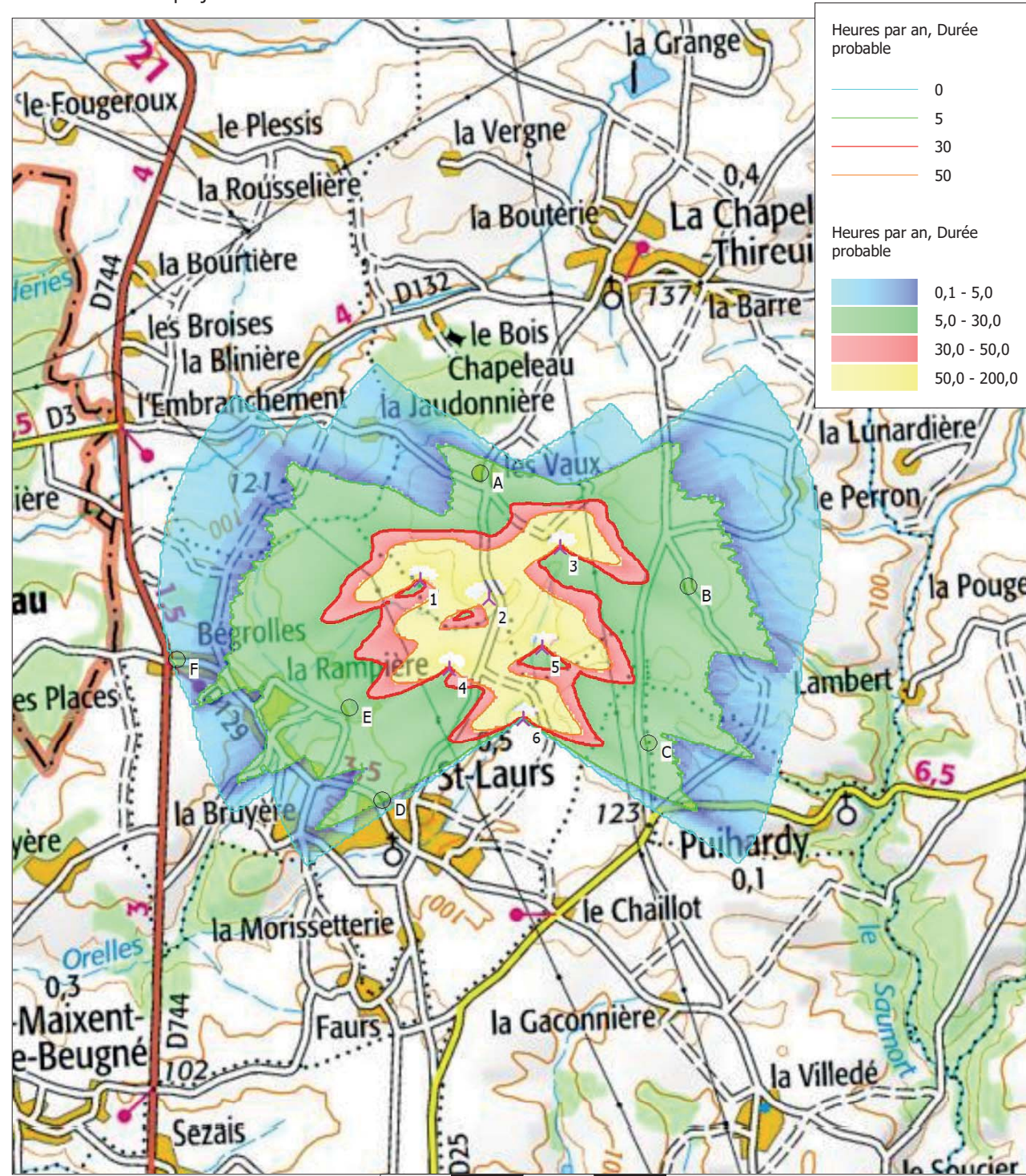
La carte produite à l'aide du module SHADOW du logiciel WindPRO représente sur fond IGN à l'échelle 25 000<sup>e</sup> :

- l'implantation des éoliennes en projet
- l'implantation des récepteurs d'ombre
- les courbes de même durée de papillotement au cours d'une année (durées probables prenant en compte les statistiques d'ensoleillement et les données de vent)

Les secteurs en bleu clair ne sont pas susceptibles d'être concernés par le phénomène de papillotement.

**SHADOW - Carte**

**Calcul:** Etude de la projection d'ombre



Pour chaque récepteur d'ombre, un calendrier est calculé et présente les informations suivantes :

- le nom du récepteur d'ombre concerné ;
- les paramètres utilisés pour le calcul de la projection d'ombre ;
- les heures de lever et de coucher du soleil pour chaque jour de l'année (en heure locale, c'est-à-dire en tenant compte des fuseaux horaires et de l'été) (1) ;
- les dates de début et de fin (2) ainsi que la durée de projection d'ombre **maximale** possible pour chaque jour de l'année (3) ;
- le numéro de l'éolienne qui projette de l'ombre sur le récepteur (4) ;
- la durée totale de la projection d'ombre maximale possible par mois ;
- les statistiques météorologiques du mois ;
- la durée probable de papillotement.

La présentation des résultats pour un mois et un récepteur donnés est la suivante :

Juillet			
1	06:12	21:56	16
2	06:13	21:56	16
3	06:14	21:55	15
4	06:14	21:55	15
5	06:15	21:55	15
6	06:16	21:55	14
7	06:16	21:54	14
8	06:17	21:54	13
9	06:18	21:53	12
10	06:19	21:53	12
11	06:19	21:52	11
12	06:20	21:52	10

Le 1<sup>er</sup> juillet, le soleil s'est levé à 6h12 et couché à 21h56. La durée maximale de papillotement est de 16 minutes, entre 6h38 et 6h54. Le papillotement est ici créé par l'éolienne 4.

Heures de jour	477
Pire des cas	196
Probabilité de soleil	0,53
Prob. de fonctionnement.	0,81
Prob. dir. vent favorable.	0,73
Probabilité globale	0,31
Durée probable du papillotement	62

Statistiques du mois de juillet (62 minutes de durée probable de papillotement en juillet sur ce récepteur)

Projet: Etude de projection d'ombres

Titulaire de la licence: wpd AG Stephanitorsbollwerk 3 (Haus LUV) DE-28211 Bremen +49 7142 77810 Bouchez / j.bouchez@wpd.fr

Projet: Etude de projection d'ombres

Titulaire de la licence: wpd AG Stephanitorsbollwerk 3 (Haus LUV) DE-28211 Bremen +49 7142 77810 Bouchez / j.bouchez@wpd.fr

SHADOW - Calendrier par récepteur

SHADOW - Calendrier par récepteur

Calcul: Etude de la projection d'ombre Récepteur-d'ombres: A - Récepteur-d'ombres: 2,0 x 2,0 Azimut: 0,0° Orientation: 90,0° (1) Probabilité d'ensoleillement S (moyenne d'heures de soleil par jour) [LA ROCHE-SUR-YO NJ]

Calcul: Etude de la projection d'ombre Récepteur-d'ombres: B - Récepteur-d'ombres: 2,0 x 2,0 Azimut: 0,0° Orientation: 90,0° (2) Probabilité d'ensoleillement S (moyenne d'heures de soleil par jour) [LA ROCHE-SUR-YO NJ]

Hypothèses de calcul jan fév mar avr mai jui juil août sep oct nov déc 2,44 4,18 5,08 5,78 7,18 6,52 7,88 7,98 6,36 3,88 2,90 2,10

Hypothèses de calcul jan fév mar avr mai jui juil août sep oct nov déc 2,44 4,18 5,08 5,78 7,18 6,52 7,88 7,98 6,36 3,88 2,90 2,10

Heures/an de fonctionnement 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 Somme 534 613 596 447 272 298 456 412 342 455 527 631 604 569 420 315 280 368 8 139 Vit. vent démarrage: Vit. vent couplage de la courbe de puissance

Heures/an de fonctionnement 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 Somme 534 613 596 447 272 298 456 412 342 455 527 631 604 569 420 315 280 368 8 139 Vit. vent démarrage: Vit. vent couplage de la courbe de puissance

Table with 12 columns (months) and 31 rows (days) showing shadow projection data for receiver A. Includes a summary row at the bottom with 'Heures de jour', 'Somme mn papillotement possible', and 'Probabilité de soleil'.

Table with 6 columns (months) and 31 rows (days) showing shadow projection data for receiver B. Includes a summary row at the bottom with 'Heures de jour', 'Somme mn papillotement possible', and 'Probabilité de soleil'.

Explication sur la disposition et la signification des données présentées dans le tableau ci-dessus

Explication de la notation: hh:mm lever du soleil, hh:mm coucher du soleil, mm d'ombre possible, hh:mm début de l'ombre, hh:mm fin de l'ombre.

Explication sur la disposition et la signification des données présentées dans le tableau ci-dessus

Explication de la notation: hh:mm lever du soleil, hh:mm coucher du soleil, mm d'ombre possible, hh:mm début de l'ombre, hh:mm fin de l'ombre.



Projet:

**Etude de projection d'ombres**

Titulaire de la licence:

**wpd AG**  
Stephanitorsbollwerk 3 (Haus LUV)  
DE-28211 Bremen  
+49 7142 77810  
Bouchez / j.bouchez@wpd.fr  
Calculé le:  
13/09/2017 08:58/3.1.617

**SHADOW - Calendrier par récepteur**

**Calcul:** Etude de la projection d'ombre **Récepteur-d'ombres: B** - Récepteur-d'ombres: 2,0 x 2,0 Azimut: 0,0° Orientation: 90,0° (2)  
Probabilité d'ensoleillement S (moyenne d'heures de soleil par jour) [LA ROCHE-SUR-YO N]  
**Hypothèses de calcul**

jan fév mar avr mai jui juil août sep oct nov déc  
2,44 4,18 5,08 5,78 7,18 6,52 7,88 7,98 6,36 3,88 2,90 2,10

Heures/an de fonctionnement  
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 Somme  
534 613 596 447 272 298 456 412 342 455 527 631 604 569 420 315 280 368 8 139  
Vit. vent démarrage: Vit. vent couplage de la courbe de puissance

Table with columns for months (juillet to décembre) and rows for each hour of the day (06:13 to 21:47). Includes a summary row for 'Heures de jour' and 'Somme mn papillotement possible'.

**Explication sur la disposition et la signification des données présentées dans le tableau ci-dessus**

Jour du mois hh:mm lever du soleil hh:mm début de l'ombre (Eolienne projetant la première ombre)  
hh:mm coucher du soleil mm d'ombre possible hh:mm fin de l'ombre (Eolienne projetant la dernière ombre)



Projet:

**Etude de projection d'ombres**

Titulaire de la licence:

**wpd AG**  
Stephanitorsbollwerk 3 (Haus LUV)  
DE-28211 Bremen  
+49 7142 77810  
Bouchez / j.bouchez@wpd.fr  
Calculé le:  
13/09/2017 08:58/3.1.617

**SHADOW - Calendrier par récepteur**

**Calcul:** Etude de la projection d'ombre **Récepteur-d'ombres: C** - Récepteur-d'ombres: 2,0 x 2,0 Azimut: 0,0° Orientation: 90,0° (3)  
Probabilité d'ensoleillement S (moyenne d'heures de soleil par jour) [LA ROCHE-SUR-YO N]  
**Hypothèses de calcul**

jan fév mar avr mai jui juil août sep oct nov déc  
2,44 4,18 5,08 5,78 7,18 6,52 7,88 7,98 6,36 3,88 2,90 2,10

Heures/an de fonctionnement  
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 Somme  
534 613 596 447 272 298 456 412 342 455 527 631 604 569 420 315 280 368 8 139  
Vit. vent démarrage: Vit. vent couplage de la courbe de puissance

Table with columns for months (janvier to juin) and rows for each hour of the day (08:47 to 18:04). Includes a summary row for 'Heures de jour' and 'Somme mn papillotement possible'.

**Explication sur la disposition et la signification des données présentées dans le tableau ci-dessus**

Jour du mois hh:mm lever du soleil hh:mm début de l'ombre (Eolienne projetant la première ombre)  
hh:mm coucher du soleil mm d'ombre possible hh:mm fin de l'ombre (Eolienne projetant la dernière ombre)



Projet:

Etude de projection d'ombres

Titulaire de la licence:

wpd AG
Stephanitorsbollwerk 3 (Haus LUV)
DE-28211 Bremen
+49 7142 77810
Bouchez / j.bouchez@wpd.fr
Calculé le:
13/09/2017 08:58/3.1.617

Projet:

Etude de projection d'ombres

Titulaire de la licence:

wpd AG
Stephanitorsbollwerk 3 (Haus LUV)
DE-28211 Bremen
+49 7142 77810
Bouchez / j.bouchez@wpd.fr
Calculé le:
13/09/2017 08:58/3.1.617

SHADOW - Calendrier par récepteur

Calcul: Etude de la projection d'ombre Récepteur-d'ombres: C - Récepteur-d'ombres: 2,0 x 2,0 Azimut: 0,0° Orientation: 90,0° (3)
Hypothèses de calcul

Probabilité d'ensoleillement S (moyenne d'heures de soleil par jour) [LA ROCHE-SUR-YO N]
jan fév mar avr mai jui juil août sep oct nov déc
2,44 4,18 5,08 5,78 7,18 6,52 7,88 7,98 6,36 3,88 2,90 2,10

Heures/an de fonctionnement

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 Somme
534 613 596 447 272 298 456 412 342 455 527 631 604 569 420 315 280 368 8 139
Vit. vent démarrage: Vit. vent couplage de la courbe de puissance

Table with 12 columns for months (juillet to décembre) and rows for time slots (06:13 to 21:36), showing sun position and shadow details.

Explication sur la disposition et la signification des données présentées dans le tableau ci-dessus

jour du mois hh:mm lever du soleil hh:mm début de l'ombre (Eolienne projetant la première ombre)
hh:mm coucher du soleil mm d'ombre possible hh:mm fin de l'ombre (Eolienne projetant la dernière ombre)

SHADOW - Calendrier par récepteur

Calcul: Etude de la projection d'ombre Récepteur-d'ombres: D - Récepteur-d'ombres: 2,0 x 2,0 Azimut: 0,0° Orientation: 90,0° (4)
Hypothèses de calcul

Probabilité d'ensoleillement S (moyenne d'heures de soleil par jour) [LA ROCHE-SUR-YO N]
jan fév mar avr mai jui juil août sep oct nov déc
2,44 4,18 5,08 5,78 7,18 6,52 7,88 7,98 6,36 3,88 2,90 2,10

Heures/an de fonctionnement

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 Somme
534 613 596 447 272 298 456 412 342 455 527 631 604 569 420 315 280 368 8 139
Vit. vent démarrage: Vit. vent couplage de la courbe de puissance

Large table with 12 columns for months (janvier to décembre) and rows for time slots (06:13 to 21:36), showing sun position and shadow details for scenario D.

Explication sur la disposition et la signification des données présentées dans le tableau ci-dessus

jour du mois hh:mm lever du soleil hh:mm début de l'ombre (Eolienne projetant la première ombre)
hh:mm coucher du soleil mm d'ombre possible hh:mm fin de l'ombre (Eolienne projetant la dernière ombre)



### SHADOW - Calendrier par récepteur

**Calcul:** Etude de la projection d'ombre Récepteur-d'ombres: 2,0 × 2,0 Azimut: 0,0° Orientation: 90,0° (5)  
**Hypothèses de calcul** Probabilité d'ensoleillement S (moyenne d'heures de soleil par jour) [LA ROCHE-SUR-YO N]

jan fév mar avr mai jui juil août sep oct nov déc  
2,44 4,18 5,08 5,78 7,18 6,52 7,88 7,98 6,36 3,88 2,90 2,10

Heures/an de fonctionnement  
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 Somme  
534 613 596 447 272 298 456 412 342 455 527 631 604 569 420 315 280 368 8 139  
Vit. vent démarrage: Vit. vent couplage de la courbe de puissance

Table with 17 columns: Janvier, Février, Mars, Avril, Mai, Juin, Juillet, Août, Septembre, Octobre, Novembre, Décembre. Rows show hourly sunrise and sunset times for each month.

#### Explication sur la disposition et la signification des données présentées dans le tableau ci-dessus

Jour du mois hh:mm lever du soleil hh:mm début de l'ombre (Eolienne projetant la première ombre)  
hh:mm coucher du soleil mm d'ombre possible hh:mm fin de l'ombre (Eolienne projetant la dernière ombre)

### SHADOW - Calendrier par récepteur

**Calcul:** Etude de la projection d'ombre Récepteur-d'ombres: 2,0 × 2,0 Azimut: 0,0° Orientation: 90,0° (5)  
**Hypothèses de calcul** Probabilité d'ensoleillement S (moyenne d'heures de soleil par jour) [LA ROCHE-SUR-YO N]

jan fév mar avr mai jui juil août sep oct nov déc  
2,44 4,18 5,08 5,78 7,18 6,52 7,88 7,98 6,36 3,88 2,90 2,10

Heures/an de fonctionnement  
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 Somme  
534 613 596 447 272 298 456 412 342 455 527 631 604 569 420 315 280 368 8 139  
Vit. vent démarrage: Vit. vent couplage de la courbe de puissance

Table with 17 columns: Janvier, Février, Mars, Avril, Mai, Juin, Juillet, Août, Septembre, Octobre, Novembre, Décembre. Rows show hourly sunrise and sunset times for each month.

#### Explication sur la disposition et la signification des données présentées dans le tableau ci-dessus

Jour du mois hh:mm lever du soleil hh:mm début de l'ombre (Eolienne projetant la première ombre)  
hh:mm coucher du soleil mm d'ombre possible hh:mm fin de l'ombre (Eolienne projetant la dernière ombre)







Projet: Etude de projection d'ombres

Titulaire de la licence: wpd AG Stephanitorsbollwerk 3 (Haus LUV) DE-28211 Bremen +49 7142 77810 Bouchez / j.bouchez@wpd.fr Calculé le: 13/09/2017 08:58/3.1.617

SHADOW - Calendrier par éolienne

Calcul: Etude de la projection d'ombre Eoliennes: 3 - ENERCON E-141 EP4 4200 141.0 !-! moyeu: 109,0 m (TOT: 179,5 m) (49) Hypothèses de calcul

Probabilité d'ensoleillement S (moyenne d'heures de soleil par jour) [LA ROCHE-SUR-YO N] jan fév mar avr mai jui juil août sep oct nov déc 2,44 4,18 5,08 5,78 7,18 6,52 7,88 7,98 6,36 3,88 2,90 2,10 Heures/an de fonctionnement 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 Somme 534 613 596 447 272 298 456 412 342 455 527 631 604 569 420 315 280 368 8 139 Vit. vent démarrage: Vit. vent couplage de la courbe de puissance

Table with 12 columns for months (janvier to décembre) and 24 rows for hours of the day (01 to 24). It shows start and end times for shadows and a final row for total hours per month.

Heures de jour 280 288 368 407 465 587 473 0

Somme mn papillotement possible 1309 95 0 199 587 0

Explication sur la disposition et la signification des données présentées dans le tableau ci-dessus

Explication des données: hh:mm lever du soleil, hh:mm début de l'ombre, hh:mm fin de l'ombre/mm d'ombre possible, hh:mm coucher du soleil, hh:mm début de l'ombre, hh:mm fin de l'ombre/mm d'ombre possible

Projet: Etude de projection d'ombres

Titulaire de la licence: wpd AG Stephanitorsbollwerk 3 (Haus LUV) DE-28211 Bremen +49 7142 77810 Bouchez / j.bouchez@wpd.fr Calculé le: 13/09/2017 08:58/3.1.617

SHADOW - Calendrier par éolienne

Calcul: Etude de la projection d'ombre Eoliennes: 3 - ENERCON E-141 EP4 4200 141.0 !-! moyeu: 109,0 m (TOT: 179,5 m) (49) Hypothèses de calcul

Probabilité d'ensoleillement S (moyenne d'heures de soleil par jour) [LA ROCHE-SUR-YO N] jan fév mar avr mai jui juil août sep oct nov déc 2,44 4,18 5,08 5,78 7,18 6,52 7,88 7,98 6,36 3,88 2,90 2,10 Heures/an de fonctionnement 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 Somme 534 613 596 447 272 298 456 412 342 455 527 631 604 569 420 315 280 368 8 139 Vit. vent démarrage: Vit. vent couplage de la courbe de puissance

Table with 12 columns for months (juillet to décembre) and 24 rows for hours of the day (01 to 24). It shows start and end times for shadows and a final row for total hours per month.

Heures de jour 478 439 378 339 284 927 1309

Somme mn papillotement possible 193 602 0 0 284 927 1309

Explication sur la disposition et la signification des données présentées dans le tableau ci-dessus

Explication des données: hh:mm lever du soleil, hh:mm début de l'ombre, hh:mm fin de l'ombre/mm d'ombre possible, hh:mm coucher du soleil, hh:mm début de l'ombre, hh:mm fin de l'ombre/mm d'ombre possible

SHADOW - Calendrier par éolienne

Calcul: Etude de la projection d'ombreEoliennes: 4 - ENERCON E-141 EP4 4200 141.0 !-! moyeu: 109,0 m (TOT: 179,5 m) (50) Hypothèses de calcul

Probabilité d'ensoleillement S (moyenne d'heures de soleil par jour) [LA ROCHE-SUR-YO N] jan fév mar avr mai jui juil août sep oct nov déc 2,44 4,18 5,08 5,78 7,18 6,52 7,88 7,98 6,36 3,88 2,90 2,10

Heures/an de fonctionnement 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 Somme 534 613 596 447 272 298 456 412 342 455 527 631 604 569 420 315 280 368 8 139 Vit. vent démarrage: Vit. vent couplage de la courbe de puissance

Table with 31 rows (Jan to Dec) and 4 columns (Jan, Fév, Mars, Avril, Mai, Juin) showing shadow start/end times and hours of operation.

Somme mn papillotement possible 0 288 81 368 0 407 8 1314 465 1269

Explication sur la disposition et la signification des données présentées dans le tableau ci-dessus. Jour du mois hh:mm lever du soleil hh:mm début de l'ombre-hh:mm fin de l'ombre/mm d'ombre possible.



SHADOW - Calendrier par éolienne

Calcul: Etude de la projection d'ombreEoliennes: 4 - ENERCON E-141 EP4 4200 141.0 !-! moyeu: 109,0 m (TOT: 179,5 m) (50) Hypothèses de calcul

Probabilité d'ensoleillement S (moyenne d'heures de soleil par jour) [LA ROCHE-SUR-YO N] jan fév mar avr mai jui juil août sep oct nov déc 2,44 4,18 5,08 5,78 7,18 6,52 7,88 7,98 6,36 3,88 2,90 2,10

Heures/an de fonctionnement 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 Somme 534 613 596 447 272 298 456 412 342 455 527 631 604 569 420 315 280 368 8 139 Vit. vent démarrage: Vit. vent couplage de la courbe de puissance

Table with 31 rows (Jul to Dec) and 4 columns (Juillet, Août, Septembre, Octobre, Novembre, Décembre) showing shadow start/end times and hours of operation.

Somme mn papillotement possible 478 1406 425 378 0 339 80 284 0 0

Explication sur la disposition et la signification des données présentées dans le tableau ci-dessus. Jour du mois hh:mm lever du soleil hh:mm début de l'ombre-hh:mm fin de l'ombre/mm d'ombre possible.







Annexe 5  
**Calendriers graphiques par récepteur**

Pour chaque récepteur d'ombre, un graphique est créé avec les jours de l'année sur l'axe des abscisses (x) et les heures de la journée sur l'axe des ordonnées (y).

Les plages horaires durant lesquelles les éoliennes produisent de l'ombre sur le récepteur sont représentées en couleur sur le graphique, avec une couleur différente par éolienne. L'heure du lever et coucher du soleil est également représentée par un trait continu.

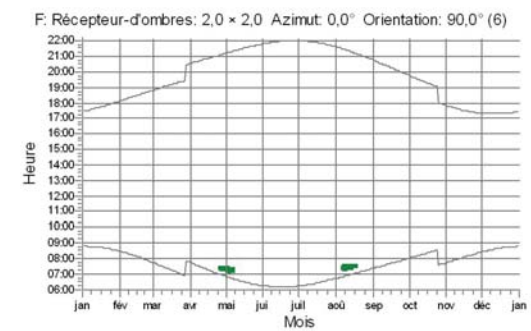
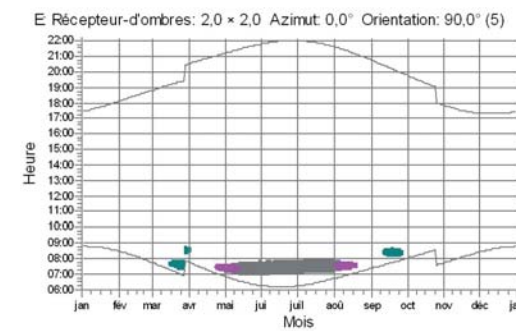
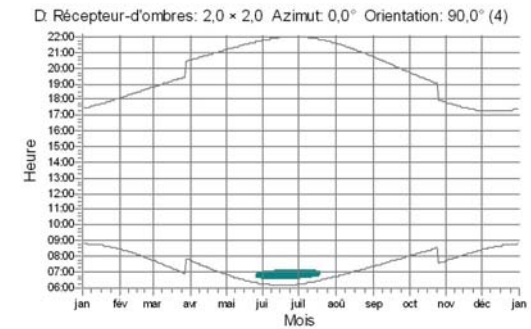
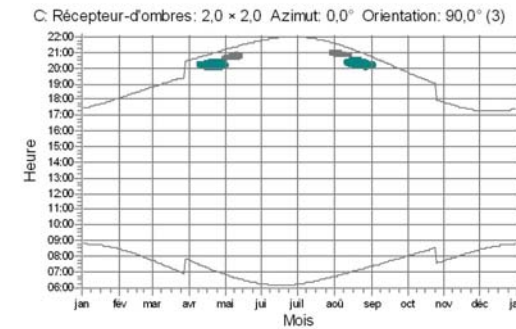
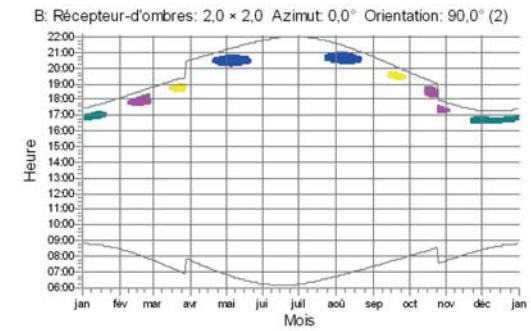
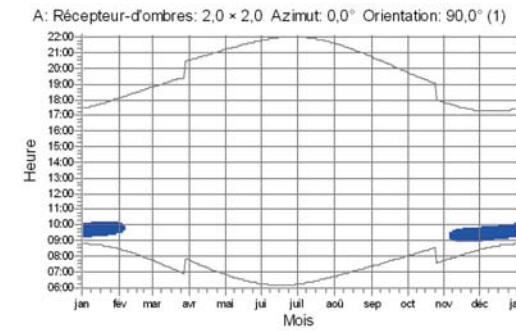
Le calendrier graphique permet de visualiser les ombres portées de chacune des éoliennes, qui apparaissent sous forme de taches plus ou moins grandes. Il est donc aisé de vérifier à quelle période de l'année et à quelle heure de la journée les projections d'ombres sont susceptibles de se produire.

Projet:  
**Etude de projection d'ombres**

Titulaire de la licence:  
**wpd AG**  
Stephanitorsbollwerk 3 (Haus LUV)  
DE-28211 Bremen  
+49 7142 77810  
Bouchez / j.bouchez@wpd.fr  
Calculé le:  
13/09/2017 08:58/3.1.617

**SHADOW - Calendrier graphique par récepteur**

**Calcul:** Etude de la projection d'ombre



**Eoliennes**

- 1: ENERCON E-141 EP4 4200 141.0 I-I moyeu: 109,0 m (TOT: 179,5 m) (47)
- 2: ENERCON E-141 EP4 4200 141.0 I-I moyeu: 109,0 m (TOT: 179,5 m) (48)
- 3: ENERCON E-141 EP4 4200 141.0 I-I moyeu: 109,0 m (TOT: 179,5 m) (49)
- 4: ENERCON E-141 EP4 4200 141.0 I-I moyeu: 109,0 m (TOT: 179,5 m) (50)
- 5: ENERCON E-141 EP4 4200 141.0 I-I moyeu: 109,0 m (TOT: 179,5 m) (51)
- 6: ENERCON E-141 EP4 4200 141.0 I-I moyeu: 109,0 m (TOT: 179,5 m) (52)

Annexe 6  
**Calendriers graphiques par éolienne**

Ce calendrier repose sur le même principe que le précédent, avec une présentation des résultats du calcul éolienne par éolienne.

Les plages horaires durant lesquelles l'éolienne concernée produit de l'ombre sur les récepteurs sont représentées en couleur sur le graphique, avec une couleur différente par récepteur.

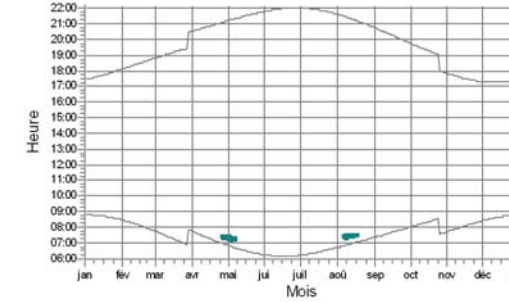
Projet:  
**Etude de projection d'ombres**

Titulaire de la licence:  
**wpd AG**  
Stephanitorsbollwerk 3 (Haus LUV)  
DE-28211 Bremen  
+49 7142 77810  
Bouchez / j.bouchez@wpd.fr  
Calculé le:  
13/09/2017 08:58/3.1.617

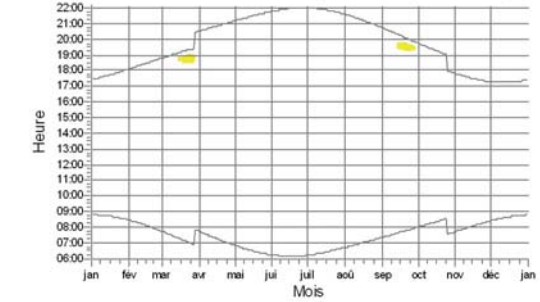
**SHADOW - Calendrier graphique par éolienne**

**Calcul:** Etude de la projection d'ombre

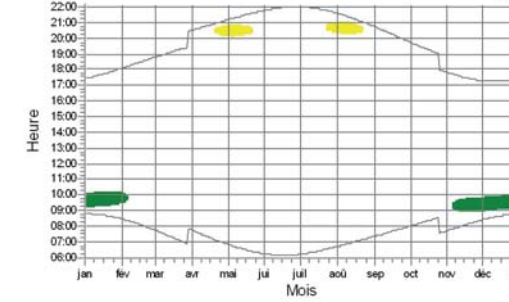
1: ENERCONE-141 EP4 4200 141.0 H-moyeu: 109,0 m (TOT: 179,5 m) (47)



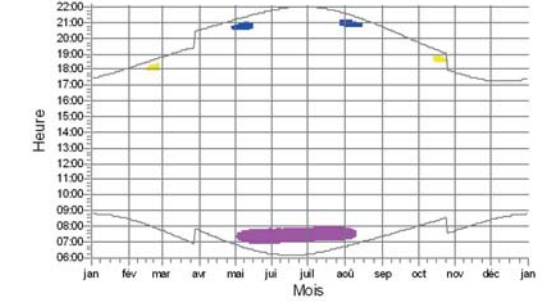
2: ENERCONE-141 EP4 4200 141.0 H-moyeu: 109,0 m (TOT: 179,5 m) (48)



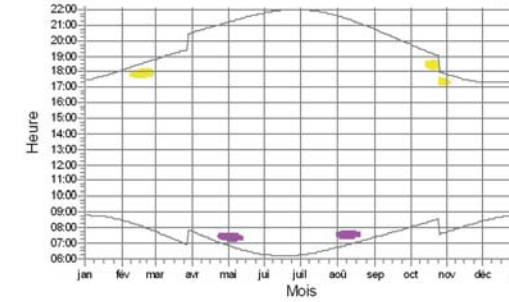
3: ENERCONE-141 EP4 4200 141.0 H-moyeu: 109,0 m (TOT: 179,5 m) (49)



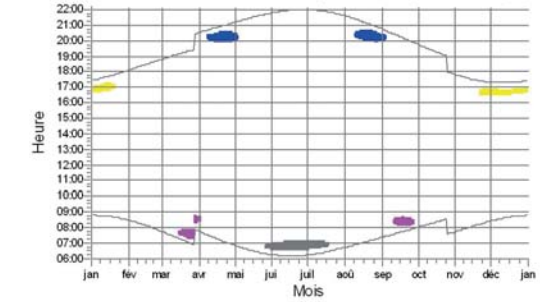
4: ENERCONE-141 EP4 4200 141.0 H-moyeu: 109,0 m (TOT: 179,5 m) (50)



5: ENERCONE-141 EP4 4200 141.0 H-moyeu: 109,0 m (TOT: 179,5 m) (51)



6: ENERCONE-141 EP4 4200 141.0 H-moyeu: 109,0 m (TOT: 179,5 m) (52)



Récepteurs-d'ombre

- A: Récepteur-d'ombres: 2,0 × 2,0 Azimut: 0,0° Orientation: 90,0° (1)
- B: Récepteur-d'ombres: 2,0 × 2,0 Azimut: 0,0° Orientation: 90,0° (2)
- C: Récepteur-d'ombres: 2,0 × 2,0 Azimut: 0,0° Orientation: 90,0° (3)
- D: Récepteur-d'ombres: 2,0 × 2,0 Azimut: 0,0° Orientation: 90,0° (4)
- E: Récepteur-d'ombres: 2,0 × 2,0 Azimut: 0,0° Orientation: 90,0° (5)
- F: Récepteur-d'ombres: 2,0 × 2,0 Azimut: 0,0° Orientation: 90,0° (6)