

*ETUDE D'OMBRAJE RELATIVE À
L'IMPLANTATION DE 5
ÉOLIENNES DANS LES
COMMUNES DE LAC DE LA
HAUTE SÛRE ET WINSELER*

OEKOSTROUM Eeschpelt – Bärel

Juin 2025

M-Tech Wallonie srl (Embridge)
Route de Hannut 55, 5004 BOUGE



Le Bureau d'études M-TECH Wallonie srl a préparé ce document pour l'usage exclusif du client et en accord avec les objectifs du contrat en vertu duquel ce travail a été effectué. Les informations contenues reprennent les constatations du Bureau d'études M-TECH Wallonie srl au moment de son intervention.

Aucune responsabilité ne peut être endossée par le Bureau d'études M-TECH Wallonie srl pour des inexactitudes dans des données fournies par d'autres parties. Les conclusions et recommandations de ce rapport sont basées sur l'hypothèse que tous les renseignements pertinents ont été fournis par les organismes auprès desquels ils ont été demandés.

Aucune autre partie ne peut utiliser ce rapport, même partiel, sans l'accord exprès du client et du Bureau d'études M-TECH Wallonie srl. Aucune autre garantie, expresse ou implicite, n'est faite quant à l'avis professionnel inclus dans ce rapport.

Suivi de la mission		
Version du document	6	
Date du document	juin 2025	
Statut du document	Final	
Distribution	X	Non classifié (diffusion ouverte en interne et externe).
		Diffusion restreinte (en accord avec le contrat).
		Confidentiel (usage interne au Donneur d'ordre).
Préparé par	Relu par	Finalisé par
Roxane Wyffels	Nicolas Jorion	Nicolas Sougnez
04/02/2025	06/02/2025	10/06/2025
Contact	Auteur : Roxane Wyffels Email : roxane@embridge.be Route de Hannut, 55 5004 Bouge Téléphone : 081/22 60 82 Mail : info@embridge.be Site web : https://www.embridge.be	

TABLE DES MATIÈRES

1.	Description du projet	5
1.1.	Description du projet	5
1.2.	Modèles d'éoliennes envisagés	7
1.3.	Localisation du projet	8
1.4.	Ombrage des éoliennes	9
2.	Méthodologie	10
2.1.	Paramétrisation de Windpro	10
2.1.1.	Le relief	10
2.1.2.	Les récepteurs d'ombrage	10
2.1.3.	L'implantation des éoliennes	12
2.1.4.	Autres parcs éoliens	13
2.2.	Calculs d'ombrage	19
2.2.1.	Introduction	19
2.2.2.	Module de contrôle	20
2.3.	Résultats des modélisations	21
2.3.1.	Modèles d'éoliennes choisis pour le projet	21
2.3.2.	Scénario maximaliste	22
2.3.3.	Scénario réaliste	30
2.3.1.	Analyse détaillée des récepteurs présentant des dépassements de seuils	32
2.3.2.	Bridage du parc éolien	44
3.	Conclusions	45
4.	Références	46
5.	Annexes	47
5.1.	Annexe 1 : Documents cartographiques	48
5.2.	Annexe 2 : Rapports des calculs d'ombrage du logiciel Windpro	49
5.3.	Annexe 3 : Fiches descriptives des récepteurs d'ombrage	50

1. DESCRIPTION DU PROJET

1.1. Description du projet

La présente mission porte sur la réalisation d'une étude d'ombrage pour le compte de la société EMCA (ci-après le Demandeur).

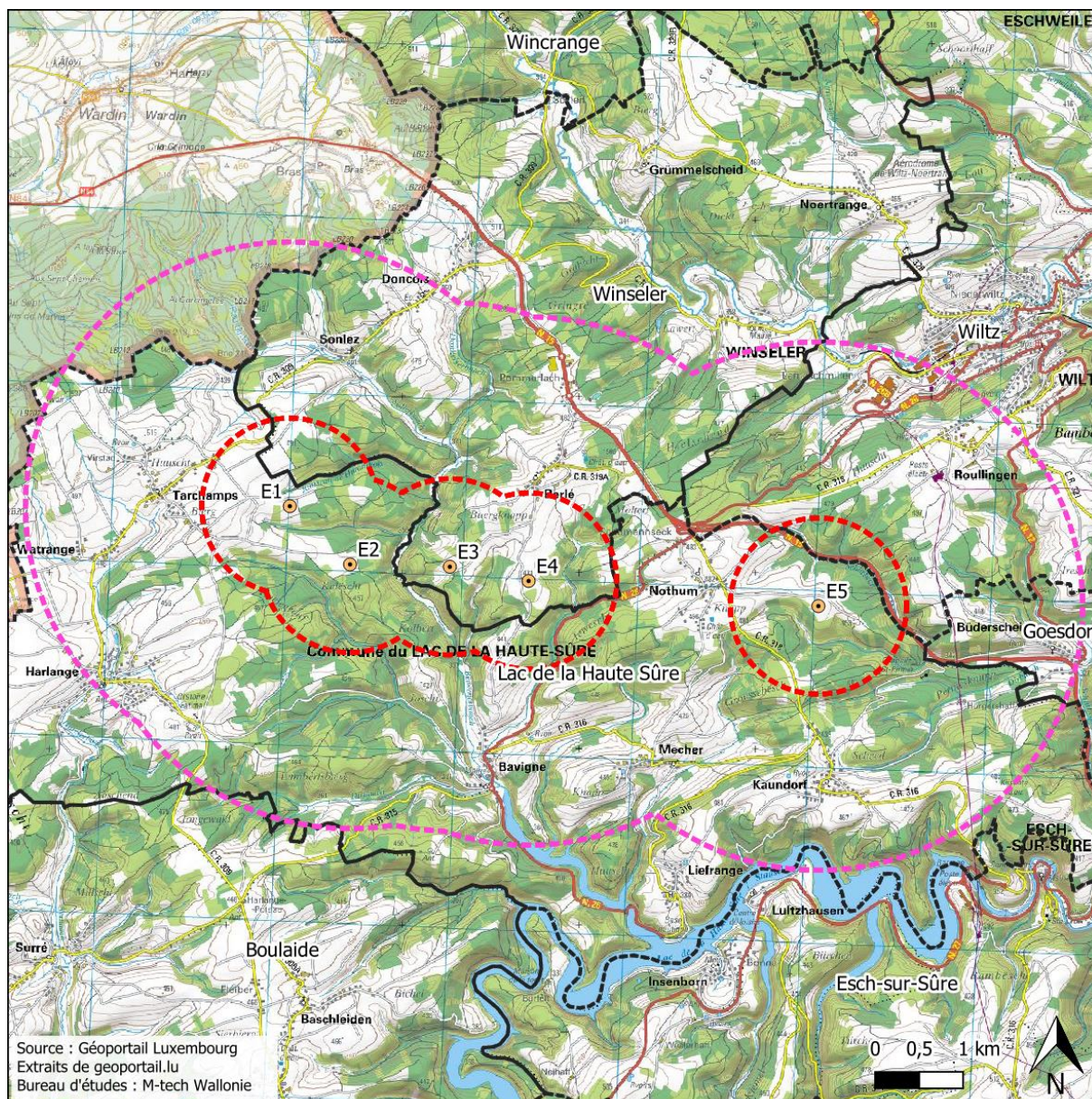
Cette étude vise l'implantation et l'exploitation de 5 éoliennes d'une hauteur maximale de 266,5 m (rotor compris) et d'une puissance unitaire maximale de 6,8 MW sur les communes de Lac de la Haute Sûre et Winseler au Grand-Duché du Luxembourg.

Les coordonnées LUREF des éoliennes sont reprises au Tableau 1.1-1.

Tableau 1.1-1. Coordonnées LUREF des éoliennes.

Éolienne	Coordonnées LUREF		Altitude par rapport au niveau de la mer
	X	Y	
E1	54720	112752	460,6 m
E2	55404	112091	436,2 m
E3	56535	112064	434,1 m
E4	57437	111911	467,9 m
E5	60749	111569	468,0 m

La situation géographique des éoliennes est présentée à la Figure 1.1-1.



Légende

- Nouvelles éoliennes
- Rayon de 1 km autour des éoliennes étudiées
- Rayon de 3 km autour des éoliennes étudiées

Figure 1.1-1. Localisation des éoliennes étudiées.

1.2. Modèles d'éoliennes envisagés

Au stade actuel du projet, le Demandeur n'a pas encore arrêté son choix définitif quant au modèle précis d'éoliennes qu'il compte installer. Différents modèles sont donc envisagés dans le cadre du projet et de la présente étude, à savoir :

- Enercon E175
- Nordex N175

Le choix final dépendra notamment de la disponibilité des modèles, de l'évolution technologique en matière d'éoliennes et des impacts acceptables de chacune d'entre elles.

Les éoliennes sélectionnées auront une puissance maximale comprise entre 6 et 6,8 MW électriques. Elles auront un rotor d'un diamètre de 175 m et un mât d'une hauteur comprise entre 162 et 179 m. La hauteur totale maximale des éoliennes (mât et pale) sera de 266,5 m.

Les caractéristiques techniques des 2 modèles étudiés dans la présente étude sont présentées au Tableau 1.2-1.

Tableau 1.2-1. Caractéristiques techniques des 2 modèles d'éoliennes choisis par le porteur du projet.

Caractéristiques	E175	N175
Puissance nominale électrique (MW)	6,0	6,8
Diamètre rotor (m)	175	175
Hauteur moyeu (m)	162	179
Hauteur total (mât et pale) (m)	249,5	266,5
Surface balayée (m ²)	24052,8	24052,8

⇒ **Note : les différents scénarios de modélisation ont été étudiés avec le modèle le plus impactant, à savoir Nordex N175, en tenant compte des autres éoliennes à proximité. Ces scénarios sont détaillés au point 2.1.4. ci-dessous.**

1.3. Localisation du projet

Le site éolien se situe dans le canton de Wiltz sur les communes de Lac de la Haute Sûre et Winseler.

Les éoliennes s'implantent sur des terrains cultivés, en zone agricole au PAG, occupation du sol secondaire dans un rayon de 1 km, après la zone forestière.

Les éoliennes sont implantées sur différents reliefs. E1 et E2 sont séparés par le cours d'eau Béiwenerbaach alors que E5 se situe sur un autre bassin versant. Les entités les plus proches sont Tarchamps, Berlé et Nothum.

L'altitude d'implantation varie globalement entre 434 et 468 m.

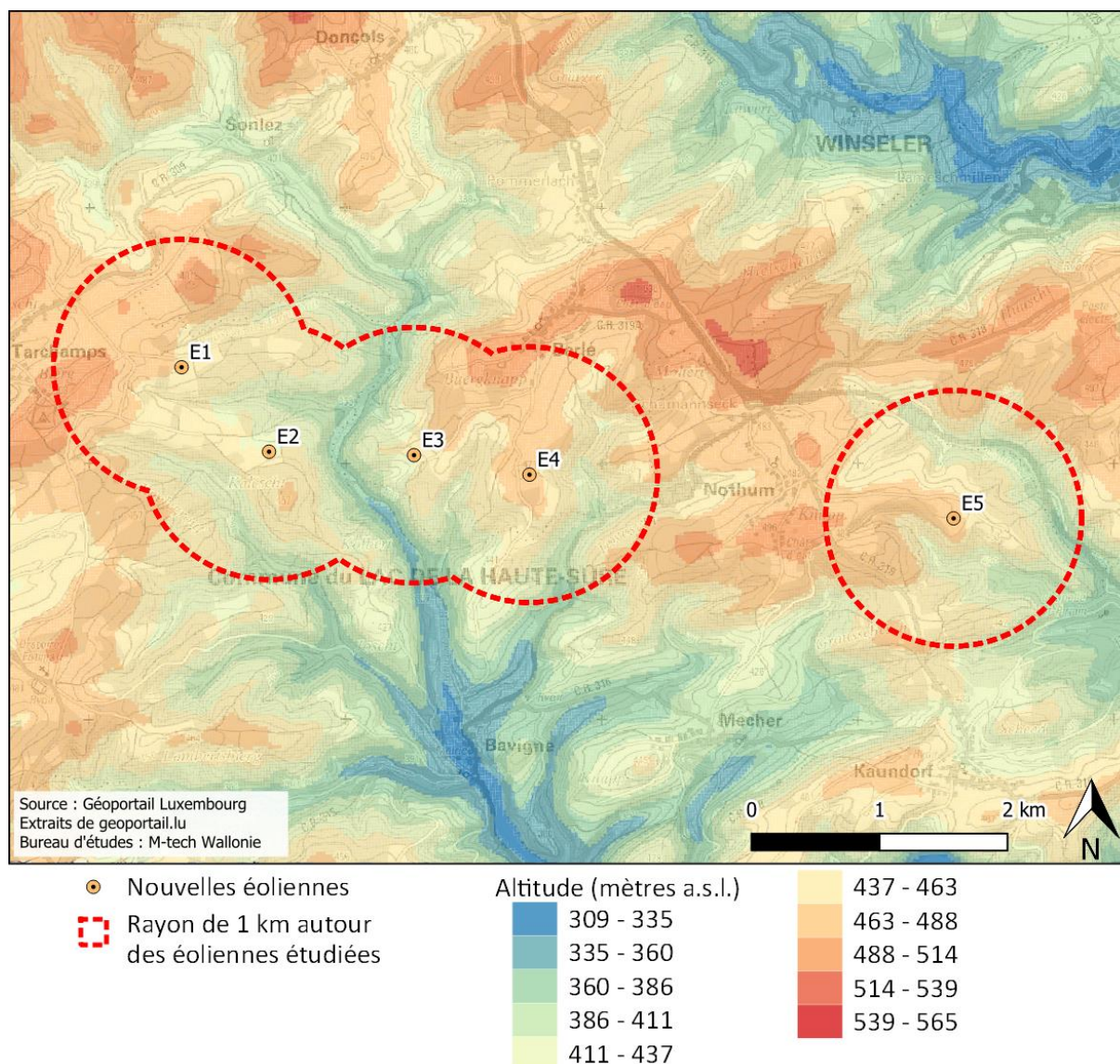


Figure 1.3-1. Modèle Numérique de Terrain de la zone d'implantation (altitude en mètres)

1.4. Ombrage des éoliennes

L'ombre portée par une éolienne ne constitue pas, à proprement parler, un effet stroboscopique, lequel correspond plutôt à un effet de crénelage temporel observable sous un éclairage intermittent. L'effet stroboscopique crée une gêne due à une suite rapide d'images qui se succèdent à une vitesse plus courte que la durée de persistance des images rétinienne (par exemple : l'effet que crée, pour un automobiliste, le soleil derrière une succession régulière d'arbres). Le risque de crises d'épilepsie causé par les éoliennes est parfois évoqué à tort. En effet, une réaction du corps humain ne peut apparaître que si la vitesse de clignotement est supérieure à 2,5 Hz, ce qui correspondrait, pour une éolienne à trois pales, à une vitesse de rotation de 50 tours par minute. Les éoliennes retenues dans cette étude tournent à une vitesse de minimum 4,3 à maximum 12,1 tours par minute et sont bien en-deçà de ces fréquences.

2. MÉTHODOLOGIE

2.1. Paramétrisation de Windpro

L'ombre portée des éoliennes a été calculée et estimée via une modélisation numérique à l'aide du logiciel Windpro v4.1, en considérant que la rotation des pales était assimilée à un disque plein, autrement dit que les périodes pendant lesquelles une alternance d'ombre/lumière est projetée en un point sous l'effet de la rotation des pales sont assimilées à des périodes d'ombre continue (hypothèse maximaliste).

Il a également été considéré l'hypothèse maximaliste suivante: une ombre apparaît dès que la hauteur du soleil est supérieure à 3° au-dessus de l'horizon.

En faisant varier la position du soleil minute par minute pendant une année complète, l'ombre portée peut dès lors être calculée, ainsi que les durées d'exposition annuelles et journalières maximales.

Le calcul des zones ombragées a été réalisé à l'aide d'une modélisation informatique, suite à l'encodage des paramètres suivants :

1. le relief ;
2. les récepteurs potentiels de l'ombrage (points d'immission) ;
3. l'implantation des éoliennes étudiées ;
4. l'implantation des éoliennes autorisées et existantes dans un rayon de 10 km.

2.1.1. Le relief

Pour le relief, les calculs se sont basés sur le MNT (Modèle Numérique de Terrain) du Luxembourg (résolution spatiale de 5 m) pour le Grand-Duché du Luxembourg ; et sur le MNT de la Wallonie pour la Belgique (également de résolution de 5 m).

2.1.2. Les récepteurs d'ombrage

Le bureau d'étude M-TECH WALLONIE a sélectionné 28 récepteurs afin de couvrir les différentes zones habitées et maisons isolées qui se localisent dans le rayon maximaliste de projection des ombres. Pour cela, le modèle d'éolienne possédant l'ombre projetée la plus grande a été choisie dans la modélisation. Il s'agit du modèle Nordex N175. En effet, la configuration de cette éolienne (rapport entre le diamètre de son rotor, la hauteur de son mât, sa hauteur totale et l'épaisseur de ses pales) lui confère une projection d'ombre qui, en superficie territoriale concernée, est la plus grande des modèles étudiés.

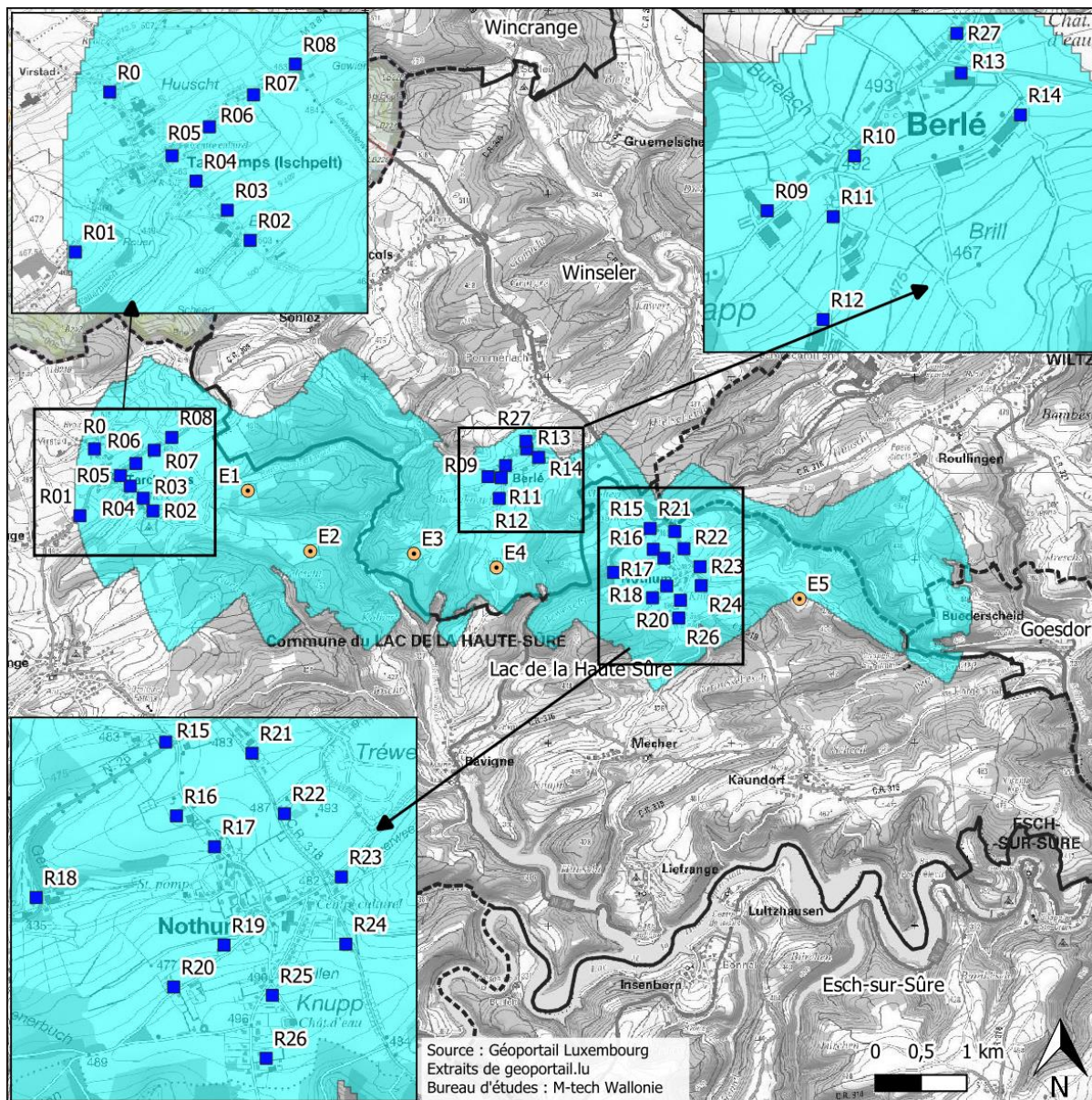
La région qui est dessinée en bleu dans la figure ci-dessous représente la zone de projection d'ombres mouvante des éoliennes dans une situation maximaliste, c'est-à-dire sans tenir compte des obstacles potentiels (bâtiments ou zones boisées). Seul le relief naturel (MNT) a été pris en compte dans la modélisation de l'ombrage. Les récepteurs d'ombrage sont également localisés par rapport aux éoliennes et à la limite d'ombrage.

Les récepteurs ont donc été positionnés dans cette zone d'ombrage de telle manière qu'ils soient représentatifs des habitations ou lieux de services situés autour d'eux. De plus, pour chaque zone d'habitat choisi, le récepteur a été placé prioritairement en première ligne par rapport à l'éolienne la plus proche, afin d'obtenir une valeur maximaliste de la valeur d'ombrage calculée. Ainsi, au niveau de chaque bâtiment existant sélectionné, les récepteurs ont été placés de telle manière qu'ils soient situés

sur la façade présentant la plus grande ouverture de vue vers l'éolienne qui crée les ombrages les plus importants sur cette habitation.

Ces récepteurs sont à retrouver à la Figure 2.1-1 et sont décrits au Tableau 2.1-1.

⇒ Un descriptif détaillé de ces récepteurs est à retrouver en Annexe 3.



Légende

- Nouvelles éoliennes
- Localisation des capteurs d'ombrage
- ▭ Limites communales et nationales
- Limite d'ombre portée - scénario Nordex

Figure 2.1-1. Localisation des récepteurs d'ombrage.

Ces récepteurs d'ombrage ont été paramétrés dans le logiciel Windpro selon les mêmes caractéristiques telles que retenues en Belgique et en Allemagne. Le récepteur d'ombrage correspond à une surface plane orientée à 90° (perpendiculairement au sol) de 5 m de large sur 2 m de hauteur, omnidirectionnelle (toujours perpendiculaire aux rayons du soleil et à la direction des éoliennes) et

placé à 20 cm de hauteur. Il s'agit de la représentation la plus réaliste d'une baie vitrée par exemple dans une habitation.

Tableau 2.1-1. Description des récepteurs d'ombrage.

Référence du récepteur d'ombrage	Adresse	Coordonnées (LUREF)		Distance à l'éolienne la plus proche (m)
		X	Y	
R0	1 Op der Heed, 9689 Tarchamps	53043	113207	1 738m de E1
R01	28 Rue Abbé Welter, 9689 Tarchamps	52886	112477	1 854m de E1
R02	37 Um Bierg, 9689 Tarchamps	53683	112531	1 060m de E1
R03	25 Um Bierg, 9689 Tarchamps	53578	112668	1 145m de E1
R04	9 Um Bierg, 9689 Tarchamps	53436	112801	1 285m de E1
R05	20B Duerfstrooss, 9689 Tarchamps	53327	112917	1 403m de E1
R06	38 Duerfstrooss, 9689 Tarchamps	53497	113049	1 259m de E1
R07	54 Duerfstrooss, 9689 Tarchamps	53698	113194	1 114m de E1
R08	73 Duerfstrooss, 9689 Tarchamps	53888	113334	1 016m de E1
R09	18 Burgknapp, 9636 Berlé	57344	112905	999m de E4
R10	26 Duerfstrooss, 9636 Berlé	57535	113025	1 119m de E4
R11	7 Duerfstrooss, 9636 Berlé	57488	112892	983m de E4
R12	1 Duerfstrooss, 9636 Berlé	57466	112667	757m de E4
R13	4 Weltzerstrooss, 9636 Berlé	57768	113207	1 338m de E4
R14	1 Am Dohl, 9636 Berlé	57898	113115	1 290m de E4
R15	5 Beiwenerstrooss, 9678 Nothum	59117	112339	1 734m de E4
R16	33 Duerfstrooss, 9678 Nothum	59150	112110	1 688m de E5
R17	25A Duerfstrooss, 9678 Nothum	59268	112014	1 546m de E5
R18	1 Beiwenerstrooss, 9678 Nothum	58716	111857	1 280m de E4
R19	An der Driicht, 9678 Nothum	59298	111710	1 458m de E5
R20	8 An der Driicht, 9678 Nothum	59142	111580	1 607m de E5
R21	5 Kaunereferstrooss, 9678 Nothum	59385	112304	1 550m de E5
R22	19 Kaunereferstrooss, 9678 Nothum	59485	112117	1 377m de E5
R23	41C Kaunereferstrooss, 9678 Nothum	59661	111921	1 143m de E5
R24	9 Cité Op Puellen, 9678 Nothum	59675	111713	1 083m de E5
R25	17 Um Knupp, 9678 Nothum	59447	111554	1 302m de E5
R26	31 Um Knupp, 9678 Nothum	59428	111359	1 337m de E5
R27	67 Duerfstrooss, 9636 Berlé	57759	113293	1 420m de E4

2.1.3. L'implantation des éoliennes

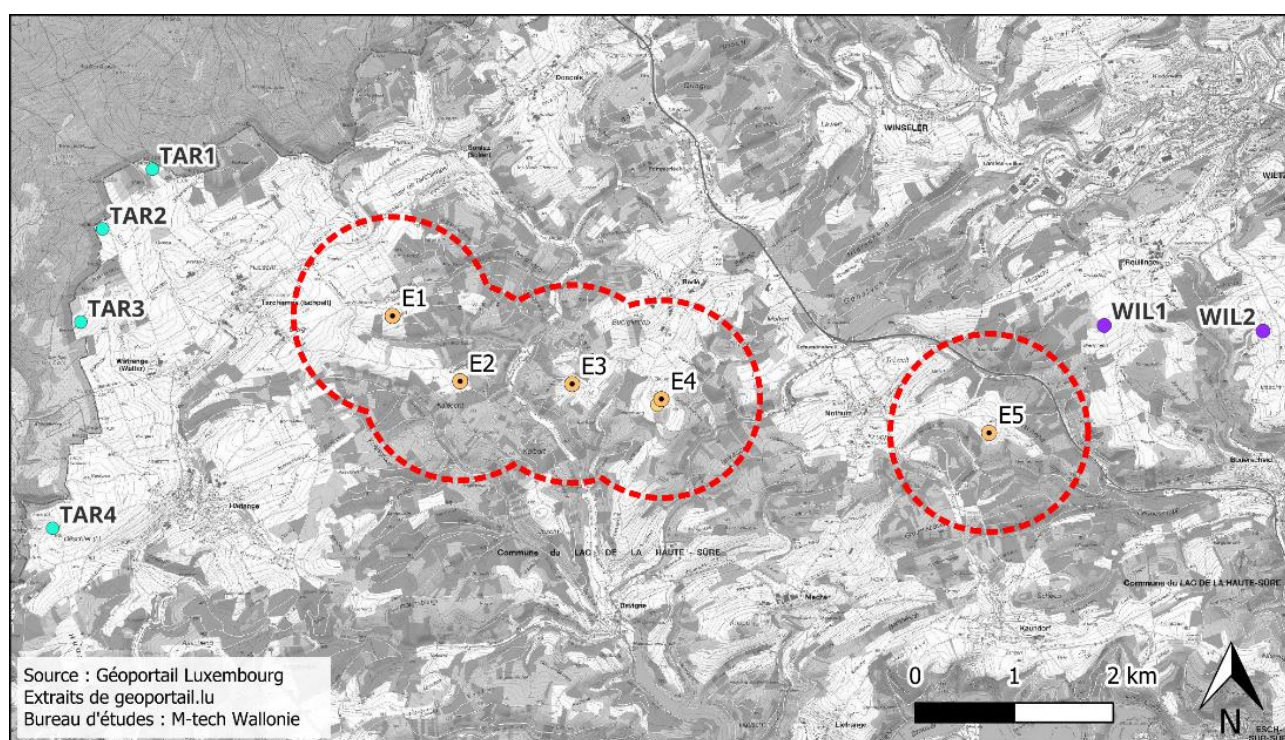
Leur localisation est reprise au point 1.3 ci-dessus.

2.1.4. Autres parcs éoliens

Pour cette étude, toutes les autres éoliennes autorisées, existantes et en cours de procédure d'instruction dans un rayon de 10 km ont été retenues. Elles sont reprises au Tableau 2.1-2. Parmi celles-ci, 2 éoliennes existantes, 4 autorisées et 5 en cours de procédure d'instruction induisent un effet d'ombrage cumulatif avec les 5 éoliennes étudiées. Elles sont reprises dans le tableau suivant et ont été nommées (arbitrairement pour cette étude) dans la dernière colonne. Les modélisations d'ombrage tiendront compte de ces autres éoliennes. Ces éoliennes sont représentées à la Figure 2.1-5. Localisation des autres parcs éoliens dans un rayon de 10 km Les autres éoliennes présentes dans le rayon de 10 km n'ont pas d'effet d'ombrage cumulatif avec le projet.

Pour cela, différents scénarios seront calculés dans cette étude :

- **Scénario 1** : Une étude d'ombre comprenant toutes les éoliennes du présent projet, toutes les éoliennes autorisées, ainsi que toutes les éoliennes existantes ;



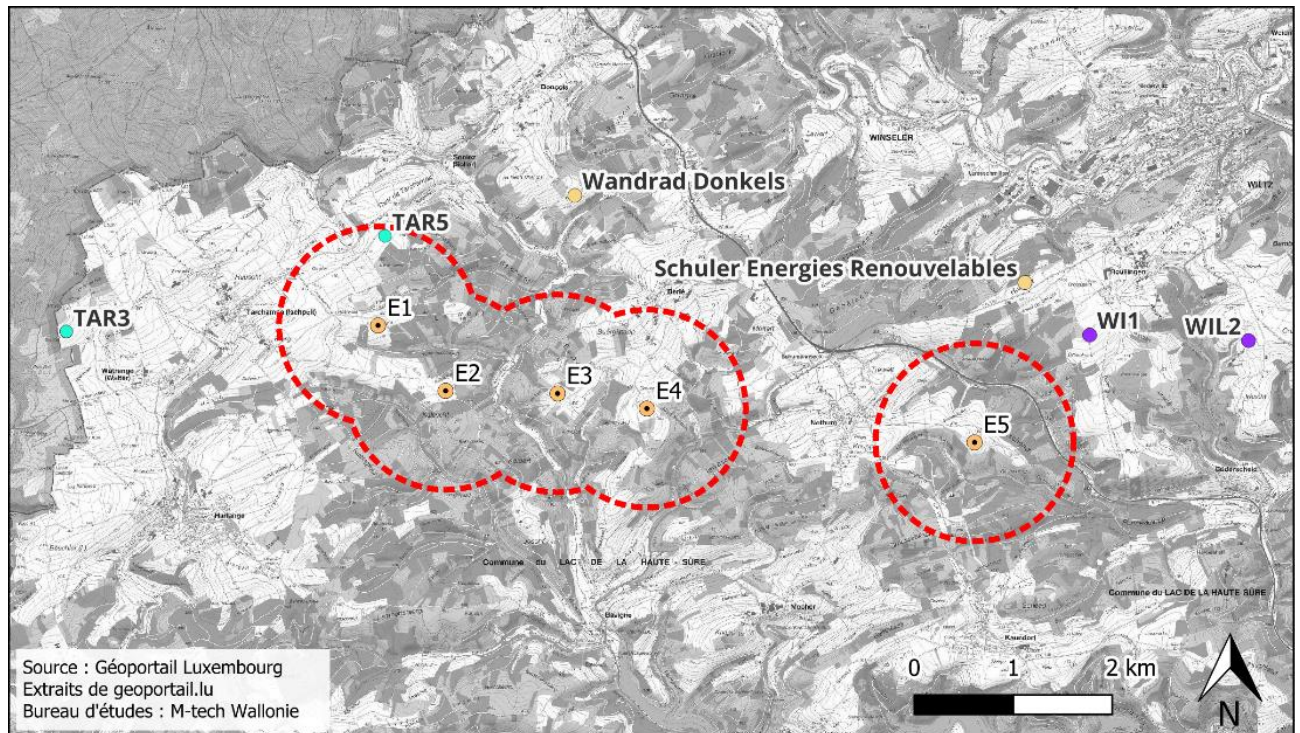
Légende

- | | | |
|-----------------------|-----------------------------------------------|-------------------------|
| ● Nouvelles éoliennes | ⬡ Rayon de 1 km autour des éoliennes étudiées | Eoliennes du Luxembourg |
| | | ● autorisé |
| | | ● existant |
| | | ● procédure |

Figure 2.1-2. Localisation des éoliennes reprises au scénario 1

- **Scénario 2** : Une étude d'ombre comprenant toutes les éoliennes du présent projet, les éoliennes existantes, celles autorisées ainsi que les éoliennes avoisinantes en cours de demande d'autorisation au Luxembourg. Néanmoins, concernant les éoliennes autorisées de

Tarchamps, seules TAR3 et TAR5 sont retenues dans ce scénario et leurs caractéristiques diffèrent ;

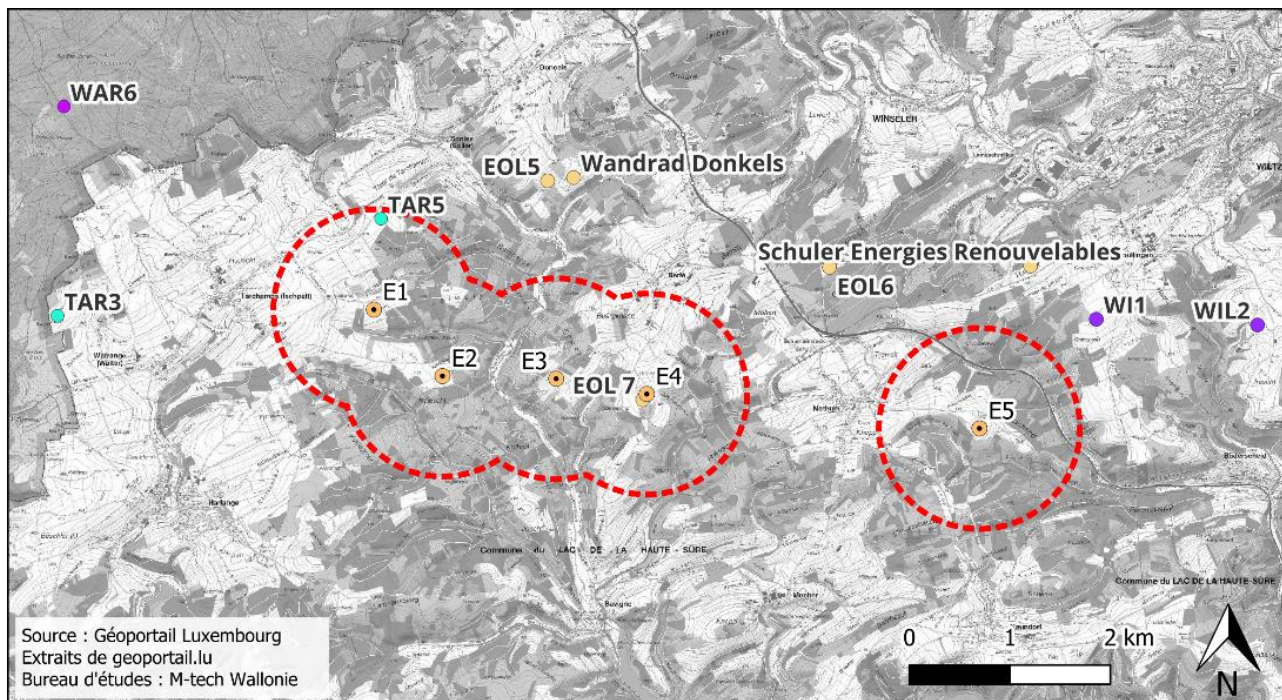


Légende

- | | | |
|-----------------------|-----------------------------------------------|-------------------------|
| ● Nouvelles éoliennes | ⬡ Rayon de 1 km autour des éoliennes étudiées | Eoliennes du Luxembourg |
| | | ● autorisé |
| | | ● existant |
| | | ● procédure |

Figure 2.1-3. Localisation des éoliennes reprise au scénario 2

- **Scénario 3** : Une étude d'ombre comprenant toutes les éoliennes du présent projet, ainsi que l'ensemble des éoliennes situées dans le rayon de 10 km autour des éoliennes du projet (existantes, autorisées, en procédure d'autorisation ou à l'étude), y compris les éoliennes sur le territoire belge. Concernant les éoliennes autorisées de Tarchamps, seules TAR3 et TAR5 seront sélectionnées comme pour le scénario 2.



Légende

- | | |
|-----------------------------------------------|----------------------------------------|
| ● Nouvelles éoliennes | Eoliennes du Luxembourg et de Belgique |
| ■ Rayon de 1 km autour des éoliennes étudiées | ● autorisé |
| | ● existant |
| | ● procédure |
| | ● procédure EIE (Belgique) |

Figure 2.1-4. Localisation des éoliennes reprise au scénario 3

À noter que parmi les éoliennes en cours de procédure d'instruction, il s'avère que l'éolienne EOL7 n'est pas compatible avec l'éolienne E4 du projet, de même l'éolienne EOL5 n'est pas compatible avec l'éolienne en cours de demande d'autorisation Wandrad Donkels, car ces éoliennes sont trop proches les unes des autres. Or, ne disposant pas de toutes les informations concernant ces éoliennes dont les projets sont en cours de procédure, il a été décidé, pour le scénario 3 de considérer toutes les éoliennes pouvant à terme se situer dans un rayon de 10 km du projet et pouvant avoir des impacts sur les points récepteurs.

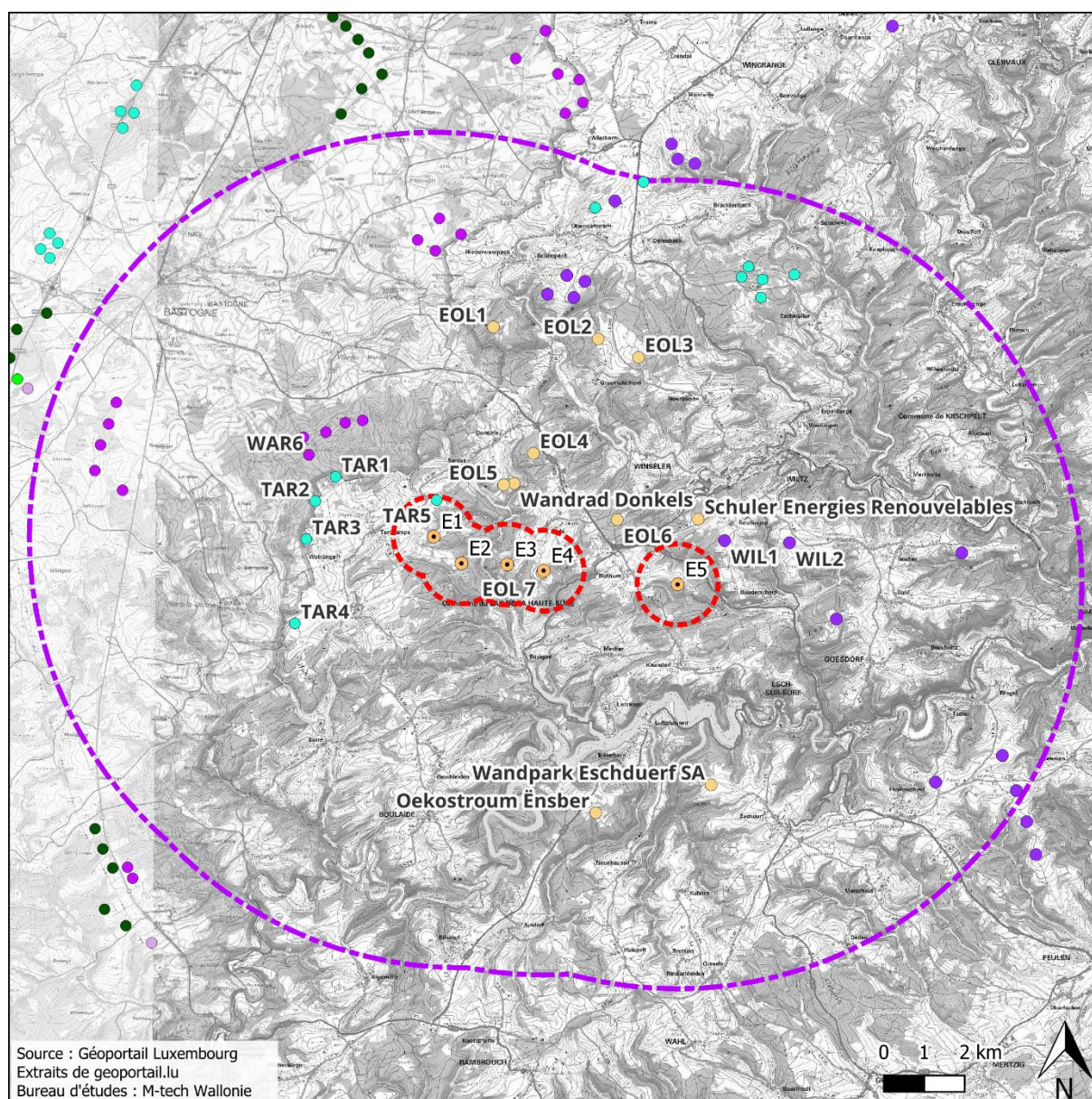
➔ Pour les scénarios 2 et 3, seules les éoliennes TAR3 et TAR5 sont considérés. Cependant, c'est un nouveau modèle, plus impactant, qui a été retenu pour cette étude, à savoir l'Enercon E138 – HH 160m.

⇒ Les limites d'ombres mouvantes de l'ensemble de ces éoliennes sont reprises à la Carte 4 de l'Annexe 1.

Tableau 2.1-2. Inventaire des parcs éoliens dans un rayon de 10 km autour du projet (coordonnées LUREF)

Coordonnées (LUREF)		État	Modèle	Hauteur du moyeu (m)	Diamètre du Rotor (m)	Nom dans cette étude
X	Y					
59332	121015	existant	DEWIND D4	70	48	
61912	112655	existant	Enercon E-115	135	115	WIL1
63517	112598	existant	Enercon E-115	135	115	WIL2
64673	110712	existant	Enercon E-115	135	115	
67776	112348	existant	Enercon E-115	135	115	
52294	114234	autorisé	Enercon E-92	138	92	TAR1
51790	113630	autorisé	Enercon E-92	138	92	TAR2
51570	112690	autorisé	Enercon E-92	138	92	TAR3
51570	112690	demande d'autorisation	Enercon E-138 EP3 E3	160	138	TAR3 (scénarios 2 et 3)
51285	110605	autorisé	Enercon E-92	138	92	TAR4
54791	113656	demande d'autorisation	Enercon E- 138 EP3 E3	160	138	TAR5 (scénarios 2 et 3)
58010	119208	existant	Nordex N131 STE	134	131	
58456	119063	existant	Nordex N131 STE	134	131	
58180	118664	existant	Nordex N131 STE	134	131	
57532	118744	existant	Nordex N131 STE	134	131	
62500	119427	autorisé	Siemens Gamesa SG 6.0-155	165	155	
62848	119110	autorisé	Siemens Gamesa SG 3,465-132	134	132	
63637	119230	autorisé	Siemens Gamesa SG 6.0-155	165	155	
62330	119172	autorisé	Nordex N149.5X	164	149	
62812	118663	autorisé	Nordex N149.5X	164	149	
68779	107340	existant	Enercon E138 EP3 E2 TES	160	138	
69124	106471	existant	Enercon E138 EP3 E2 TES	160	138	
67130	106685	existant	Enercon E138 EP3 E2 TES	160	138	
59199	121054	autorisé	Enercon E-115 EP3 E3	149	115	
59906	121521	autorisé	Nordex N149	164	149	
58714	120884	autorisé	Nordex N149	164	149	
56194	117936	procédure EIE	Nordex N175	179	175	EOL 1
58784	117640	procédure EIE	Nordex N175	179	175	EOL 2
59781	117185	procédure EIE	Nordex N175	179	175	EOL 3
57185	114810	procédure EIE	Nordex N175	179	175	EOL 4
56450	114032	procédure EIE	Nordex N175	179	175	EOL 5
59255	113172	procédure EIE	Nordex N175	179	175	EOL 6

57397	111855	procédure EIE	Nordex N175	179	175	EOL 7
61257	113185	demande d'autorisation	Nordex N117	134	117	Schuler
56708	114065	demande d'autorisation	Nordex N175	179	175	Wandrad Donkels
58725	105922	demande d'autorisation	Nordex N149 5X	164	175	Oekostroum Ensber
61578	106613	demande d'autorisation	Enercon E-175 EP5	162	175	Wandpark Eschdurf SA
55391	120229	procédure	Nordex N131 3900	114	131	Parc Benonchamps
54860	120618	procédure	Nordex N131 3900	114	131	Parc Benonchamps
54322	120085	procédure	Nordex N131 3900	114	131	Parc Benonchamps
54758	119820	procédure	Nordex N175 6X 6800	142	175	Parc Benonchamps
46871	116071	procédure	Nordex N175 6X 6800	142	175	Parc Remoifosse
46682	115537	procédure	Nordex N175 6X 6800	142	175	Parc Remoifosse
46479	115019	procédure	Nordex N175 6X 6800	142	175	Parc Remoifosse
46340	114384	procédure	Nordex N175 6X 6800	142	175	Parc Remoifosse
47026	113898	procédure	Nordex N175 6X 6800	142	175	Parc Remoifosse
51051	115016	procédure	Enercon E-175 EP5 6000	162	175	Parc Wardin
51501	115208	procédure	Enercon E-175 EP5 6000	162	175	Parc Wardin
52532	115565	procédure	Enercon E-175 EP5 6000	162	175	Parc Wardin
51634	114772	procédure	Enercon E-175 EP5 6000	162	175	Parc Wardin
52053	115334	procédure	Enercon E-175 EP5 6000	162	175	Parc Wardin
52958	115625	procédure	Enercon E-175 EP5 6000	162	175	Parc Wardin



Légende

- | | | |
|------------------------------------------------|-------------------------|-----------------------|
| ● Nouvelles éoliennes | Eoliennes du Luxembourg | Eoliennes de Belgique |
| ■ Rayon de 1 km autour des éoliennes étudiées | ● autorisé | ● autorisé |
| ■ Rayon de 10 km autour des éoliennes étudiées | ● existant | ● construit |
| | ● procédure | ● en construction |
| | | ● à l'étude |
| | | ● à l'instruction |

Figure 2.1-5. Localisation des autres parcs éoliens dans un rayon de 10 km

2.2. Calculs d'ombrage

2.2.1. Introduction

Les modèles d'éoliennes sélectionnés par le porteur de projet ont chacun fait l'objet de calculs spécifiques.

Les pales des éoliennes en rotation créent par projection un ombrage intermittent qui ne se produit que lorsque les conditions suivantes sont simultanément réunies :

- temps clair (soleil) ;
- vent actionnant les pales ;
- orientation du soleil en position relativement basse portant l'ombre d'une éolienne sur un lieu d'habitation ou de travail ;
- orientation des fenêtres du lieu vers l'éolienne.

En pratique, le phénomène n'est perceptible qu'à proximité directe des éoliennes (distance inférieure à 2 500 m) et peut alors constituer une gêne pour les habitants des maisons les plus proches, en cas d'exposition prolongée.

Deux types de calculs ont été effectués :

- une modélisation de l'ombrage selon les hypothèses « maximalistes » suivantes, tel que repris dans les conditions sectorielles relatives aux parcs d'éoliennes :
 - le soleil luit toute la journée, du lever au coucher, 365 jours par an ;
 - la surface du rotor est toujours perpendiculaire aux rayons du soleil ;
 - la lumière est directionnelle et non diffuse ;
 - aucun obstacle ne vient absorber les rayons du soleil ;
 - les turbines fonctionnent en permanence ;

Ce scénario considère donc que le soleil brille du lever au coucher du soleil, sans discontinuer et sans tenir compte de la nébulosité.

- une modélisation de l'ombrage selon les hypothèses « réalistes » suivantes :
 - le soleil ne luit pas tout le temps : les données d'ensoleillement sont utilisées ;
 - les éoliennes ne fonctionnent pas tout le temps (maintenance, absence de vent,...).

Ce scénario tient compte des statistiques mensuelles d'ensoleillement et de vent fournies par la station de Saint-Hubert en Belgique (30 km à l'Ouest).

Le modèle mathématique calcule donc la durée d'ombre (h/an, min/jour et jours/an) sous forme cartographique et de tableau de résultats pour l'ensemble des récepteurs choisis.

Les durées d'exposition aux ombres portées maximales admissibles de 30 h/an et également de 30 min/jour sont proposés comme critères d'évaluation. Cette valeur d'immission possible de base astronomique de 30 h/an correspond à la durée d'exposition aux ombres portées météorologiquement probable d'environ 8 h/an ^[1, 2, 3, 4]. Pour les éoliennes qui génèrent une durée d'exposition aux ombres portées supérieure à 30 h/an ou 30 min/jour à un seul point récepteur d'ombre, un dispositif de coupure doit garantir que la durée d'exposition aux ombres portées totale du point récepteur ne dépasse pas 8 h/an. En cas de dépassement de ces seuils (calcul maximaliste), un module de contrôle sera mise en place au niveau des éoliennes.

2.2.2. Module de contrôle

Le risque d'exposition prolongée ressentie par les récepteurs identifiés ci-avant, peut être maîtrisé par l'installation d'un module de contrôle de projection d'ombre, lequel stoppe automatiquement le rotor quand il est orienté de telle façon et à tel moment qu'il génère une ombre importante sur l'habitation.

Un tel module est relié à un capteur situé sur la tour qui mesure de manière périodique le rayonnement solaire. À partir des résultats obtenus, il vérifie si les récepteurs prédéfinis sont concernés par une importante projection d'ombre.

Le module est capable de contrôler la projection d'ombre et compilera également les données dans un historique pour une année complète. Lorsque le seuil critique est dépassé (8 heures par an en cas réaliste), le module déclenche l'arrêt des éoliennes (dépassement des normes).

Un exemple de module de contrôle et de capteur d'ensoleillement est repris à la Figure 2.2-1.

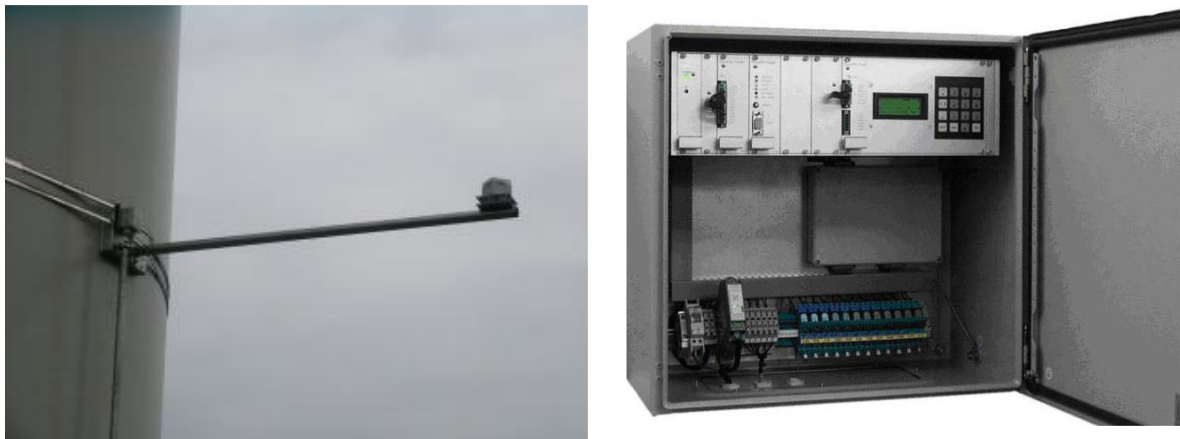


Figure 2.2-1. Exemple de module de contrôle et de capteur de rayonnement (Source: NorthTecGmbH, 2003).

Le phénomène d'ombrage se rencontrant principalement lors de conditions météorologiques de vents faibles, la perte de production liée à l'arrêt des éoliennes est considérée comme négligeable.

2.3. Résultats des modélisations

2.3.1. Modèles d'éoliennes choisis pour le projet

Comme indiqué dans le chapitre 1.2., deux modèles d'éoliennes sont envisagés par le promoteur dans le cadre de ce projet. Le Tableau 2.3-1 reprend l'impact de ces deux modèles sur les récepteurs selon les situations maximaliste annuelle et journalière, ainsi que pour la situation réaliste annuelle. Au vu de ces résultats, il a été décidé de retenir le modèle engendrant globalement le plus d'impact d'ombre au droit des 28 récepteurs, à savoir le modèle Nordex N175.

Tableau 2.3-1. Exposition des récepteurs aux ombres des éoliennes étudiées uniquement - situation maximaliste annuelle et journalière, ainsi que la situation réaliste annuelle.

En **rouge** figurent les dépassements du seuil de 30 h/an et en **gras** le scénario le plus impactant

Récepteur	Cas maximaliste (h/an)		Cas maximaliste (min/jour)		Projet réaliste (h/an)	
	Enercon	Nordex	Enercon	Nordex	Enercon	Nordex
R0	7:23	8:20	0:23	0:24	1:11	1:20
R01	0:00	8:43	0:00	0:23	0:00	2:10
R02	28:44	37:03	0:40	0:40	7:33	9:11
R03	21:49	23:12	0:37	0:37	5:15	5:38
R04	17:08	17:05	0:32	0:32	3:40	3:42
R05	13:34	14:13	0:29	0:30	2:39	2:47
R06	17:15	17:28	0:33	0:32	2:57	3:02
R07	23:48	23:24	0:37	0:37	3:54	3:49
R08	35:22	33:58	0:42	0:42	4:57	4:54
R09	36:16	40:40	0:38	0:39	4:26	5:05
R10	27:50	31:26	0:31	0:32	3:28	3:59
R11	30:45	33:38	0:34	0:35	4:14	4:44
R12	34:02	51:34	0:39	0:42	5:37	7:39
R13	17:47	20:38	0:24	0:26	2:11	2:35
R14	10:48	12:31	0:23	0:25	1:39	1:56
R15	8:23	18:26	0:24	0:24	1:35	3:17
R16	17:37	19:02	0:25	0:24	3:15	3:31
R17	11:40	20:01	0:26	0:27	1:53	3:37
R18	17:54	18:08	0:32	0:32	4:11	4:16
R19	12:39	21:03	0:29	0:29	2:30	4:26
R20	18:46	20:38	0:26	0:26	4:10	4:36
R21	12:41	13:27	0:28	0:27	2:01	2:09
R22	14:59	15:51	0:30	0:31	2:29	2:37
R23	21:42	21:26	0:36	0:36	3:35	3:34
R24	23:22	23:29	0:38	0:38	4:35	4:41
R25	15:34	16:55	0:32	0:32	3:28	3:49
R26	16:34	17:47	0:32	0:31	4:10	4:29
R27	15:06	18:05	0:24	0:25	1:39	2:02

2.3.2. Scénario maximaliste

Les résultats des modélisations, par récepteur et pour chaque jour de l'année sont repris en Annexe 2. Ces résultats détaillés permettent d'identifier le moment de l'année et la journée où un récepteur sera soumis à l'ombrage.

- ⇒ L'Annexe 1, cartes n°1 reprend les cartes prévisionnelles de l'ombrage en heures par an, pour les 3 scénarios envisagés, dans la situation maximaliste annuelle ;
- ⇒ L'Annexe 1, cartes n°3 reprend les cartes prévisionnelles de l'ombrage en minutes par jour, pour les 3 scénarios envisagés, dans la situation maximaliste journalière.

Les résultats des modélisations d'ombre portée sur les 28 récepteurs sont repris au Tableau 2.3-2 en situation cumulative avec les autres éoliennes à proximité.

- ⇒ À noter que ces modélisations ne tiennent pas compte d'éventuels programmes de bridages appliqués aux éoliennes existantes, en cours de demande d'autorisation ou autorisées qui induisent un effet d'ombrage cumulatif avec les 5 éoliennes du projet.

Résultats généraux :

- Dans le **scénario 1** : les récepteurs impactés par une ou plusieurs éolienne(s) du projet ainsi que par une ou plusieurs éolienne(s) existante ou autorisée sont les numéros : 0 et 1. Les autres récepteurs sont impactés uniquement par les éoliennes du projet.
- Dans le **scénario 2** : les récepteurs impactés par une ou plusieurs éolienne(s) du projet ainsi que par une ou plusieurs éolienne(s) existante, autorisée ou en cours de demande d'autorisation sont les numéros : 0, 1, 6, 7, 8 et 27. Les autres récepteurs sont impactés uniquement par les éoliennes du projet.
- Dans le **scénario 3** : les récepteurs impactés par une ou plusieurs éolienne(s) du projet ainsi que par une ou plusieurs éolienne(s) existante, autorisée, en cours de demande d'autorisation ou en procédure EIE sont les numéros : 0, 1, 6, 7, 8, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 20 et 27. Les autres récepteurs sont impactés uniquement par les éoliennes du projet.
- Une **différence entre les scénarios 1 et 2** est observable sur les récepteurs 0, 1, 6, 7, 8 et 27. Ceux-ci sont impactés différemment par TAR2, TAR3, TAR5 et Wandrad Donkels ;
- Le récepteur 0 est impacté par TAR2 dans le scénario 1 mais par TAR3 dans les scénarios 2 et 3 ;
- Les récepteurs 6, 7, 8 sont impactés par TAR5 dans les scénarios 2 et 3 ;
- Les éoliennes WIL1, WIL2, TAR4 et Schuler induisent des effets d'ombrage cumulatifs sur une partie du territoire mais aucun récepteur sélectionné (et donc aucune habitation) n'est concerné par ces effets.

Tableau 2.3-2. Exposition des récepteurs aux ombres des éoliennes - situation annuelle maximaliste
 En **rouge** figurent les dépassements du seuil de 30 h/an

Récepteur	Projet maximaliste (h/an) – Scénario étudié		
	1	2	3
R0	15:31	15:54	15:54
R01	14:01	20:28	20:28
R02	37:03	37:03	37:03
R03	23:12	23:12	23:12
R04	17:05	22:22	22:22
R05	14:13	35:21	35:21
R06	17:28	43:18	43:18
R07	23:24	57:28	57:28
R08	33:58	79:42	79:42
R09	40:40	40:40	40:40
R10	31:26	31:26	41:23
R11	33:38	33:38	43:11
R12	51:34	51:34	63:37
R13	20:38	20:38	50:56
R14	12:31	12:31	43:01
R15	18:26	18:26	20:51
R16	19:02	19:02	21:46
R17	20:01	20:01	22:40
R18	18:08	18:08	24:14
R19	21:03	21:03	21:03
R20	20:38	20:38	24:17
R21	13:27	13:27	13:27
R22	15:51	15:51	15:51
R23	21:26	21:26	21:26
R24	23:29	23:29	23:29
R25	16:55	16:55	16:55
R26	17:47	17:47	17:47
R27	18:05	20:54	60:22

Concernant le scénario 1 (éoliennes du projet + autorisées + existantes) :

- Le récepteur 0 est impacté par E1 et l'éolienne TAR2.
- Le récepteur 1 est impacté cumulativement par E1 et TAR3 entre le 14 et le 22 avril, ainsi qu'entre le 20 et le 30 août ;
- Le **seuil de 30 h/an** est dépassé (uniquement par les éoliennes du projet) pour **6 récepteurs**, à savoir les n°2, 8, 9, 10, 11 ainsi que le récepteur 12 ;

Concernant le scénario 2 (scénario 1 (seulement TAR3 et TAR5 – modèle E-138) + éoliennes en cours de demande d'autorisation au Luxembourg) :

- Le récepteur 0 est impacté cumulativement par E1 et TAR3 entre le 27 février et le 7 mars, ainsi qu'entre le 6 et le 15 octobre ;
- Le récepteur 1 est impacté cumulativement par E1 et TAR3 entre le 13 et 22 janvier, ainsi qu'entre le 21 et le 30 août ;
- Les récepteurs 4, 5, 6, 7 et 8 sont impactés par E1 et l'éolienne TAR5 ;
- Le récepteur 27 est impacté par E3 et Wandrad Donkels ;
- Le **seuil de 30 h/an** est dépassé (en cumulatif avec les autres éoliennes) pour **9 récepteurs**, à savoir les n°2 et n°5 à 12 ;

Concernant le scénario 3 (scénario 2 + éoliennes en procédure EIE (au Luxembourg et en Belgique)) :

- Le récepteur 0 est impacté cumulativement par E1 et l'éolienne TAR3 entre le 27 février et le 7 mars, ainsi qu'entre le 6 et le 15 octobre ;
- Le récepteur 1 est impacté cumulativement par E1 et l'éolienne TAR3 entre le 13 et 22 janvier, ainsi qu'entre le 21 et le 30 août ;
- Les récepteurs 4, 5, 6, 7 et 8 sont impactés par E1 et l'éolienne TAR5 ;
- Les récepteurs 10, 11 et 13 sont impactés par E3 et l'éolienne EOL6 ;
- Le récepteur 12 est impacté par E3 et l'éolienne EOL6 et par E4 ou EOL7 ;
- Les récepteurs 14 est impacté par E3, l'éolienne EOL5 et l'éolienne EOL6 ;
- Les récepteurs 15, 16, 17 et 20 sont impactés par E5 et par E4 ou EOL7 ;
- Le récepteur 18 n'est impacté que par E4 ou EOL7 ;
- Le récepteur 27 est impacté par E3, l'éolienne EOL6 et EOL5 ou Wandrad Donkels ;
- Le **seuil de 30 h/an** est dépassé (en cumulatif avec les autres éoliennes) pour **12 récepteurs**, à savoir les n°2 et n°5 à 14, ainsi que le récepteur n°27 ;

Le scénario 3 est purement indicatif en ce qu'il ne pourra être mis en œuvre du fait de l'incompatibilité de plusieurs éoliennes.

Les trois cartes suivantes représentent les limites d'ombrage maximaliste de 30 h/an dans le cas du scénario 2 sur les trois entités concernées, à savoir Tarchamps, Berlé et Nothum.

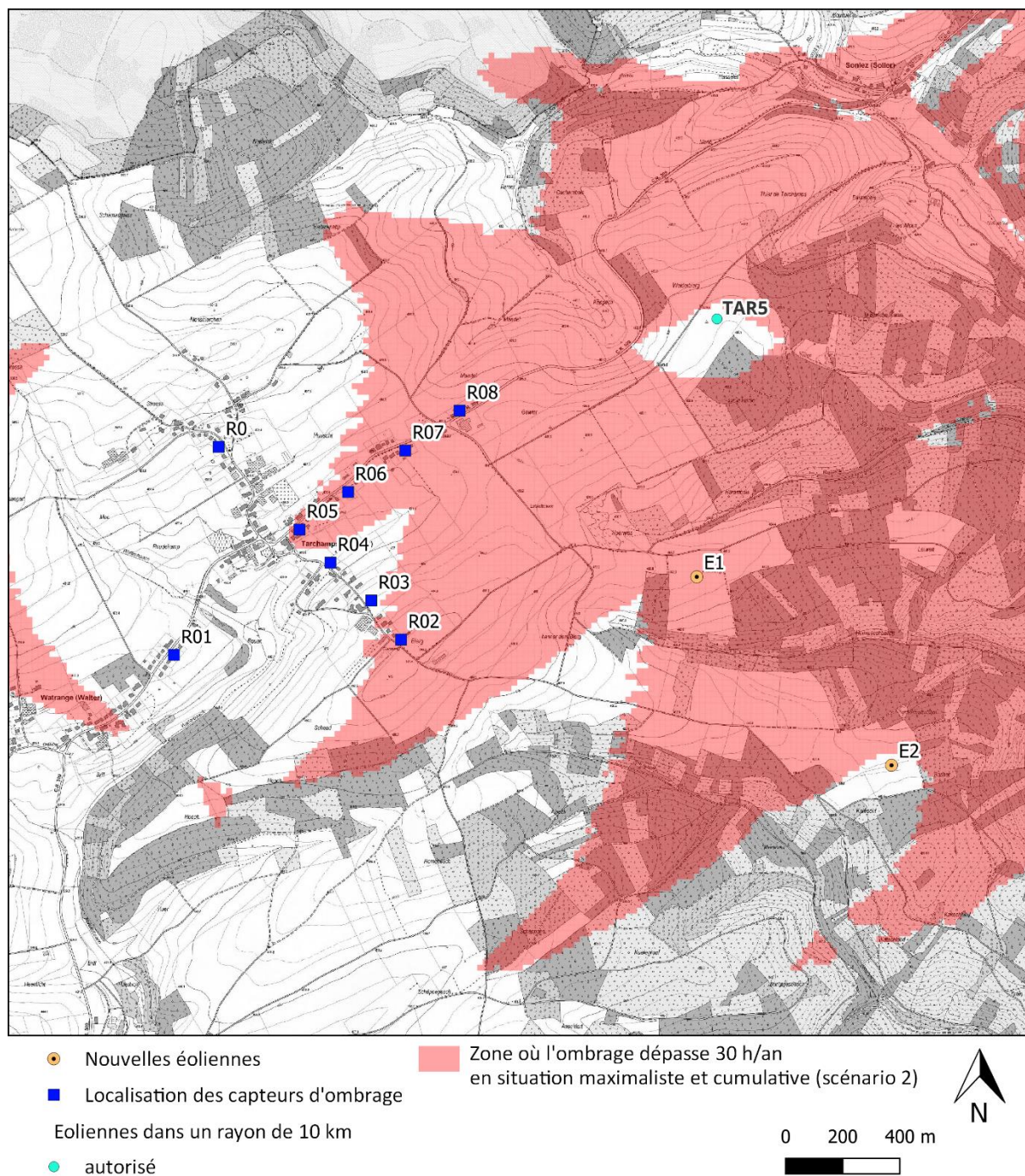


Figure 2.3-1. Limites d'ombrage annuel maximaliste (h/an) sur les récepteurs 0 à 8

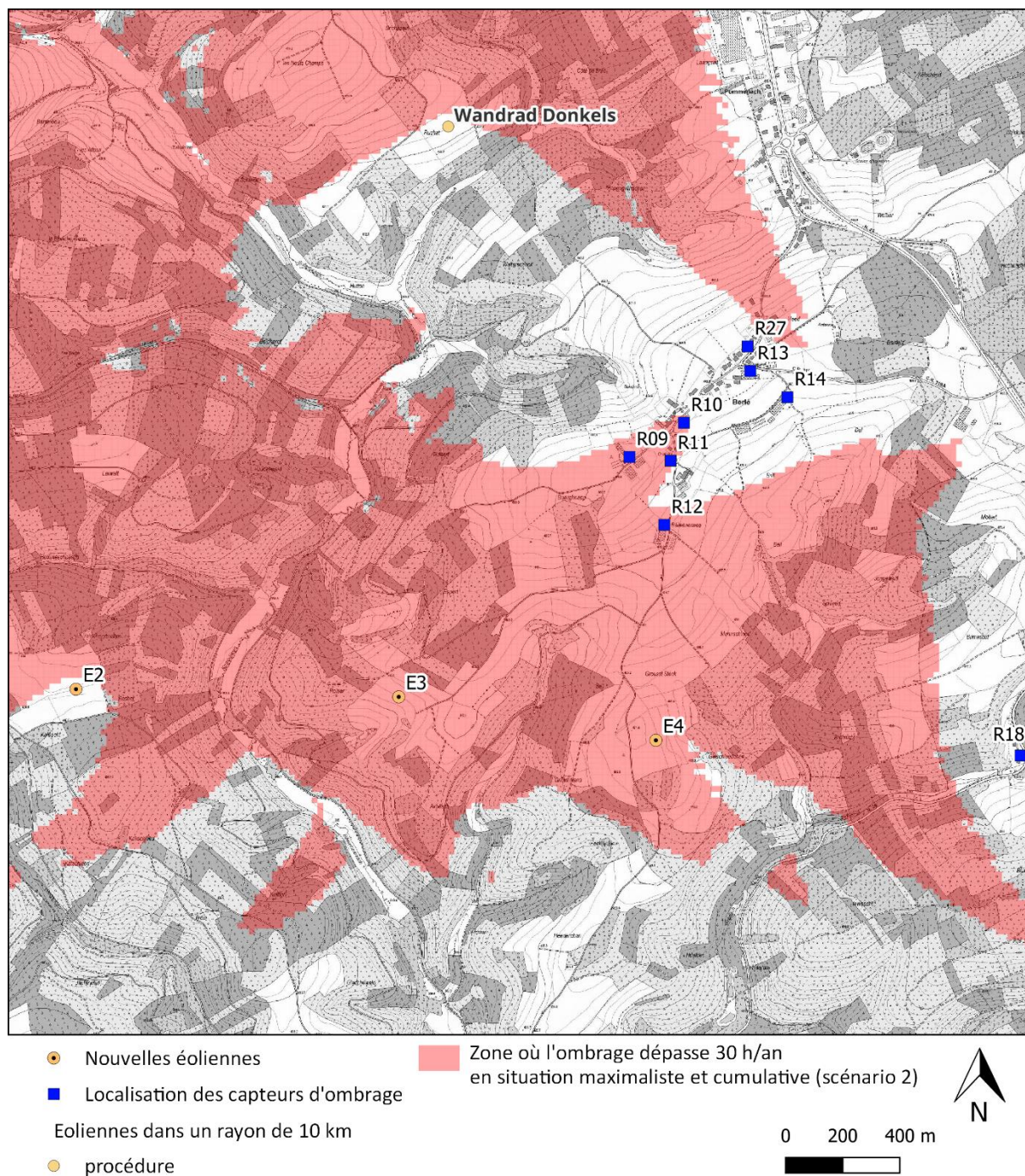


Figure 2.3-2. Limites d'ombrage annuel maximaliste (h/an) sur les récepteurs 9 à 14

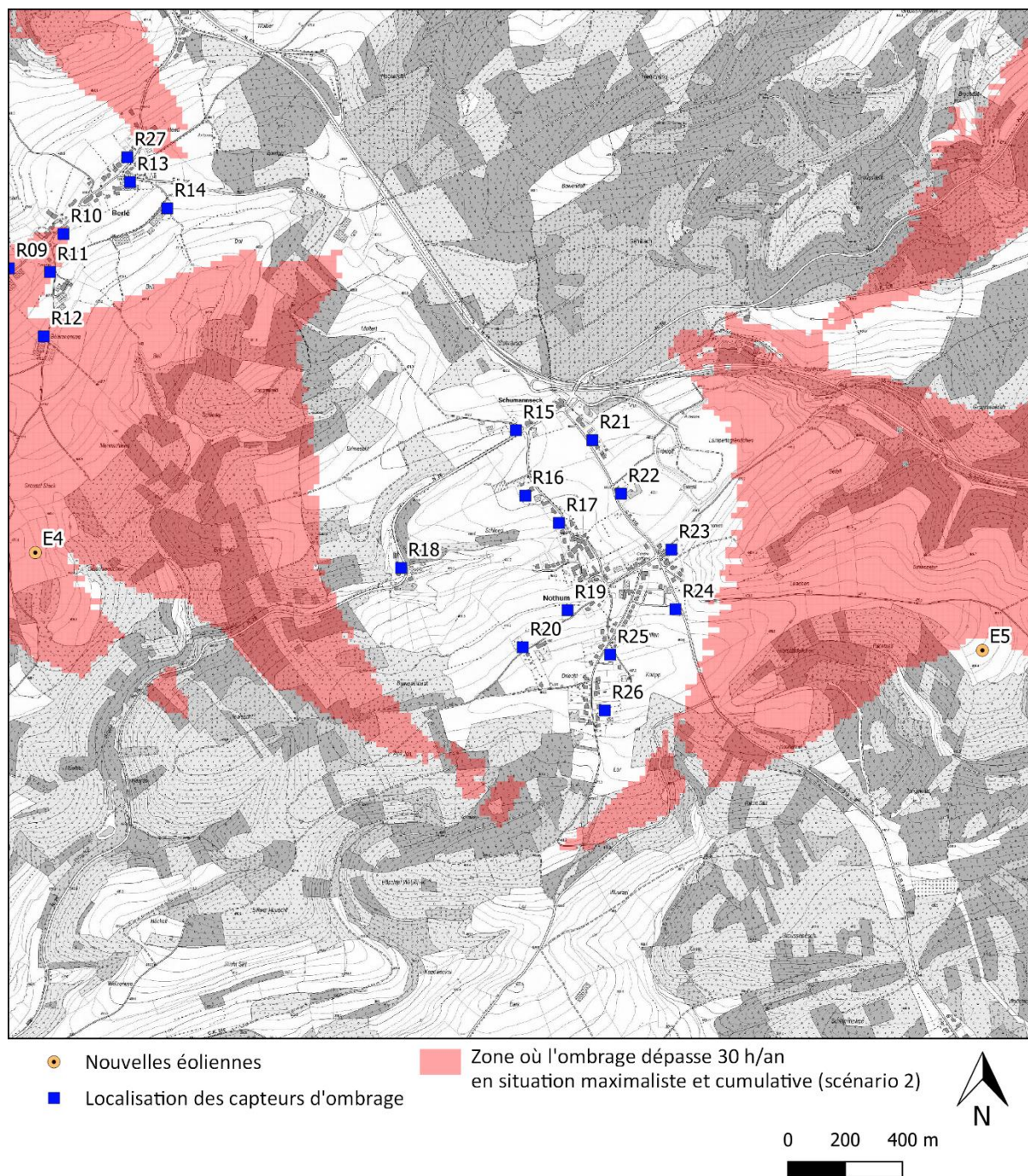


Figure 2.3-3. Limites d'ombrage annuel maximaliste (h/an) sur les récepteurs 15 à 26

Les résultats de l'exposition aux ombres mouvantes en **minutes par jour**, dans le cas maximaliste et cumulées avec les autres parcs voisins sont repris au Tableau 2.3-3 ci-dessous.

Tableau 2.3-3. Exposition des récepteurs aux ombres des éoliennes - situation journalière maximaliste.
En **rouge** figurent les dépassements du seuil de 30 min/jour

Projet maximaliste (min/jour) – Scénario étudié			
Récepteur	1	2	3
R0	00:24	0:38	0:38
R01	00:38	0:43	0:43
R02	00:40	0:40	0:40
R03	00:37	0:37	0:37
R04	00:32	0:32	0:32
R05	00:30	0:30	0:30
R06	00:32	0:32	0:32
R07	00:37	0:37	0:37
R08	00:42	0:42	0:42
R09	00:39	0:39	0:39
R10	00:32	0:32	0:32
R11	00:35	0:35	0:35
R12	00:42	0:42	0:47
R13	00:26	0:26	0:28
R14	00:25	0:25	0:31
R15	00:24	0:24	0:28
R16	00:24	0:24	0:28
R17	00:27	0:27	0:27
R18	00:32	0:32	0:38
R19	00:29	0:29	0:29
R20	00:26	0:26	0:29
R21	00:27	0:27	0:27
R22	00:31	0:31	0:31
R23	00:36	0:36	0:36
R24	00:38	0:38	0:38
R25	00:32	0:32	0:32
R26	00:31	0:31	0:31
R27	00:25	0:25	0:34

Considérant le scénario 1 (éoliennes du projet + autorisées + existantes) :

- Le **seuil de 30 min/jour** est dépassé pour 18 récepteurs ;
 - Tous les dépassements du seuil journalier, au droit des récepteurs, sont induits uniquement par les éoliennes du projet, à l'exception du récepteur 1 dont le dépassement journalier est induit par TAR3.

Considérant le scénario 2 (scénario 1 (seulement TAR3 et TAR5 – modèle E-138) + éoliennes en cours de demande d'autorisation au Luxembourg) :

- Le **seuil de 30 min/jour** est dépassé pour 19 récepteurs ;
- Tous les dépassements du seuil journalier, au droit des récepteurs, sont induits uniquement par les éoliennes du projet, à l'exception des récepteurs :
 - 0, 1, dont le dépassement journalier est induit par TAR3 ;

Considérant le scénario 3 (scénario 2 + éoliennes en procédure EIE (au Luxembourg et en Belgique)) :

- Le **seuil de 30 min/jour** est dépassé pour 21 récepteurs ;
- Tous les dépassements du seuil journalier, au droit des récepteurs, sont induits uniquement par les éoliennes du projet, à l'exception des récepteurs :
 - 0, 1, dont le dépassement journalier est induit par TAR3 ;
 - 12 et 18 dont le dépassement journalier est également induit par EOL7 ;
 - 14 dont le dépassement journalier est induit par EOL6 ;
 - 27 dont le dépassement journalier est induit par Wandrad Donkels.

Étant donné que des dépassements des seuils annuels et journaliers sont identifiés, un module de contrôle de l'ombrage devra obligatoirement être installé sur les éoliennes concernées, quel que soit le scénario retenu.

2.3.3. Scénario réaliste

Dans le cas réaliste (scénario selon les statistiques climatiques de la station météo de Saint-Hubert en Belgique), les résultats du calcul des durées d'exposition à l'ombrage, selon les différents scénarios, sont repris au Tableau 2.3-4 ci-dessous.

Tableau 2.3-4. Exposition des récepteurs aux ombres des éoliennes - situation annuelle réaliste.

En **rouge** figurent les dépassements du seuil de 8 h/an

Projet réaliste (h/an) – Scénario étudié			
Récepteur	1	2	3
R0	3:01	2:50	2:50
R01	3:24	4:54	4:54
R02	9:11	9:11	9:11
R03	5:38	5:38	5:38
R04	3:42	4:56	4:56
R05	2:47	8:17	8:17
R06	3:02	9:48	9:48
R07	3:49	12:47	12:47
R08	4:54	17:01	17:01
R09	5:05	5:05	5:05
R10	3:59	3:59	6:23
R11	4:44	4:44	7:09
R12	7:39	7:39	10:38
R13	2:35	2:35	8:39
R14	1:56	1:56	8:26
R15	3:17	3:17	3:46
R16	3:31	3:31	4:04
R17	3:37	3:37	4:11
R18	4:16	4:16	5:38
R19	4:26	4:26	4:26
R20	4:36	4:36	5:26
R21	2:09	2:09	2:09
R22	2:37	2:37	2:37
R23	3:34	3:34	3:34
R24	4:41	4:41	4:41
R25	3:49	3:49	3:49
R26	4:29	4:29	4:29
R27	2:02	2:31	10:24

Note : Les résultats généraux des modélisation maximalistes présentés ci-dessus au point 2.3.1 s'appliquent également à la situation réaliste.

- Pour le scénario 1, le seuil de 8 h/an est dépassé (en cumulatif avec les autres éoliennes) pour 1 récepteur (n°2) ;
- Pour le scénario 2, le seuil de 8 h/an est dépassé (en cumulatif avec les autres éoliennes) pour 5 récepteurs (n°2 et n°5 à 8) ;
- Pour le scénario 3, le seuil de 8 h/an est dépassé (en cumulatif avec les autres éoliennes) pour 9 récepteurs (n°2, 5, 6, 7, 8, 12, 13, 14 et 27) ;

- Concernant la modélisation des ombrages avec **uniquement les éoliennes du projet** : le seuil de 8 h/an n'est dépassé que pour un seul récepteur (n°2) ;

Le dépassement du seuil de 8 h/an sur les récepteurs 5, 6, 7, 8, 12, 13, 14 et 27 résulte donc d'un effet cumulatif entre le projet et les autres éoliennes des parcs situés à proximité.

⇒ L'Annexe 1, cartes n°2 reprend les cartes prévisionnelles de l'ombrage en heures par an, pour les 3 scénarios envisagés, dans la situation réaliste.

2.3.4. Analyse détaillée des récepteurs présentant des dépassements de seuils

Une description détaillée des récepteurs présentant un dépassement annuel (maximalistes et ou réalistes) et journalière (maximaliste) des seuils est réalisée ci-après.

⇒ Les détails des calculs d'ombrage sont à retrouver en Annexe 2.

2.3.4.1. Récepteur n°2

Ce récepteur est concerné par des dépassements des seuils en situation maximaliste annuelle et journalière, ainsi qu'en situation réaliste.

Ce récepteur sera soumis à un effet d'ombrage de la part de :

- l'éolienne en projet E1 en avril, en mai, en juillet et en août ;
- l'éolienne en projet E2 en février, en mars et en octobre.

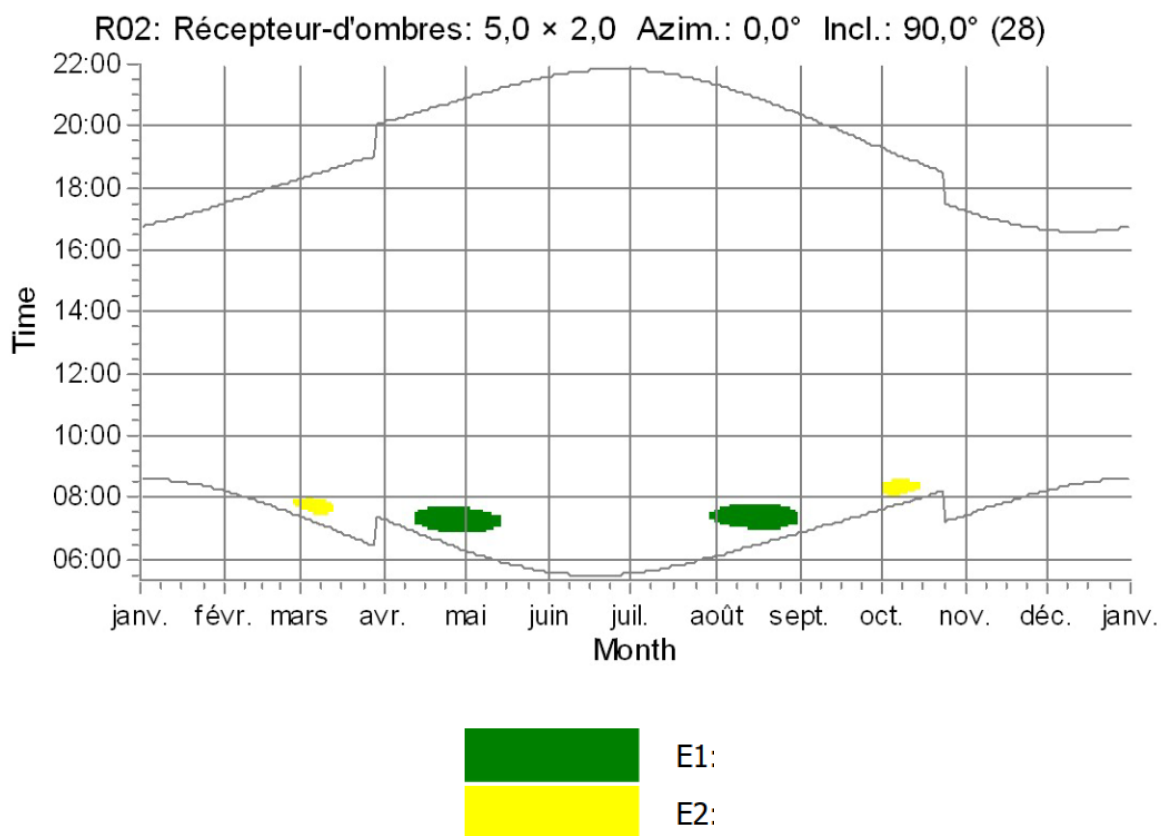


Figure 2.3-4. Calendrier d'ombrage de l'éolienne sur le récepteur n°2

2.3.4.1. Récepteur n°8

Ce récepteur est concerné par des dépassements des seuils en situation maximaliste annuelle et journalière pour les 3 scénarios, ainsi qu'en situation réaliste annuelle pour les scénarios 2 et 3.

Le récepteur n°8 sera soumis à un effet d'ombrage de la part de :

- E1 en janvier, en février, en octobre et en novembre ;
- TAR 5 en mai, juin, juillet et en août.

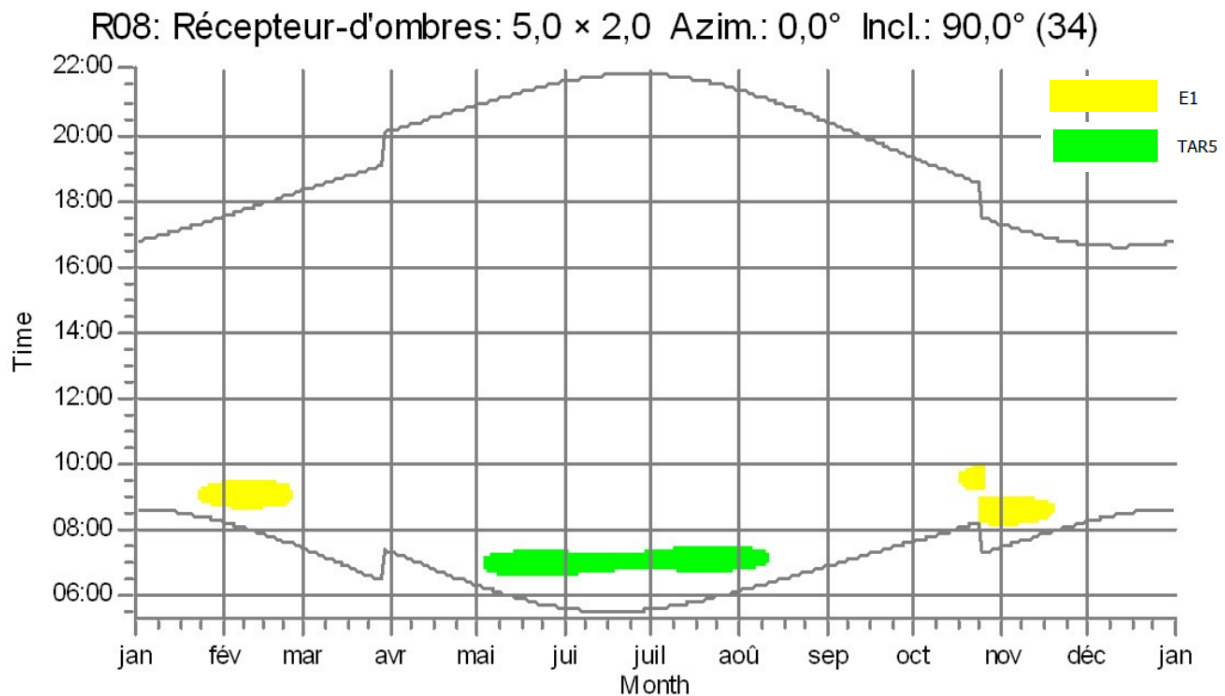


Figure 2.3-5. Calendrier d'ombrage de l'éolienne sur le récepteur n°8 (scénarios 2 et 3)

2.3.4.2. Récepteurs n°5, 6 et 7

Ces récepteurs sont concernés par des dépassements des seuils en situation maximaliste annuelle pour les scénarios 2 et 3, journalière pour tous les scénarios, ainsi qu'en situation réaliste annuelle pour les scénarios 2 et 3.

Le récepteur n°5 sera soumis, uniquement pour les scénarios 2 et 3, à un effet d'ombrage de la part de :

- E1 en mars, en avril et en septembre ;
- TAR5 en mai, juin et juillet.

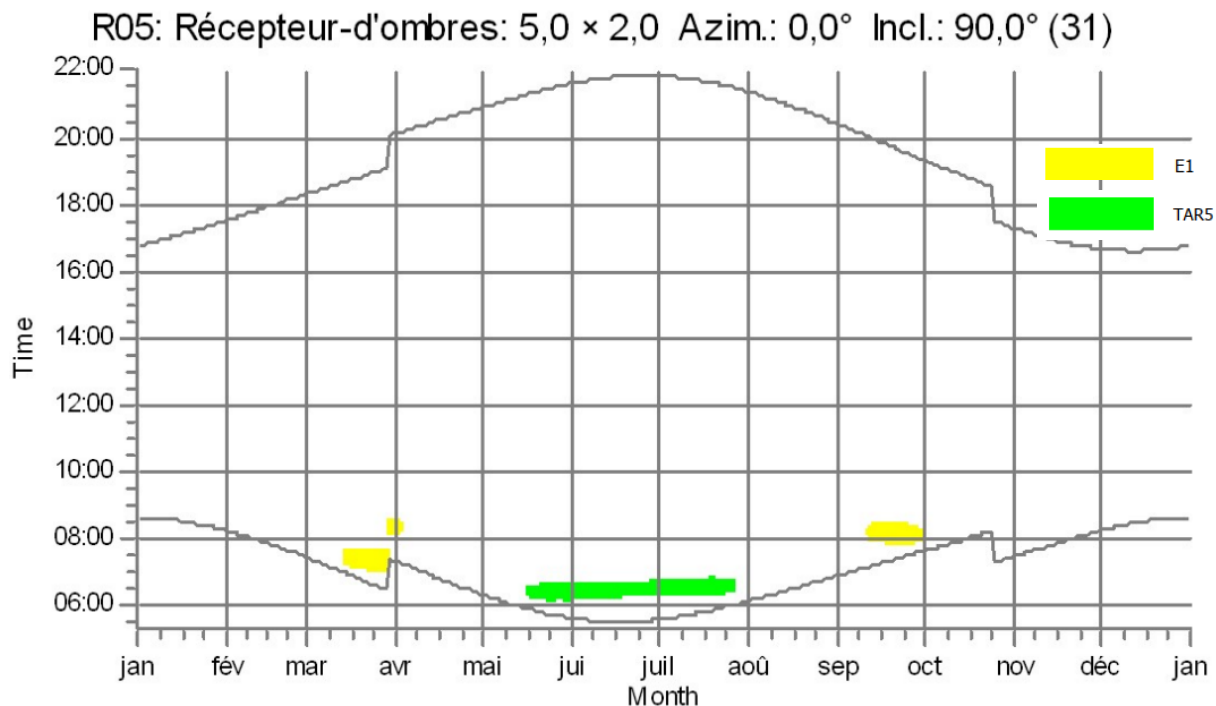


Figure 2.3-6. Calendrier d'ombrage de l'éolienne sur le récepteur n°5 (scénarios 2 et 3)

Le récepteur n°6 sera soumis, uniquement pour les scénarios 2 et 3, à un effet d'ombrage de la part de :

- E1 en mars, en septembre et en octobre ;
- TAR5 en mai, juin et juillet.

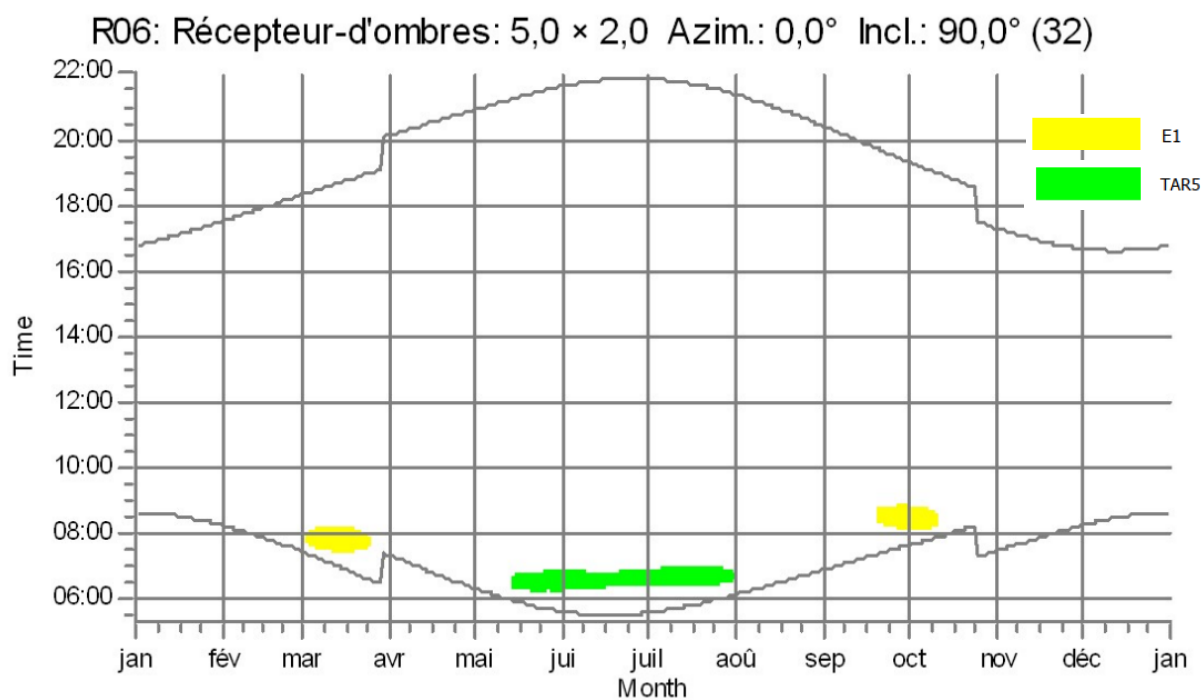


Figure 2.3-7. Calendrier d'ombrage de l'éolienne sur le récepteur n°6 (scénarios 2 et 3)

Le récepteur n°7 sera soumis, uniquement pour les scénarios 2 et 3, à un effet d'ombrage de la part de :

- E1 en février, en mars, et en octobre ;
- TAR5 en mai, juin, juillet et en août.

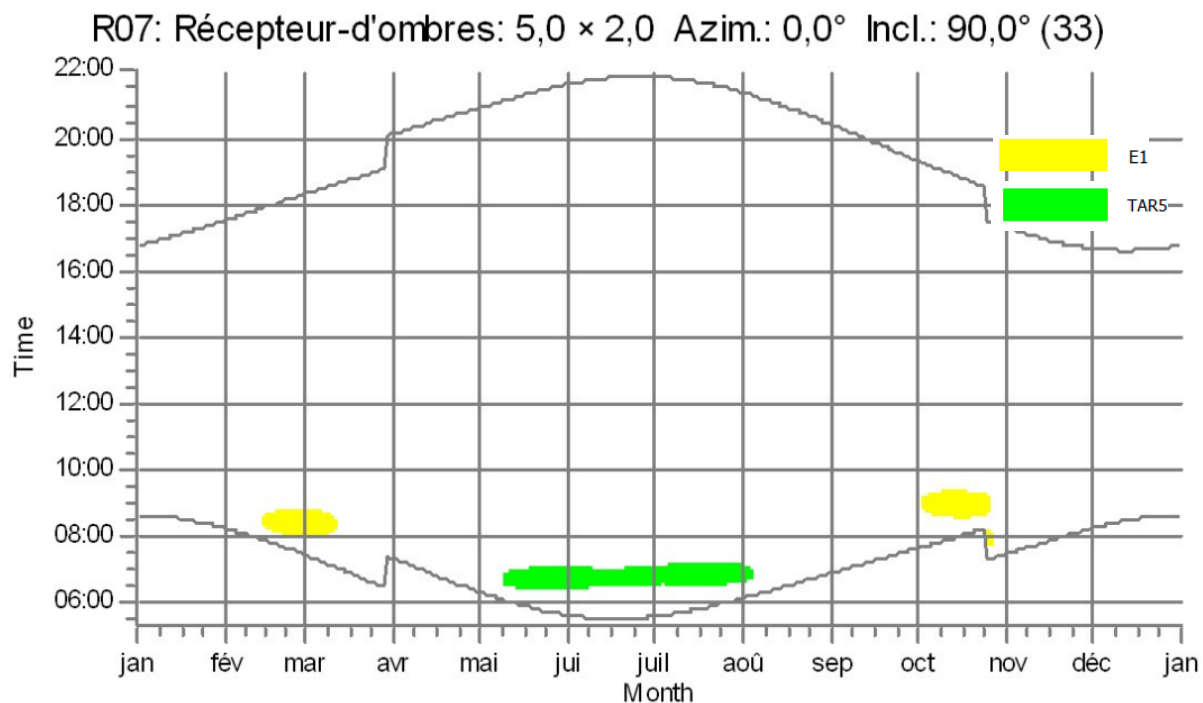


Figure 2.3-8. Calendrier d'ombrage de l'éolienne sur le récepteur n°7 (scénarios 2 et 3)

2.3.4.3. Récepteurs n° 9, 10 et 11

Ces récepteurs sont concernés uniquement par des dépassements des seuils en situation maximaliste annuelle et journalière.

Le récepteur n°9 sera soumis à un effet d'ombrage de la part de :

- E3 en janvier, en novembre et en décembre.

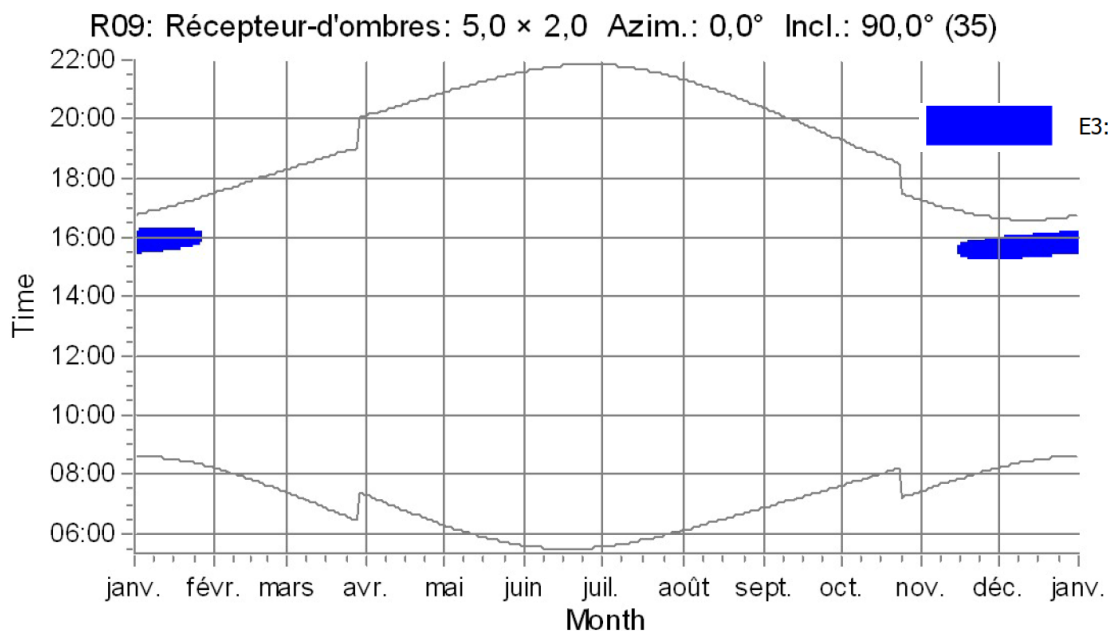


Figure 2.3-9. Calendrier d'ombrage de l'éolienne sur le récepteur n°9 (Scénarios 1, 2 et 3)

Le récepteur n°10 sera soumis à un effet d'ombrage de la part de :

- E3 en janvier, en novembre et en décembre ;
- L'éolienne en procédure EIE EOL6 en avril, en août et en septembre (scénario 3 uniquement).

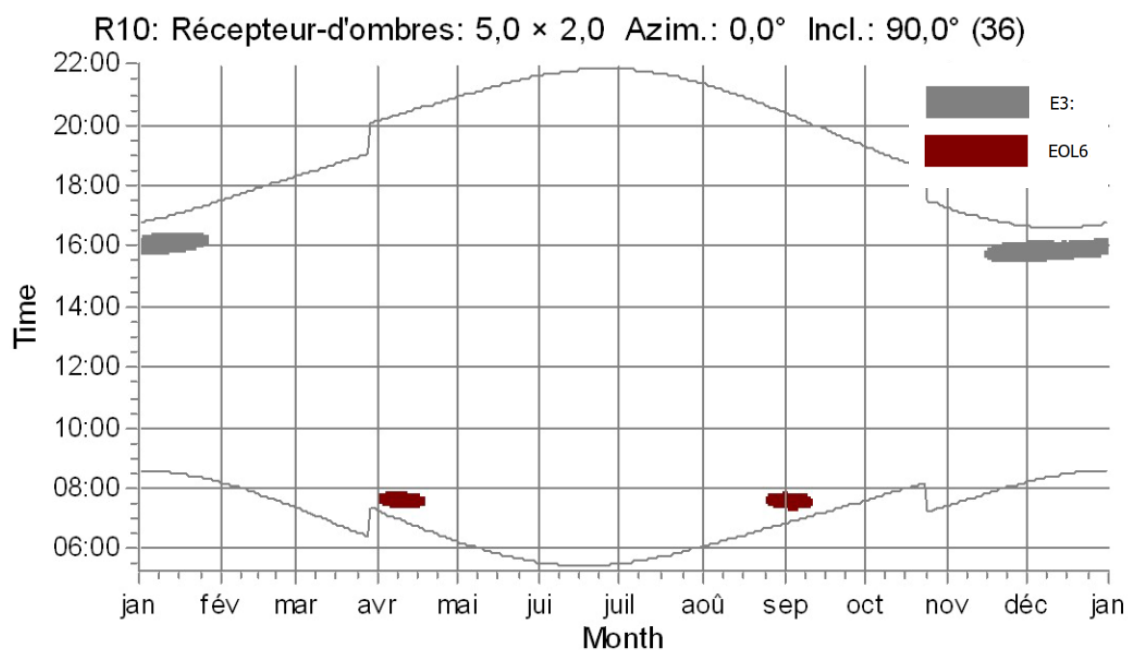


Figure 2.3-10. Calendrier d'ombrage de l'éolienne sur le récepteur n°10 (Scénario 3)

Le récepteur n°11 sera soumis à un effet d'ombrage de la part de :

- E3 en janvier, en février, en novembre et en décembre ;
- L'éolienne en procédure EIE EOL6 en avril, en août et en septembre (scénario 3 uniquement).

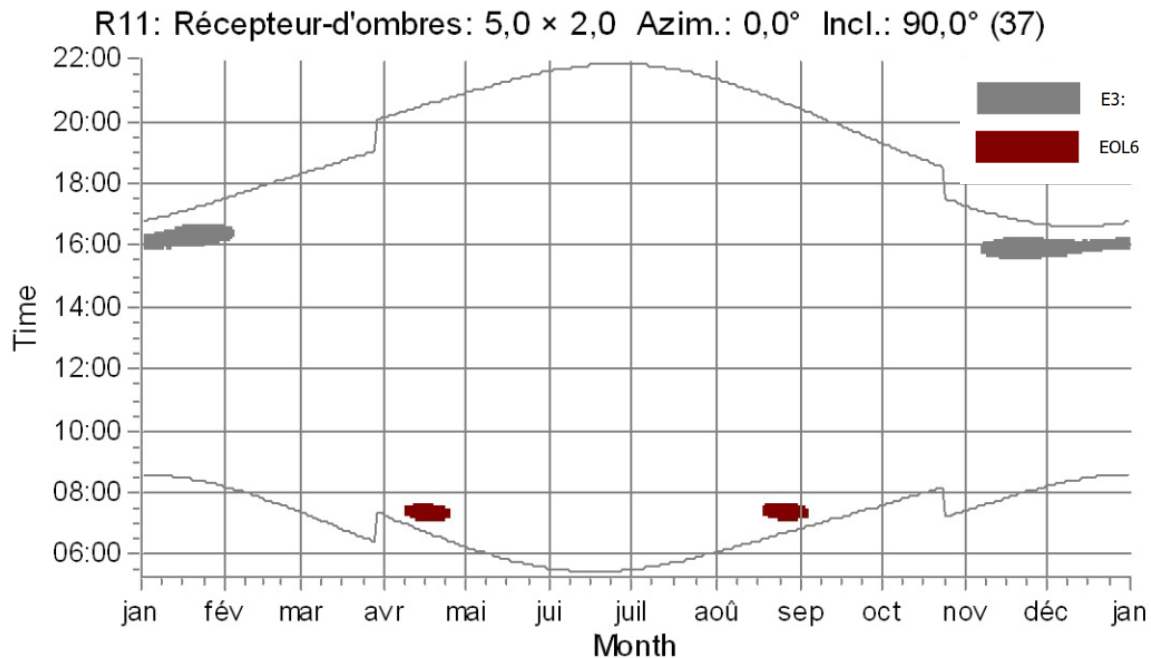


Figure 2.3-11. Calendrier d'ombrage de l'éolienne sur le récepteur n°11 (scénario 3)

2.3.4.4. Récepteur n°12

Ce récepteur est concerné par des dépassements des seuils en situation maximaliste annuelle et journalière. Il est aussi concerné par des dépassements des seuils en situation annuelle réaliste mais uniquement pour le scénario 3.

Ce récepteur sera soumis à un effet d'ombrage de la part de :

- E3 en janvier, en février, en octobre et en novembre ;
- E4 et EOL7 (scénario 3 uniquement) en décembre et janvier ;
- EOL6 en avril, en mai et en août (scénario 3 uniquement).

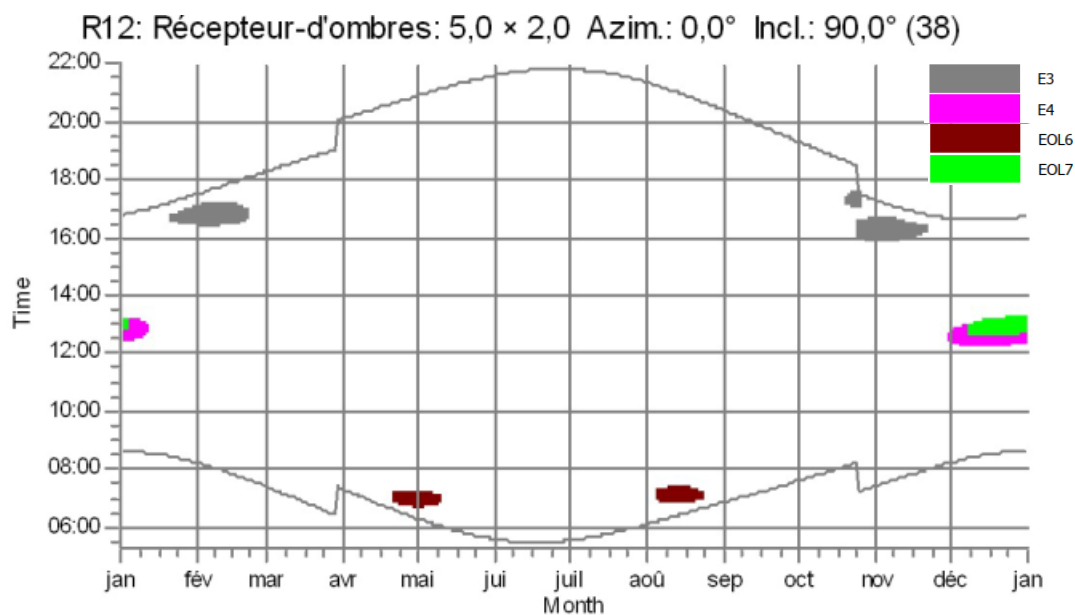


Figure 2.3-12. Calendrier d'ombrage de l'éolienne sur le récepteur n°12 (scénario 3)

2.3.4.5. Récepteurs n°13 et 14

Ces récepteurs sont concernés par des dépassements des seuils en situation maximaliste et réaliste annuelle, pour le scénario 3. Le récepteur 14 est aussi concerné par des dépassements des seuils en situation maximaliste journalière mais uniquement pour le scénario 3.

Le récepteur n°13 sera soumis à un effet d'ombrage de la part de :

- E3 en janvier, en novembre et en décembre ;
- EOL6 en mars, en avril et en septembre (scénario 3 uniquement);
- EOL5 en mai, en juin et en juillet (scénario 3 uniquement).

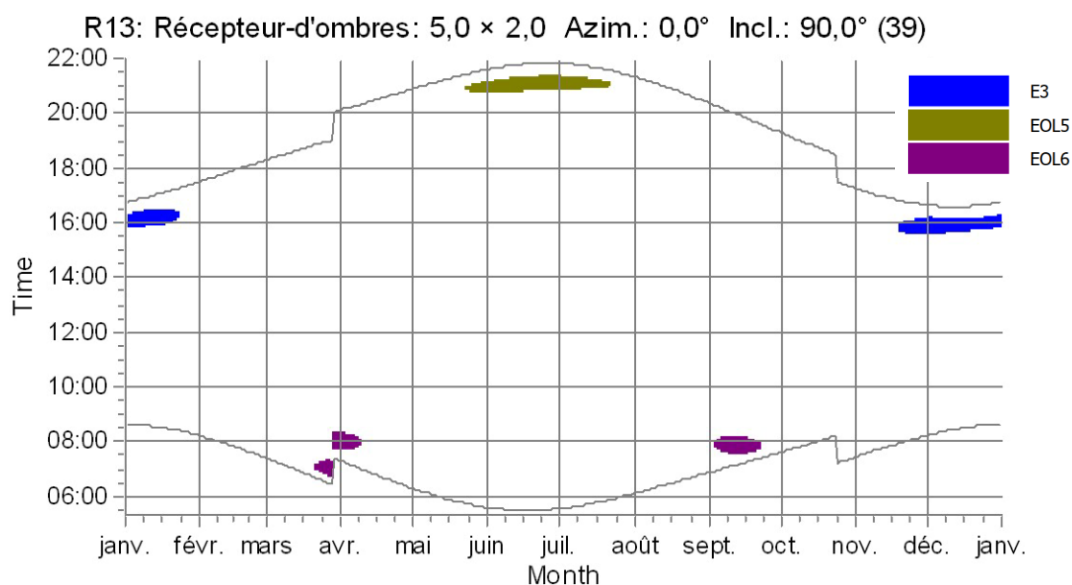


Figure 2.3-13. Calendrier d'ombrage de l'éolienne sur le récepteur n°13 (scénario 3)

Le récepteur n°14 sera soumis à un effet d'ombrage de la part de :

- E3 en janvier, en février, en novembre et en décembre ;
- EOL6 en mars, en avril, en août et en septembre (scénario 3 uniquement);
- EOL5 en mai, en juin et en juillet (scénario 3 uniquement).

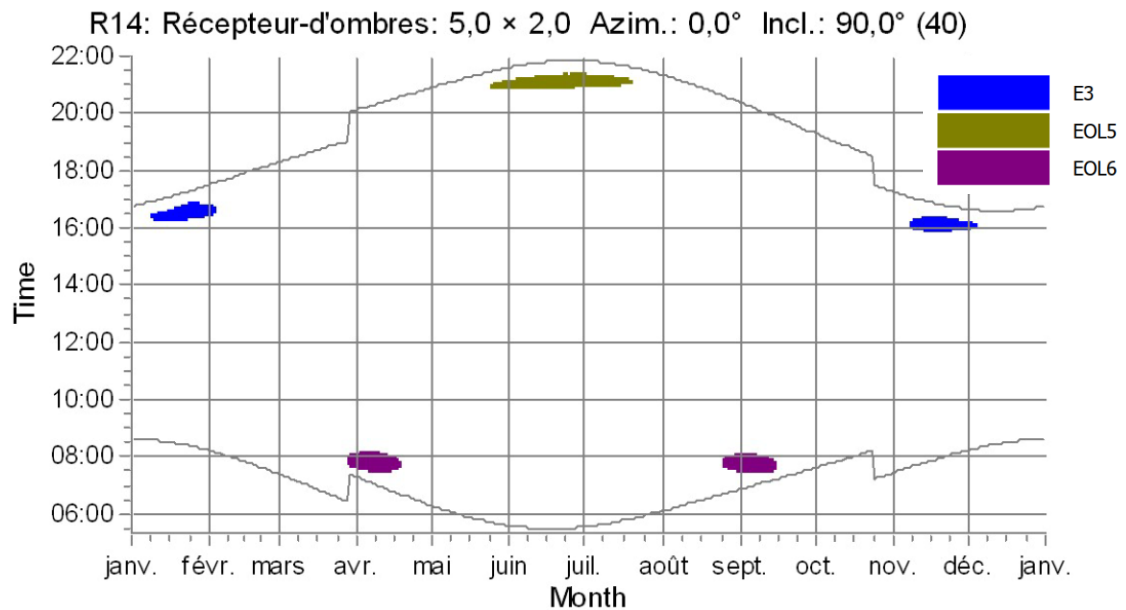


Figure 2.3-14. Calendrier d'ombrage de l'éolienne sur le récepteur n°14 (scénario 3)

2.3.4.6. Récepteurs n°18, 22, 23, 24, 25 et 26

Ces récepteurs sont concernés par des dépassements des seuils en situation maximaliste journalière, pour tous les scénarios.

Le récepteur n°18 sera soumis à un effet d'ombrage de la part de :

- E4 en mars, avril, août et en septembre ;
- EOL7 en mars, avril, août et en septembre (scénario 3 uniquement).

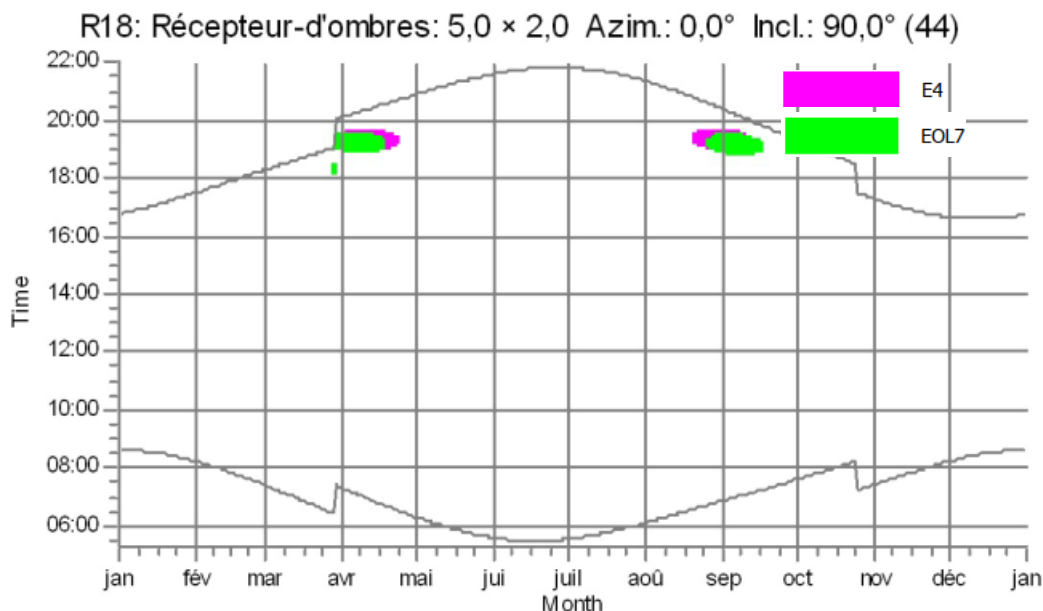


Figure 2.3-15. Calendrier d'ombrage de l'éolienne sur le récepteur n°18 (scénario 3)

Le récepteur n°22 sera soumis à un effet d'ombrage de la part de :

- E5 en février, mars et en octobre.

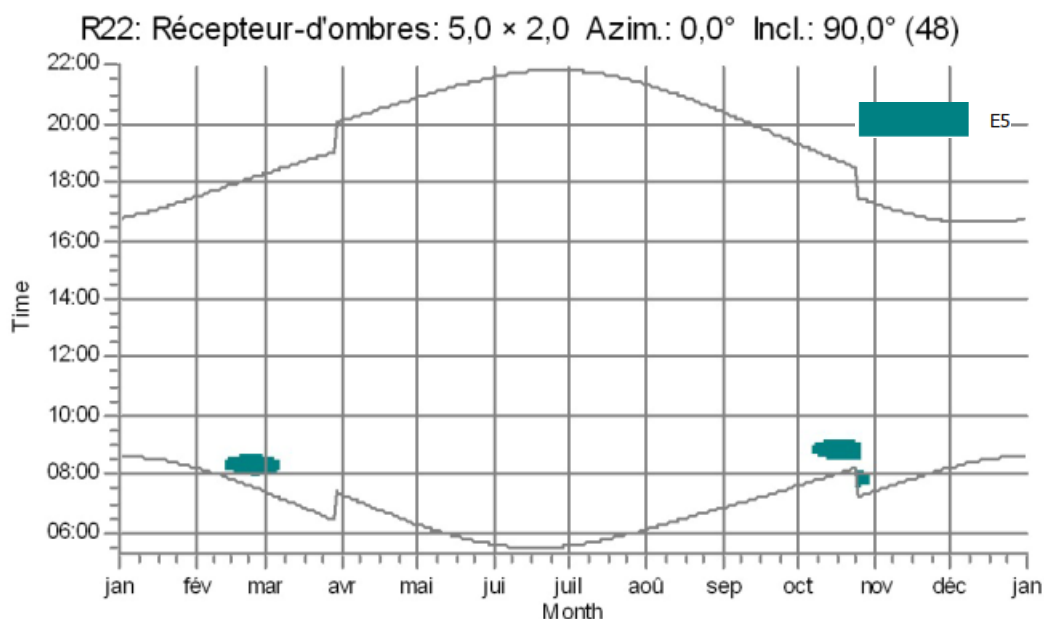
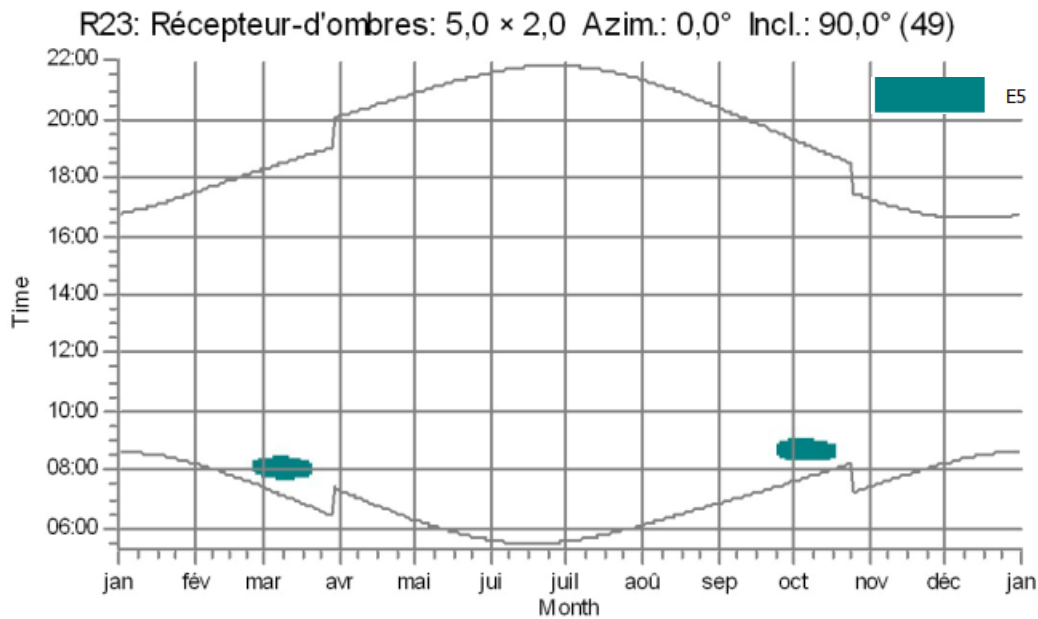


Figure 2.3-16. Calendrier d'ombrage de l'éolienne sur le récepteur n°22 (scénarios 1, 2 et 3)

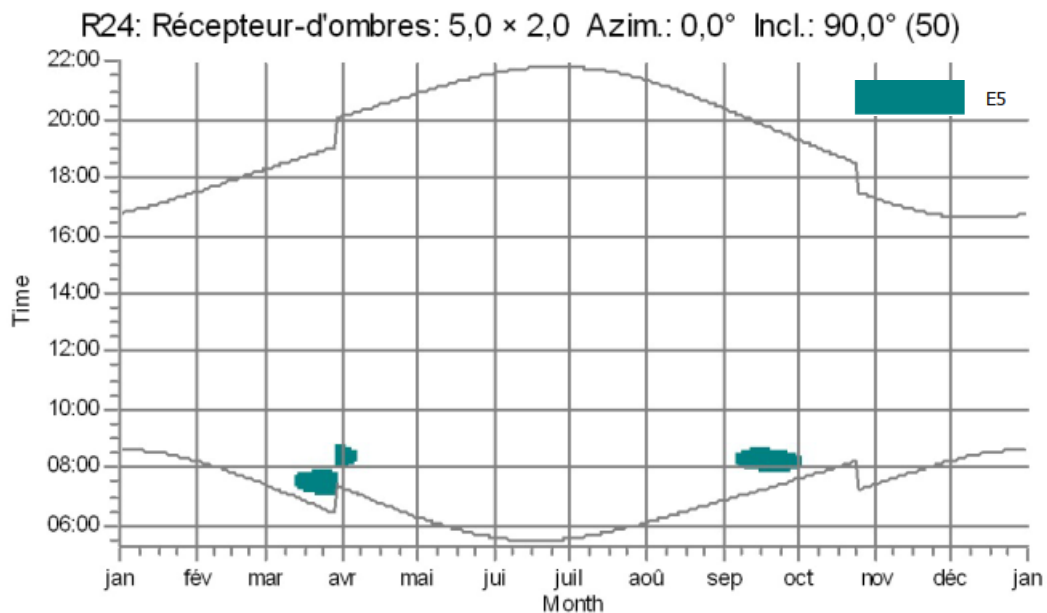
Le récepteur n°23 sera soumis à un effet d'ombrage de la part de :

- E5 en février, mars, septembre et en octobre.



Le récepteur n°24 sera soumis à un effet d'ombrage de la part de :

- E5 en mars, avril, septembre et en octobre.



Le récepteur n°25 sera soumis à un effet d'ombrage de la part de :

- E5 en mars, avril, août et en septembre.

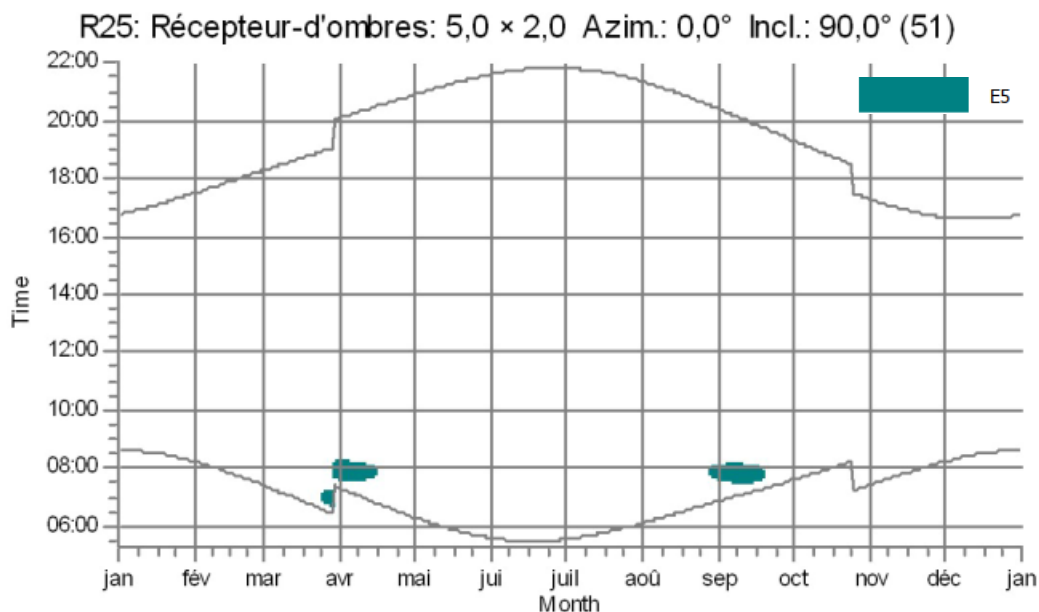


Figure 2.3-19. Calendrier d'ombrage de l'éolienne sur le récepteur n°25 (scénarios 1, 2 et 3)

Le récepteur n°26 sera soumis à un effet d'ombrage de la part de :

- E5 en avril, août et en septembre.

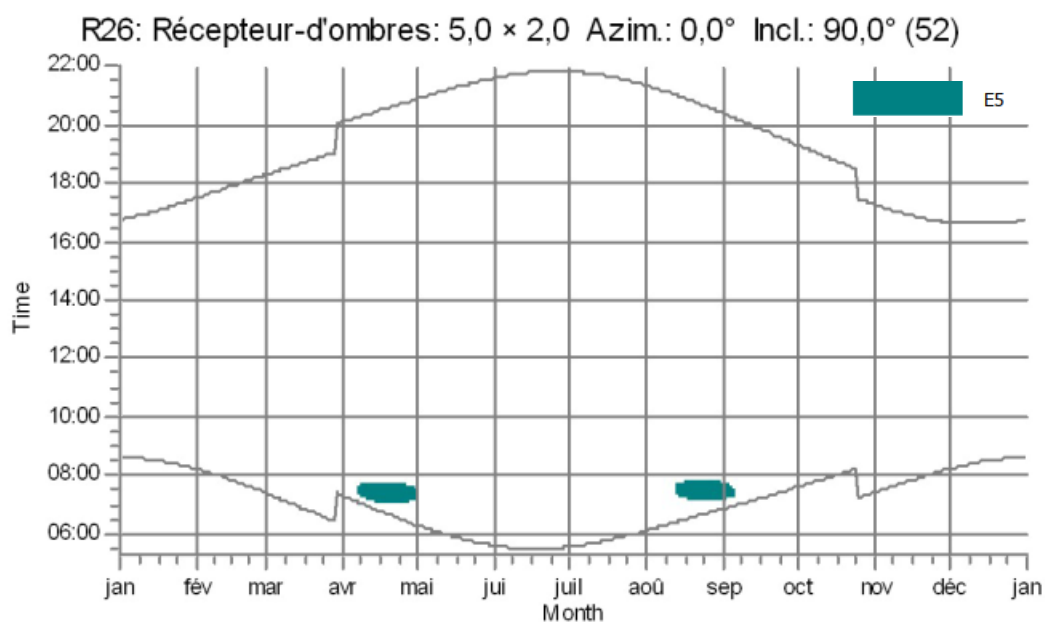


Figure 2.3-20. Calendrier d'ombrage de l'éolienne sur le récepteur n°26 (scénarios 1, 2 et 3)

2.3.4.7. Récepteur n°27

Ce récepteur est concerné par des dépassements des seuils en situation maximaliste journalière pour l'ensemble des scénarios, ainsi qu'en situation maximaliste et réaliste annuelle uniquement pour le scénario 3.

Le récepteur n°27 sera soumis à un effet d'ombrage de la part de :

- E3 en janvier, en novembre et en décembre ;

- L'éolienne en procédure EIE EOL6 en mars, en avril et en septembre (scénario 3 uniquement);
- EOL5 en mai, en juin et en juillet (scénario 3 uniquement);
- L'éolienne en cours de demande d'autorisation Wandrad Donkels en juin et en juillet – scénarios 2 et 3 uniquement (période commune à EOL5 donc peu visible sur le graphique ci-dessous).

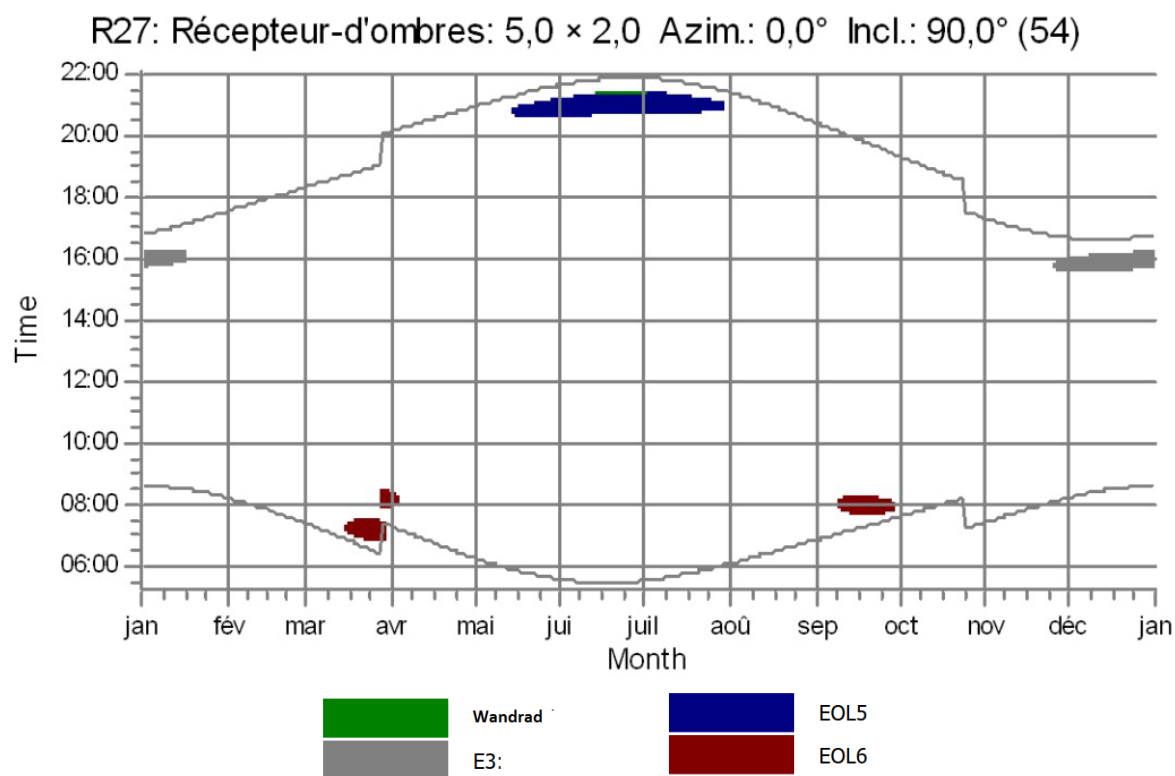


Figure 2.3-21. Calendrier d'ombrage de l'éolienne sur le récepteur n°27 (scénario 3)

2.3.5. Bridage du parc éolien

Étant donné que le projet de nouvelles éoliennes engendre des dépassements des seuils en situation maximaliste (annuelle et journalière) et en situation réaliste, un programme de bridage devra être mis en place. À noter que les bridages ne sont calculés que pour les scénarios 1 et 2 sachant que le scénario 3 est purement indicatif en ce qu'il ne pourra être mis en œuvre en raison de l'incompatibilité de certaines éoliennes.

Le bridage estimatif en situation annuelle maximaliste et réaliste est repris au tableau suivant. Ce bridage engendrera un certain impact sur le productible annuel selon la situation maximaliste mais n'engendrera qu'un impact réduit selon la situation réaliste.

- ⇒ Il est important de rappeler que ces modélisations n'ont pas tenu compte d'éventuels programmes de bridages appliqués aux éoliennes existantes, en projet ou autorisées qui induisent un effet d'ombrage cumulatif avec les 5 éoliennes du projet.
- ⇒ Le bridage sera donc maximaliste et ne concernera que les éoliennes du projet. Cette étude n'a pas pour objectif de proposer un programme de bridage impactant pour les autres éoliennes en procédure, autorisées ou existantes.

Tableau 2.3-5. Programme de bridage des éoliennes en h/an
(cumulatif avec les autres éoliennes autorisées, existantes et en procédure)

Situation	Éoliennes	Scénarios étudiés	
		1	2
Maximaliste	E1	11h01	33h58*
	E3	15h44	15h44
	E4	21h34	21h34
	Total	48h19	71h16
Réaliste	E1	1h11	4h55*
	Total	1h11	4h55

Les valeurs suivies d'un astérisque (*) correspondent à la valeur de durée d'ombrage maximale produite par l'éolienne du projet (ici E1) sur les récepteurs sélectionnés. Brider cette éolienne au-delà de ces durées serait inutile, étant donné que les récepteurs ne seront pas impactés quoi qu'il en soit.

Avec ces bridages optimisés, des dépassements des seuils légaux seront donc tout de même observés sur les récepteurs R07 et R08 mais uniquement à cause de l'éolienne voisine TAR5. Ainsi, afin de respecter les seuils légaux de 30h par an (selon le scénario maximaliste) et de 8h par an (en situation réaliste), l'éolienne TAR5 devra également être bridée.

Concernant le bridage journalier, il se peut que les éoliennes doivent être bridées lorsque le seuil de 30 min/jour sera dépassé. Le module de contrôle, installé sur l'éolienne E3, calculera l'ombre engendrée sur les récepteurs et permettra donc d'arrêter ces éoliennes en cas de dépassement. Ces arrêts journaliers auront un impact sur les arrêts annuels calculés ci-dessus mais impacteront aussi des récepteurs pour lesquels des dépassements annuels n'ont pas été modélisés (récepteurs n°0, 1, 3, 4, 5, 6, 18, 22, 23, 24, 25 et 26).

Ainsi, ces périodes d'arrêt journalier pourraient se cumuler avec les heures d'arrêt estimées dans le tableau ci-dessus (bridage annuel). Le détail des périodes où les éoliennes pourraient être arrêtées, en cas de dépassement du seuil journalier, est à retrouver dans les rapports en Annexe 2.

3. CONCLUSIONS

La modélisation de l'ombre mouvante des éoliennes en projet, en tenant compte de l'impact cumulatif avec les éoliennes existantes, autorisées et en cours de demande d'autorisation à proximité, conclut que le seuil de 30 h/an en situation maximaliste n'est dépassé pour 6 à 12 récepteurs selon le scénario étudié (1, 2 ou 3), soit les récepteurs n° 2, 5 à 14 et 27. Toujours selon le modèle maximaliste, le seuil de 30 min/jour est dépassé pour 18 à 21 récepteurs selon le scénario étudié (1, 2 ou 3), soit les récepteurs n° 0 à 12, 14, 18 et 22 à 27.

Enfin, le seuil de 8 h/an en situation réaliste (selon les statistiques climatiques) est dépassé pour 1 à 9 récepteur(s) selon le scénario étudié (1, 2 ou 3), soit les récepteurs n° 2, 5, 6, 7, 8, 12, 13, 14 et 27.

Pris indépendamment, le projet induit le dépassement des seuils autorisés pour 4 à 6 récepteurs en situation annuelle maximaliste (récepteurs n° 2 et 8 à 12) et pour un seul récepteur en situation réaliste (R02 dans le cas des scénarios Nordex).

Comme des dépassements de seuils sont identifiés dans les modélisations (situations maximalistes et réalistes), un programme de bridage sera donc à prévoir pour trois éoliennes du projet (E1, E3 et E4). Le module sera placé sur l'éolienne E3, qui occupe une position centrale au sein du projet, permettant ainsi de brider les trois éoliennes concernées. Il n'impactera que très peu le productible en situation réaliste.

4. RÉFÉRENCES

1. Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz (LAI) ; «Hinweise zur Ermittlung und Beurteilung der optischen Immissionen von Windenergieanlagen - Aktualisierung 2019 (WEA-Schattenwurf-Hinweise) » (<https://www.lai-immissionsschutz.de>) ; 23.01.2020.
2. Ministerialblatt NRW, "Erlass für die Planung und Genehmigung von Windenergieanlagen und Hinweise für die Zielsetzung und Anwendung (Windenergie-Erlass)", 8.05.2018.
3. LANUV, NRW, Sachinformation - Optische Immissionen von Windenergieanlagen, 2002.
4. Länderausschuss für Immissionsschutz (LAI), "Hinweise zur Ermittlung und Beurteilung der optischen Immissionen von Windenergieanlagen (WEA-Schattenwurf-Hinweise)", 2002.

5. ANNEXES

LISTE DES ANNEXES :

ANNEXE 1 – DOCUMENTS CARTOGRAPHIQUES

ANNEXE 2 – RAPPORTS DES CALCULS D'OMBAGE DU LOGICIEL WINDPRO

ANNEXE 3 – FICHES DESCRIPTIVES DES RÉCEPTEURS D'OMBAGE

5.1. Annexe 1 : Documents cartographiques

5.2. Annexe 2 : Rapports des calculs d'ombrage du logiciel Windpro

5.3. Annexe 3 : Fiches descriptives des récepteurs d'ombrage