

## TRACTEBEL ENGINEERING S.A.

Boulevard Simón Bolívar 36  
1000 - Brussels - BELGIQUE

engineering@tractebel.engie.com  
tractebel-engie.com

## Technical Document

Our ref.: WINDDEV/4NT/0867994/000/00

TS:

Imputation: W.002319/0004

INTERNAL

Client:

Project: VENTIS - NOTE DE PRODUCTION LAPLAIGNE

Subject: Étude de productible du parc éolien de Laplaigne (Ventis) avec bridage  
chiroptérologique, laridé, accoustique et d'ombre mouvante pour 4 éoliennes de type  
V136-3.6MW, E-138 4260kW, N117/3600

Comments:

Keywords: Energy production, Onshore wind power, Renewable energy, Shadow, Wind turbine

00	2024 02 22	FIN	*A. Legrand	*J. Van Himbeeck	*H. Van Vyve	*H. Van Vyve
REV.	YY/MM/DD	STAT.	WRITTEN	VERIFIED	APPROVED	VALIDATED

\* This document is fully electronically signed on 2024 02 28.

TRACTEBEL ENGINEERING S.A. - Registered office: Boulevard Simón Bolívar 36, 1000 Brussels - BELGIUM

VAT: BE 0412 639 681 - RPM/RPR Brussels: 0412 639 681 - Bank account IBAN: BE74375100843707 - BIC/SWIFT: BBRUBEBB



**Estimation de la production avec bridages acoustique, chiroptérologique, laridés et d'ombre mouvante pour des éoliennes de type V136-3.6 MW, E-138 EP3 E3 4260 MW et N117/3600**

## TABLE DES MATIÈRES

LISTE DES ABRÉVIATIONS.....	5
1. INTRODUCTION .....	6
2. RÉSUMÉ .....	7
3. IMPLANTATION .....	8
4. CLIMAT DE VENT .....	11
4.1. Méthodologie .....	11
4.2. Climat de vent local .....	11
5. SCÉNARIOS DE PRODUCTION.....	14
5.1. Types d'éoliennes.....	14
5.1.1. Types d'éoliennes à l'étude .....	14
5.1.2. Types d'éoliennes considérés pour les effets de sillage .....	15
5.2. Scénarios considérés.....	15
5.3. Evaluation de la turbulence.....	15
6. ÉVALUATION DU PRODUCTIBLE .....	18
6.1. Production brute.....	18
6.2. Pertes de production .....	21
6.2.1. Pertes générales .....	21
6.2.2. Pertes liées aux bridages .....	22
6.3. Production avec bridage cumulé.....	29

7. EFFET DE SILLAGES ENTRE EOLIENNES .....	31
7.1. Influence du projet sur la production des parcs environnants .....	31
7.2. Influence des parcs environnants sur le projet.....	32
8. BIBLIOGRAPHIE .....	33
9. ANNEXES .....	34

# LISTE DES ABRÉVIATIONS

AEP	Annual Energy Production / Production annuelle d'énergie
AGL	Above Ground Level / Au-dessus du sol
CS21	Conditions Sectorielles éoliennes de 2021
EIE	Etude d'incidences sur l'environnement
SCADA	Supervisory Control And Data Acquisition / Contrôle de surveillance et d'acquisition de données
TBWA	Tractebel Belgium Wind Atlas

# 1. INTRODUCTION

Dans le cadre du projet de parc éolien de Laplaigne, Ventis a chargé Tractebel d'évaluer le potentiel énergétique du parc. Le projet est composé de 4 éoliennes et est localisé sur la commune de Brunehaut. Ce rapport s'inscrit dans le cadre d'une demande de permis et évalue la production d'énergie avec bridages acoustique, chiroptérologique, laridés et d'ombre mouvante pour 3 types d'éoliennes.

Dans cette étude, deux scénarios sont étudiés :

- Le scénario A évalue le potentiel éolien du parc de Laplaigne en considérant les Conditions Sectorielles éoliennes de 2021 (CS21) (1) publiées au Moniteur Belge le 27 avril 2021, avec un première alternative de bridage acoustique ;
- Le scénario B évalue le potentiel éolien du parc de Laplaigne en considérant les Conditions Sectorielles éoliennes de 2021 (CS21) (1) publiées au Moniteur Belge le 27 avril 2021, avec un deuxième alternative de bridage acoustique ;

La première partie de l'étude est consacrée à l'évaluation du potentiel venteux du site caractérisé principalement par la vitesse et direction du vent à la hauteur de moyeu des types d'éoliennes considérés. Aucune campagne de mesures n'ayant été réalisée sur site, cette étude est basée sur la méthode du « Tractebel Belgium's Wind Atlas » (TBWA). Celle-ci utilise des données méso-échelle couplées à des données mesurées de vitesses de vent et de production.

Connaissant le climat de vent, l'énergie électrique générée pour un type d'éolienne peut être calculée en utilisant la courbe de puissance de l'éolienne. À cette énergie brute sont soustraites les pertes dues au sillage (i.e. interactions entre éoliennes), les pertes dues aux arrêts pour des raisons techniques ou environnementales, ainsi qu'une série de pertes techniques telles que les pertes électriques par exemple. L'estimation de la production électrique du parc éolien « nette » résultante porte également le nom de production P50, à savoir, la production qui sera dépassée avec une probabilité de 50% sur la période considérée.

Cette production est la production moyenne la plus probable sur base des données disponibles pour le calcul. Ce chiffre de production, valable pour toute la durée de vie du parc éolien, doit être utilisé comme référence dans une comparaison entre différents projets éoliens, différents types d'éoliennes, différentes périodes d'exploitation, etc. Sauf mention contraire, les résultats de production présentés dans ce rapport correspondent à des productions P50.

**La méthodologie utilisée par Tractebel pour l'estimation du potentiel éolien du parc est explicitée dans la suite de ce rapport, et de manière plus détaillée dans une note méthodologique écrite par Tractebel (2).**

## 2. RÉSUMÉ

La vitesse moyenne dans le parc est de 6.3 m/s à 132.0 m AGL. Les productions P50 brute, brute ajustée et nette du parc avec bridages acoustique, chiroptérologique et d'ombre mouvante sont reprises pour les Conditions Sectorielles éoliennes de 2021 (Scénario A) dans le Tableau 1.

TABLEAU 1: TABLEAU RÉCAPITULATIF DES PRINCIPAUX RÉSULTATS – CONDITIONS SECTORIELLES DE 2021

### Scénario A – Alternative 1 de bridage acoustique - Production et pertes

-	Unité	V136	E-138	N117
AEP brute	MWh/an	47 029	50 271	36 339
Perte de sillage	%	5.3%	5.5%	5.7%
AEP brute ajustée	MWh/an	44 547	47 503	34 274
Perte brute/nette (sans bridage)	%	7.5%	7.5%	7.5%
Perte due au bridage chiroptérologique	%	2.0%	2.2%	2.0%
Perte due aux bridages laridés	%	5.2%	5.2%	5.3%
Perte due aux bridages acoustiques	%	7.3%	6.8%	0.3%
Perte due au bridage d'ombre mouvante	%	0.0%	0.0%	0.0%
Perte due aux bridages cumulés	%	14.0%	13.7%	7.5%
Perte brute/nette (avec bridages)	%	20.5%	20.2%	14.4%
Production nette avec bridage cumulé	MWh/an	35 409	37 915	29 325

**Scénario B – Alternative 2 de bridage acoustique - Production et pertes**

-	Unité	V136	E-138	N117
AEP brute	MWh/an	47 029	50 271	36 339
Perte de sillage	%	5.4%	5.6%	5.7%
AEP brute ajustée	MWh/an	44 490	47 432	34 265
Perte brute/nette (sans bridage)	%	7.5%	7.5%	7.5%
Perte due au bridage chiroptérologique	%	2.0%	2.2%	2.0%
Perte due aux bridages laridés	%	5.2%	5.2%	5.3%
Perte due aux bridages acoustiques	%	1.2%	1.4%	0.0%
Perte due au bridage d'ombre mouvante	%	0.0%	0.0%	0.0%
Perte due aux bridages cumulés	%	8.2%	11.5%	7.2%
Perte brute/nette (avec bridages)	%	15.1%	18.1%	14.2%
Production nette avec bridage cumulé	MWh/an	37 752	38 837	29 412

### 3. IMPLANTATION

Les coordonnées des éoliennes projetées sont présentées dans le Tableau 2.

TABLEAU 2: COORDONNÉES EN LAMBERT 72 DES ÉOLIENNES DU PROJET DE PARC ÉOLIEN DE LAPLAIGNE, VENTIS

Éolienne	Coordonnées (Lambert 72)	
	X (m)	Y (m)
WT1	84 077	136 654
WT2	84 304	136 324
WT3	84 028	135 850
WT4	83 666	135 425

This document is the property of Tracibel Engineering S.A. Any duplication or transmission to third parties is forbidden without prior written approval

Cette étude tient également compte des effets de sillage induits par la présence d'éoliennes existantes et permises à proximité du projet considéré dont les caractéristiques sont reprises dans le Tableau 3.

TABLEAU 3: TABLEAU RÉCAPITULATIF DES ÉOLIENNES CONSIDÉRÉES POUR LES EFFETS DE SILLAGE

Éolienne	Type	Développeur	Statut	Coordonnées (Lambert 72)	
Identifiant	-	-	-	X (m)	Y (m)
E1	E-82 E2	Ventis/TABNRG	Existante	82 106	139 731
E2	E-82 E2	Ventis/TABNRG	Existante	81 812	139 657
E3	E-82 E2	Ventis/TABNRG	Existante	81 489	139 670
E4	E-82 E2	Ventis/TABNRG	Existante	81 205	139 655
E5	E-82 E2	Ventis/TABNRG	Existante	82 389	140 466
E6	E-82 E2	Ventis/TABNRG	Existante	82 018	140 360
E7	E-82 E2	Ventis/TABNRG	Existante	82 538	139 909
E1Ext	E-115 EP3 E3	Ventis	Permise	80 829	139 437
E2Ext	E-115 EP3 E3	Ventis	Permise	80 487	139 295
E3Ext	E-115 EP3 E3	Ventis	Permise	80 118	139 206

This document is the property of Tracibel Engineering S.A. Any duplication or transmission to third parties is forbidden without prior written approval

La Figure 1 représente une vue d'implantation du parc éolien en projet ainsi que les éoliennes existantes et autorisées à proximité du site considéré.

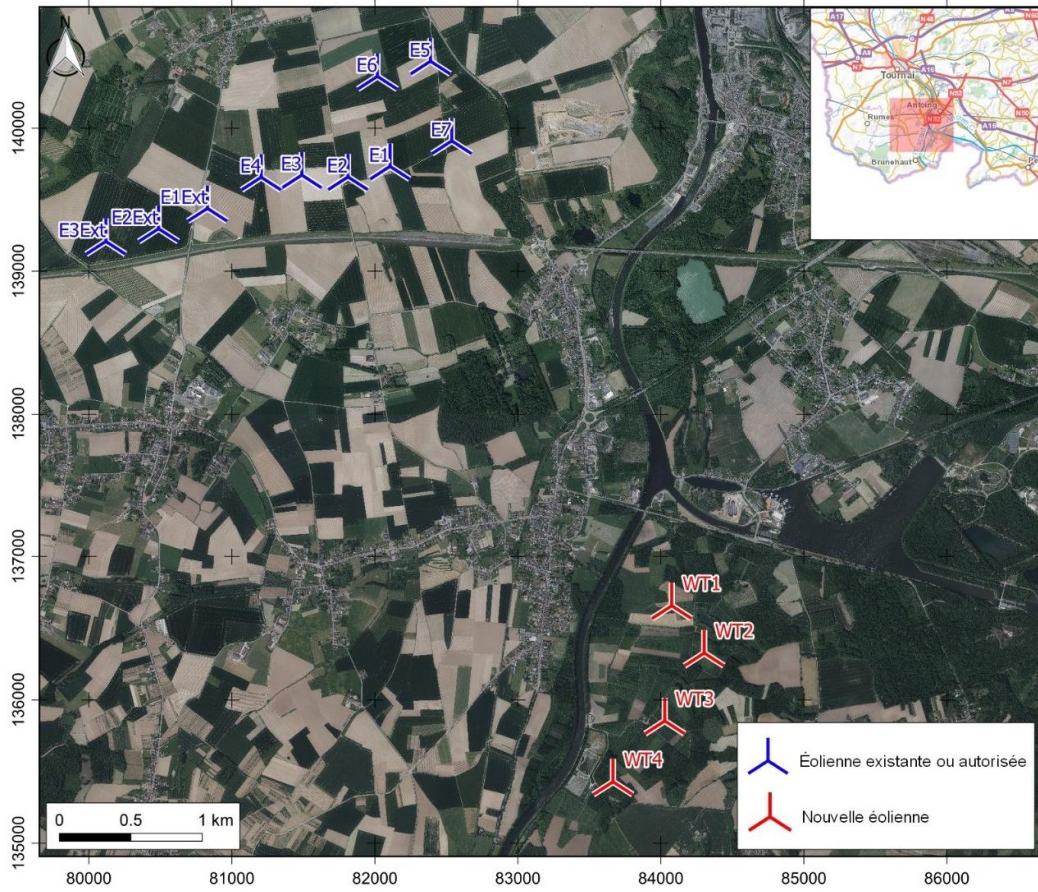


Figure 1: Implantation du parc éolien de Laplaigne, Ventis  
© SPW

This document is the property of Tractebel Engineering S.A. Any duplication or transmission to third parties is forbidden without prior written approval

## 4. CLIMAT DE VENT

### 4.1. Méthodologie

Etant donné qu'aucune campagne de mesures n'a été effectuée sur site ou à proximité directe du projet, la méthode du « Tractebel Belgium Wind Atlas » a été utilisée pour estimer le climat de vent local.

Le climat de vent à hauteur de moyeu est basé sur le modèle méso-échelle EMD-WRF Europe+ (3) développé par EMD à l'aide du modèle de flux WRF (Weather Research and Forecasting) (4) et basé sur des données de réanalyse ERA-5 (5). Ces données sont ensuite calibrées à partir des données de production (SCADA) de parcs existants ou de mesures de vent réalisées dans les environs. L'Atlas consiste en des séries temporelles de 20 ans disponibles partout en Belgique avec une résolution spatiale de 3 km.

Une explication détaillée de la méthodologie est reprise dans la note méthodologique de Tractebel (2).

### 4.2. Climat de vent local

Sur base de la méthodologie décrite au paragraphe précédent, le climat de vent est estimé aux hauteurs de moyeu des types d'éoliennes considérés (cf. Tableau 5).

Le calcul de production énergétique annuel du parc est basé sur l'exploitation de données de vent selon des séries temporelles. Cependant, il est utile pour comparer différentes zones de projets de considérer le potentiel venteux moyen du site. Ceci est possible en comparant les paramètres de Weibull des différentes zones.

Le Tableau 4 présente les paramètres de Weibull caractérisant le climat de vent à hauteur de moyeu du site de Laplaigne.

TABLEAU 4: CLIMAT DE VENT LOCAL – PARAMÈTRES DE WEIBULL ET VITESSE MOYENNE

Altitude au-dessus du sol	Vitesse de vent – Statistique	Vitesse du vent – Weibull	A	k
[m AGL]	[m/s]	[m/s]	[m/s]	-
120.0	6.15	6.24	7.04	2.2423
130.6	6.28	6.38	7.20	2.2351
132.0	6.30	6.39	7.22	2.2339

La distribution de Weibull, les répartitions de fréquence par secteur (rose des vents) et de l'énergie par secteur (rose d'énergie) à 132.0 m au-dessus du sol sont présentées par les Figure 2 à Figure 4.

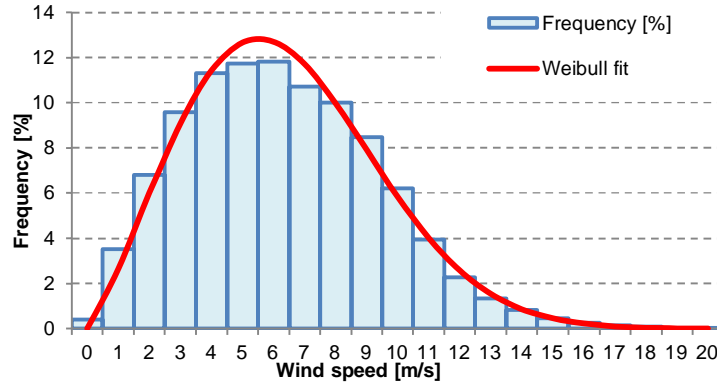


Figure 2: Climat de vent local à 132.0 m AGL – Densité de probabilité des vitesses de vent (bleu) et distribution de Weibull associée (rouge)

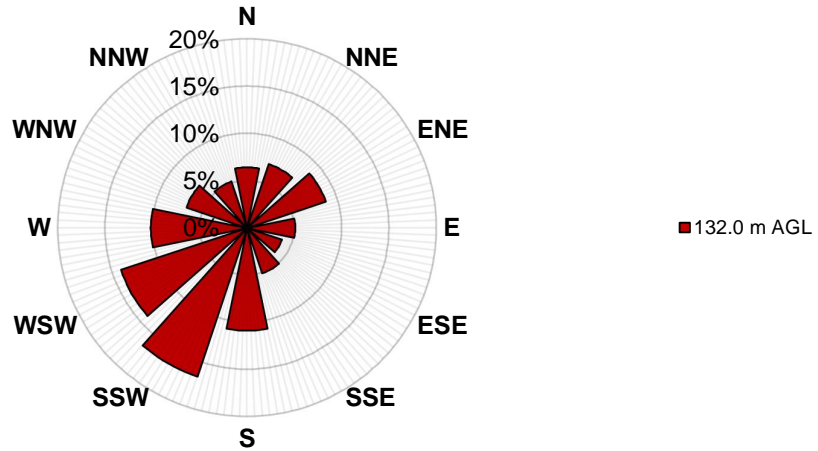


Figure 3: Climat de vent local à 132.0 m AGL – Rose des vents

This document is the property of Tracibel Engineering S.A. Any duplication or transmission to third parties is forbidden without prior written approval

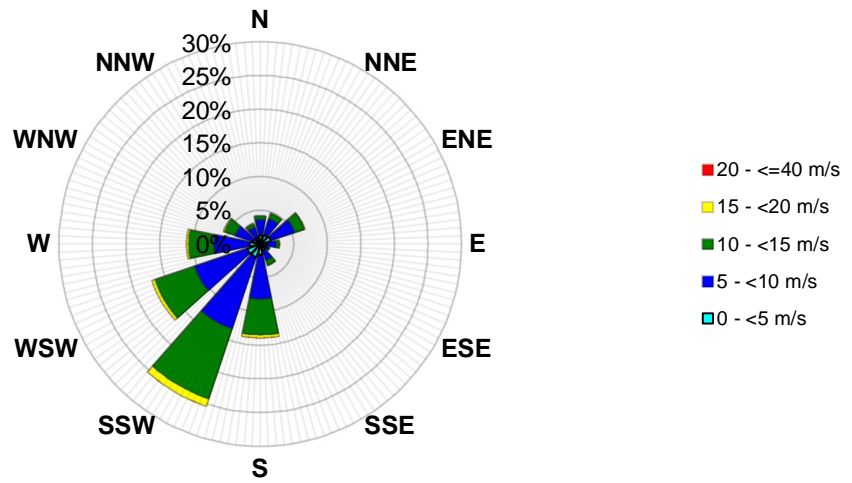


Figure 4: Climat de vent local à 132.0 m AGL – Rose d'énergie

This document is the property of Tracibel Engineering S.A. Any duplication or transmission to third parties is forbidden without prior written approval

## 5. SCÉNARIOS DE PRODUCTION

### 5.1. Types d'éoliennes

#### 5.1.1. Types d'éoliennes à l'étude

La présente étude est réalisée pour les éoliennes définies dans le Tableau 5.

TABLEAU 5 : TYPES D'ÉOLIENNES CONSIDÉRÉS

Type	V136-3.6 MW	E-138 EP3 E3 4260kW	N117/3600
Alias <sup>1</sup>	V136	E-138	N117
Constructeur	Vestas	Enercon	Nordex
Puissance nominale [MW]	3.6	4.26	3.6
Puissance acoustique [dB(A)]	105.5	106.0	103.5
Diamètre du rotor [m]	136	138.3	116.8
Hauteur de nacelle [m AGL]	132.0	130.6	120.0
Hauteur totale [m AGL]	200	199.75	178.4
Classe IEC	IIIA	SA	IIA
Pâles équipées de « serrations » (STE <sup>2</sup> ) ?	Oui	Oui	Oui

Les courbes de puissance correspondantes sont fournies en **Annexe A**, en fonction de la vitesse du vent et pour une densité d'air de 1.225 kg/m<sup>3</sup>. Ces courbes de puissance sont des courbes de puissance calculées et garantie à 100% par le fabricant. Pour le calcul de production, ces courbes sont ajustées pour la densité d'air du site.

<sup>1</sup> Dans la suite de cette note, le modèle d'éolienne sera identifié selon son « Alias » pour faciliter la lecture.

<sup>2</sup> Serrated Trailing Edge. Cet accessoire permet de réduire les émissions sonores des machines.

### 5.1.2. Types d'éoliennes considérés pour les effets de sillage

Les caractéristiques des éoliennes existantes et permises à proximité du parc considéré sont présentées dans le Tableau 6.

TABLEAU 6: TYPES D'ÉOLIENNES CONSIDÉRÉS POUR LES EFFETS DE SILLAGE

Constructeur	Type	Puissance nominale	Diamètre du rotor	Hauteur de nacelle	Hauteur totale
-	-	[MW]	[m]	[m AGL]	[m]
Enercon	E-82 E2 <sup>3</sup>	2.30	82	108	149
Enercon	E-115 EP3 E3 <sup>3</sup>	4.2	115	92	150

### 5.2. Scénarios considérés

Dans cette étude, les scénarios définis dans le Tableau 7 sont étudiés :

TABLEAU 7: SCÉNARIOS CONSIDÉRÉS

Éolienne	Scénarios		
	1	2	3
Identifiant	1	2	3
WT1	V136	E-138	N117
WT2	V136	E-138	N117
WT3	V136	E-138	N117
WT4	V136	E-138	N117
Puissance totale installée [MW]	14.4	17.0	14.4

### 5.3. Evaluation de la turbulence

Puisque le paramètre  $k$  de Weibull est effectivement supérieur à 1.8, d'après la vitesse moyenne obtenue à partir du climat de vent local (Tableau 4), les relations supposées dans la norme IEC 61400-1 (6) entre la vitesse de vent moyenne, la vitesse de vent de référence<sup>4</sup> et la vitesse de vent extrême<sup>5</sup> peuvent théoriquement être considérées comme valables. De ce fait, la vitesse de vent moyenne détermine la classe d'éolienne selon la norme IEC 61400-1.

<sup>3</sup> La numérotation des types E et EP n'étant pas précisée par le client, ces types ont été sélectionnés pour l'étude

<sup>4</sup>  $v_{ref}$  = valeur extrême de la vitesse de vent moyenne sur 10 min, avec une période de retour de 50 ans

<sup>5</sup>  $v_{e50}$  = vitesse de vent extrême (moyenne sur 3 secondes) avec une période de retour de 50 ans

La vitesse moyenne calculée ( $V_{ave}$ ) montre que les éoliennes doivent être certifiées au minimum suivant la classe III de la norme IEC 61400-1. La vitesse de vent de référence ( $V_{ref}$ ) pour laquelle les turbines sont certifiées est alors de 37.5 m/s maximum, ce qui correspond à une vitesse de vent extrême de ( $V_{50,gust}$ ) de 52.5 m/s.

Suivant la norme NBN B03-002-1 (7), la classe des terrains environnants est II (paysage ouvert avec habitations isolées et/ou bois) et les intensités des turbulences ambiantes à hauteur d'axe des machines étudiées (132.0 m, 130.6 m, 120.0 m) sont respectivement de 10.6%, 10.6 % et 10.7%. En sommant les turbulences induites par les effets de sillage, calculées suivant la méthodologie de (2), avec ces turbulences ambiantes, on obtient l'intensité de turbulence totale. La valeur maximale de turbulence attendue pour chaque type de turbine pour trois vitesses de vent dans l'intervalle  $[0.2 \cdot V_{ref} ; 0.4 \cdot V_{ref}]$  est reportée dans le Tableau 8 ci-dessous :

TABLEAU 8: VÉRIFICATION DES NIVEAUX DE TURBULENCE

<b>V136</b>	<b>Niveau de turbulence</b>		
Vitesse de vent	8 m/s	12 m/s	15 m/s
Turbulence ambiante	10.6%		
Turbulence totale	18.5%	13.3%	12.0%
Critère IEC - Classe A	23.2%	19.5%	18.0%
<b>Acceptabilité</b>	<b>OK</b>	<b>OK</b>	<b>OK</b>

<b>E-138</b>	<b>Niveau de turbulence</b>		
Vitesse de vent	8 m/s	12 m/s	15 m/s
Turbulence ambiante	10.6%		
Turbulence totale	18.8%	14.0%	12.5%
Critère IEC - Classe A	23.2%	19.5%	18.0%
<b>Acceptabilité</b>	<b>OK</b>	<b>OK</b>	<b>OK</b>

<b>N117</b>	<b>Niveau de turbulence</b>		
Vitesse de vent	8 m/s	12 m/s	15 m/s
Turbulence ambiante	10.7%		
Turbulence totale	19.5%	13.9%	12.5%
Critère IEC - Classe A	23.2%	19.5%	18.0%
<b>Acceptabilité</b>	<b>OK</b>	<b>OK</b>	<b>OK</b>

Au vu des résultats, les éoliennes doivent être certifiées au minimum suivant la classe IEC B de la norme internationale IEC 61400 – 1 (6).

Les éoliennes de types V136, E-138 et N117 certifiées classe A suivant la norme internationale IEC 61400 – 1 (6), ont une certification suffisante au vu des niveaux de turbulence totale attendus.

Il est à noter que le niveau de turbulence ambiante est une hypothèse et n'est pas le résultat d'une campagne de mesure sur site.

## 6. ÉVALUATION DU PRODUCTIBLE

### 6.1. Production brute

La production annuelle d'énergie (AEP) est calculée sur base de résultats horaires obtenus en utilisant le logiciel WindPRO (8) couplé à WAsP (9). Les pertes de sillage sont calculées en utilisant le modèle N.O. Jensen (RISØ) (10).

**L'AEP brute** représente la production basée sur une disponibilité de 100% et sur une courbe de puissance certifiée à 100%, mais ne tient pas compte des pertes techniques, des pertes dues aux bridages environnementaux et des pertes de sillage. **L'AEP brute ajustée** correspond à l'AEP brute ajustée en prenant en compte<sup>6</sup> les pertes de sillage dues aux éoliennes en projet et avoisinantes. Le **rendement du parc** permet de quantifier les pertes de production d'énergie résultantes des interactions entre éoliennes (sillage, turbulence induite, etc.).

Dans ces calculs, la masse volumique d'air moyenne sur l'ensemble du parc éolien est de 1.229 kg/m<sup>3</sup> à 132.0 m AGL.

Les AEP brutes, AEP brutes ajustées ainsi que les rendements sont présentés respectivement et pour chaque scénario dans les Tableau 9, Tableau 10 et Tableau 10. Les AEP sont présentées en MWh/an. Le rendement est défini comme le ratio entre la production tenant compte des effets de sillage et la production utilisant le climat de vent « libre » (sans effet de sillage) sur la même turbine, à la même localisation.

TABLEAU 9: PRODUCTION BRUTE (MWH/AN)

Condition	CS21		
	Eolienne	V136	E-138
WT1	11 729	12 534	9 048
WT2	11 692	12 492	9 013
WT3	11 737	12 546	9 066
WT4	11 871	12 698	9 211
Moyenne	11 757	12 568	9 085
Total	47 029	50 271	36 339

<sup>6</sup>

Dans cette note, l'AEP brute ajustée est calculée sur base des pertes de sillage résultantes de l'activité des éoliennes avec l'application des bridages sonores, chiroptérologiques et laridés (voir Section 6.2.2).

TABLEAU 10: PRODUCTION BRUTE AJUSTÉE (MWH/AN)

Condition	CS21 – Scénario A			
	Eolienne	V136	E-138	N117
WT1	11 212	11 966	8 624	
WT2	10 863	11 532	8 307	
WT3	10 928	11 673	8 379	
WT4	11 545	12 332	8 965	
Moyenne	11 137	11 876	8 569	
Total	44 547	47 503	34 274	

Condition	CS21 – Scénario B			
	Eolienne	V136	E-138	N117
WT1	11 214	11 964	8 622	
WT2	10 831	11 524	8 305	
WT3	10 916	11 637	8 375	
WT4	11 529	12 308	8 963	
Moyenne	11 123	11 858	8 566	
Total	44 490	47 432	34 265	

TABLEAU 11: RENDEMENT (%)

Condition	CS21 – Scénario A			
	Eolienne	V136	E-138	N117
WT1	95.6%	95.5%	95.3%	
WT2	92.9%	92.3%	92.2%	
WT3	93.1%	93.0%	92.4%	
WT4	97.2%	97.1%	97.3%	
Perte de sillage	5.3%	5.5%	5.7%	

This document is the property of Tracibel Engineering S.A. Any duplication or transmission to third parties is forbidden without prior written approval

Condition	CS21 – Scénario B		
	V136	E-138	N117
WT1	95.6%	95.5%	95.3%
WT2	92.6%	92.2%	92.1%
WT3	93.0%	92.7%	92.4%
WT4	97.1%	96.9%	97.3%
Perte de sillage	5.4%	5.6%	5.7%

## 6.2. Pertes de production

### 6.2.1. Pertes générales

Afin de déterminer la production nette sans bridage, définie comme étant l'AEP brute ajustée tenant compte de l'indisponibilité technique, les pertes suivantes (basées sur les données fournies par Ventis) sont prises en compte dans le calcul de production :

TABLEAU 12: PERTES SUR LA PRODUCTION BRUTE AJUSTÉE

Catégories standards	#	Sous-catégories	V136	E-138	N117
1. Disponibilité	1a	Eolienne	3.05%	3.05%	3.05%
	1b	Balance of plant	0.30%	0.30%	0.30%
	1c	Réseau électrique	0.00%	0.00%	0.00%
	1d	Autre	0.00%	0.00%	0.00%
2. Pertes de sillage	2a	Effets de sillage internes <sup>7</sup>	0.00%	0.00%	0.00%
	2b	Effets de sillage externes	0.00%	0.00%	0.00%
	2c	Effets de sillage futurs	0.00%	0.00%	0.00%
3. Performance de l'éolienne	3a	Courbe de puissance	0.00%	0.00%	0.00%
	3b	Ecoulement du vent	0.00%	0.00%	0.00%
	3c	Hystérésis	0.00%	0.00%	0.00%
	3d	Autre	0.00%	0.00%	0.00%
4. Electrique	4a	Pertes électriques <sup>8</sup>	1.30%	1.30%	1.30%
	4b	Consommation parasite	0.40%	0.40%	0.40%
5. Environnement	5a	Dégradation de la performance (sauf glace)	0.00%	0.00%	0.00%
	5b	Dégradation de la performance due à la glace	0.00%	0.00%	0.00%
	5c	Arrêt dû à la glace, à un impact de la foudre, à la grêle, etc.	2.19%	2.19%	2.19%
	5d	Température haute et basse	0.00%	0.00%	0.00%
	5e	Accès au site et autres événements de force majeure	0.50%	0.50%	0.50%

<sup>7</sup> Les pertes de sillage sont déjà incluses dans la production brute ajustée.

<sup>8</sup> Les pertes électriques sont composées de 0.8% de pertes de transmission dans le transformateur élévateur de l'éolienne et de 0.5% de perte dans les câbles intra-parc.

Catégories standards	#	Sous-catégories	V136	E-138	N117
	5f	Croissance et abattage des forêts	0.00%	0.00%	0.00%
6. Restriction	6a	Wind sector management (WSM) <sup>9</sup>	0.00%	0.00%	0.00%
	6b	Réseau et taux de rampe	0.00%	0.00%	0.00%
	6c	Export vers le réseau	0.00%	0.00%	0.00%
	6d	Environnemental (bruit, visuel, avifaune, etc.)	0.00%	0.00%	0.00%
7. Autres	7a	Relation entre vitesse de vent et énergie	0.00%	0.00%	0.00%
	7b	Densité d'air	0.00%	0.00%	0.00%
	7c	Autre	0.00%	0.00%	0.00%
Pertes totales		Total des pertes (sauf pertes de sillage)	7.52%	7.52%	7.52%

### 6.2.2. Pertes liées aux bridages

Les scénarios de bridages acoustique, chiroptérologique, laridé et d'ombre mouvante décrits dans ce chapitre ont été fournis par Sertius – l'auteur de l'EIE . Pour le détail des hypothèses, nous renvoyons à Sertius.

Les pertes résultantes des bridages sont exprimées en pourcentage de l'AEP brute ajustée telle que définie dans la section 6.1.

<sup>9</sup> "Gestion des secteurs de vent" : arrêt commandé lorsque le vent vient d'un secteur défini.

### 6.2.2.1. BRIDAGE CHIROPTÉROLOGIQUE

Le site considéré pour le projet se trouvant dans une zone où une activité chiroptérologique a été observée, des modes de bridage spécifiques devront être appliqués pour protéger la chiroptérofaune.

Sur base des recommandations mentionnées dans l'EIE, les éoliennes WT1 à WT4 devront être arrêtées lorsque les conditions cumulatives suivantes sont remplies :

- Période 1 (période de migration)
  - du 1er août au 31 octobre,
  - entre l'heure du coucher du soleil et jusqu'à 7 h après l'heure du lever du soleil,
  - température de l'air supérieure à 6.4°C au sol
  - vitesse de vent à hauteur de la nacelle inférieure à 6.5 m/s
  - en l'absence de précipitations ;
- Période 2 (hors période de migration)
  - du 1er avril au 31 juillet
  - pendant 9 heures et demi après l'heure du coucher de soleil,
  - température de l'air supérieure à 11.8°C au sol,
  - vitesse de vent à hauteur de la nacelle inférieure à 6.2 m/s,
  - en l'absence de précipitations.

Pour estimer les pertes dues à ce type de bridage, pour chacun des 3 scénarios, un calcul de production sur base d'une série temporelle horaire a été réalisé. Pour chaque pas de temps, un algorithme vérifie si la condition de bridage est respectée. Les pertes de bridage chiroptérologique sont définies comme des pertes d'énergie si les conditions de bridage chiroptérologique sont rencontrées et qu'aucun autre bridage de priorité plus élevée n'est déjà appliqué.

Pour déterminer si les conditions de bridage sont rencontrées, il est supposé que les conditions climatiques des données horaires de réanalyse ERA-5 (5) des 20 dernières années (direction du vent à hauteur de nacelle, température à 2m, précipitations, etc.) sont représentatives des 20 prochaines années.

La perte de production par rapport à la production sans bridage est reprise dans le Tableau 13.

TABLEAU 13: PERTE DE PRODUCTION DUE AU BRIDAGE CHIROPTÉROLOGIQUE (%)

Condition	CS21			
	Eolienne	V136	E-138	N117
WT1	2.0%	2.1%	2.0%	2.0%
WT2	2.1%	2.2%	2.0%	2.0%
WT3	2.2%	2.3%	2.1%	2.1%
WT4	1.9%	2.1%	1.9%	1.9%
Total	2.0%	2.2%	2.0%	2.0%

### 6.2.2.2. BRIDAGE LARIDÉ

Le site considéré pour le projet se trouvant dans une zone où une activité de laridés a été observée, des modes de bridage spécifiques devront être appliqués pour protéger les laridés.

Sur base des recommandations mentionnées dans l'EIE, les éoliennes WT1 à WT4 devront être arrêtées lorsque les conditions cumulatives suivantes sont remplies :

- Période
  - du 1<sup>er</sup> septembre au 1<sup>er</sup> mars
  - entre 30 minutes<sup>10</sup> avant le lever du soleil et 30 minutes après le lever du soleil
  - entre 30 minutes avant le coucher du soleil et 30 minutes après le coucher du soleil<sup>11</sup>

Pour estimer les pertes dues à ce type de bridage, pour chacun des 3 scénarios, un calcul de production sur base d'une série temporelle horaire a été réalisé. Pour chaque pas de temps, un algorithme vérifie si la condition de bridage est respectée. Les pertes de bridage laridé sont définies comme des pertes d'énergie si les conditions de bridage laridé sont rencontrées et qu'aucun autre bridage de priorité plus élevée n'est déjà appliqué.

Pour déterminer si les conditions de bridage sont rencontrées, il est supposé que les conditions climatiques des données horaires de réanalyse ERA-5 (5) des 20 dernières années (direction du vent à hauteur de nacelle, température à 2m, précipitations, etc.) sont représentatives des 20 prochaines années.

La perte de production par rapport à la production sans bridage est reprise dans le Tableau 13.

<sup>10</sup> À des fins de modélisation du bridage en conditions horaires (pas de temps utilisé pour la modélisation), la condition utilisée est entre 1 heure avant le lever du soleil et au lever du soleil

<sup>11</sup> À des fins de modélisation du bridage en conditions horaires (pas de temps utilisé pour la modélisation), la condition utilisée est entre 1 heure avant le coucher du soleil et au coucher du soleil

TABLEAU 14: PERTE DE PRODUCTION DUE AU BRIDAGE LARIDÉS (%)

Condition	CS21			
	Eolienne	V136	E-138	N117
WT1	5.1%	5.1%	5.2%	5.2%
WT2	5.3%	5.3%	5.4%	5.4%
WT3	5.3%	5.3%	5.4%	5.4%
WT4	5.0%	5.1%	5.1%	5.1%
Total	5.2%	5.2%	5.3%	5.3%

### 6.2.2.3. BRIDAGE DU À L'OMBRE MOUVANTE

Le nombre d'heures d'ombre mouvante provoquée par les éoliennes a été calculé par Sertius et est donné dans le Tableau 15. Le cas « probable » (situation réaliste<sup>12</sup>) a été considéré dans cette étude afin d'estimer des pertes de production réalistes pour le bridage dû à l'ombre mouvante.

Suivant les Conditions Sectorielles éoliennes de 2021 (CS21), Les effets des ombres mouvantes générés par le fonctionnement des éoliennes sont limités à 30 heures/an et 30 minutes/jour pour toute zone sensible à l'ombre mouvante. Pour le détail des hypothèses, nous renvoyons à Sertius.

Les éoliennes seront équipées d'un dispositif d'arrêt automatique (shadow module). Selon les recommandations fournies par Sertius, il est considéré que, pour le calcul des pertes associées, les turbines à l'étude seront arrêtées afin d'éviter un dépassement des valeurs limites d'exposition aux ombres mouvantes. Les pertes associées à ces arrêts sont données dans les tableaux ci-dessous. L'auteur de l'EIE a fait l'hypothèse que les pertes seront similaires pour les différents types de machine considérés. Les contraintes de bridage dû à l'ombre portée sont considérées uniquement dans le cadre des Conditions Sectorielles éoliennes de 2021.

12

La situation réaliste est définie par des calculs tenant compte des données statistiques d'ensoleillement (irradiation), des vitesses et de la direction du vent. Pour le détail des hypothèses, se référer à l'EIE.

TABLEAU 15: CONTRIBUTION DES ÉOLIENNES AUX DURÉES D'OMBRE TOTALES (H/AN) – CS21

**Durée de l'ombrage [h/an]**  
**Cas « probable »**

Condition	CS21			
	Éolienne	V136	E-138	N117
WT1	8 :22	8 :22	8 :22	8 :22
WT2	0:00	0:00	0:00	0:00
WT3	0:00	0:00	0:00	0:00
WT4	0:00	0:00	0:00	0:00

L'indisponibilité résultante des contraintes d'arrêts des éoliennes due à l'ombre mouvante est fournie dans le Tableau 16.

TABLEAU 16: INDISPONIBILITÉ ASSOCIÉE AUX ARRÊTS DES ÉOLIENNES À CAUSE DE L'OMBRE MOUVANTE (%) – CS21

Éolienne	Indisponibilité [% annuel]	Indisponibilité [% des périodes Journée/Transition]
WT1	0.1%	0.1%
WT2	0.0%	0.0%
WT3	0.0%	0.0%
WT4	0.0%	0.0%
Total	0.0%	0.0%

#### 6.2.2.4. BRIDAGE ACOUSTIQUE

Les parcs éoliens sont soumis à des normes d'immission sonore qui sont établies en fonction de l'affectation au plan de secteur de la zone d'immission. La production sera évaluée dans la suite de ce rapport pour les Conditions Sectorielles éoliennes publiées au Moniteur Belge le 27 avril 2021.

Suivant les Conditions Sectorielles éoliennes de 2021 (CS21), le seuil de bruit maximal au niveau des zones d'immission sonore dépend de l'affectation au plan de secteur de la zone où se trouve le récepteur considéré. Les valeurs limites sont définies dans le Tableau 17.

TABLEAU 17: VALEURS LIMITES D'IMMISSION SONORE – CS21

**Valeur limite [dB(A)]**

Période	Zone d'habitat	Zone agricole	Toutes zones lorsque le point de mesure est situé à moins de 500m de la zone d'extraction, de dépendances d'activité économique industrielle ou d'activité économique spécifique, ou à moins de 200m de la zone d'activité économique mixte, dans laquelle est totalement situé le parc éolien
Jour (7h-19h)	45	45	55
Transition (Du lundi au samedi : 6h-7h et 19h-22h et dimanches et jours fériés : 6h-22h)	43	45	50
Nuit (22h-6h)	43	43	45

La production est ensuite estimée sur base des hypothèses suivantes :

- Les limites acoustiques de la période de transition sont d'application les dimanches et jours fériés<sup>13</sup> de 6h à 22h, et les autres jours de 6h à 7h et de 19h à 22h ;
- Les limites acoustiques de nuit sont d'application pendant un tiers de la journée (c'est-à-dire de 22h à 6h) ;
- Les limites acoustiques de jour sont d'application le reste du temps.

Les scénarios de bridage pour deux alternatives, fournis par l'auteur de l'EIE, sont présentés dans les Tableau 18 et Tableau 19.

TABLEAU 18: SCÉNARIOS DE BRIDAGE SONORE – CS21 – SCÉNARIO A

V136	Jour	Transition	Nuit
WT1	102.4 dB(A)	102.4 dB(A)	98.0 dB(A)
WT2	Pas de bridage	Pas de bridage	104.4 dB(A)
WT3	Pas de bridage	Pas de bridage	Pas de bridage
WT4	Pas de bridage	Pas de bridage	103.5 dB(A)

<sup>13</sup> Il y a dix jours fériés par an en Belgique. Trois n'ont par définition jamais lieu un dimanche (Lundi de Pâques et Lundi de Pentecôte et Ascension). Les sept jours restants ont été supposés avoir lieu un dimanche une fois sur sept.

<b>E-138</b>	<b>Jour</b>	<b>Transition</b>	<b>Nuit</b>
WT1	103.2 dB(A)	103.2 dB(A)	101.0 dB(A)
WT2	105.0 dB(A)	105.0 dB(A)	101.0 dB(A)
WT3	Pas de bridage	Pas de bridage	Pas de bridage
WT4	105.0 dB(A)	105.0 dB(A)	103.2 dB(A)

<b>N117</b>	<b>Jour</b>	<b>Transition</b>	<b>Nuit</b>
WT1	Pas de bridage	Pas de bridage	102.5 dB(A)
WT2	Pas de bridage	Pas de bridage	102.5 dB(A)
WT3	Pas de bridage	Pas de bridage	Pas de bridage
WT4	Pas de bridage	Pas de bridage	Pas de bridage

TABLEAU 19: SCÉNARIOS DE BRIDAGE SONORE – CS21 – SCÉNARIO B

<b>V136</b>	<b>Jour</b>	<b>Transition</b>	<b>Nuit</b>
WT1	Pas de bridage	Pas de bridage	Pas de bridage
WT2	Pas de bridage	Pas de bridage	Pas de bridage
WT3	Pas de bridage	Pas de bridage	Pas de bridage
WT4	Pas de bridage	Pas de bridage	102.4 dB(A)

<b>E-138</b>	<b>Jour</b>	<b>Transition</b>	<b>Nuit</b>
WT1	Pas de bridage	Pas de bridage	Pas de bridage
WT2	Pas de bridage	Pas de bridage	Pas de bridage
WT3	Pas de bridage	Pas de bridage	Pas de bridage
WT4	105.0 dB(A)	105.0 dB(A)	103.2 dB(A)

<b>N117</b>	<b>Jour</b>	<b>Transition</b>	<b>Nuit</b>
WT1	Pas de bridage	Pas de bridage	Pas de bridage
WT2	Pas de bridage	Pas de bridage	Pas de bridage
WT3	Pas de bridage	Pas de bridage	Pas de bridage
WT4	Pas de bridage	Pas de bridage	Pas de bridage

This document is the property of Tracibel Engineering S.A. Any duplication or transmission to third parties is forbidden without prior written approval

La perte de production par rapport à la production sans bridage est reprise dans le Tableau 20.

TABLEAU 20: PERTE DE PRODUCTION DUE AUX BRIDAGES ACOUSTIQUES (%)

Condition	CS21 – Scénario A			
	Eolienne	V136	E-138	N117
WT1		25.7%	13.1%	0.7%
WT2		1.1%	7.9%	0.6%
WT3		0.0%	0.0%	0.0%
WT4		1.6%	5.3%	0.0%
Total		7.2%	6.6%	0.3%

Condition	CS21 – Scénario B			
	Eolienne	V136	E-138	N117
WT1		0.0%	3.0%	0.0%
WT2		0.0%	3.1%	0.0%
WT3		0.0%	3.0%	0.0%
WT4		4.5%	8.3%	0.0%
Total		1.2%	4.4%	0.0%

### 6.3. Production avec bridage cumulé

La production incluant les bridages cumulés consiste à combiner les pertes occasionnées par les bridages sonore, chiroptérologique, laridé et dus à l'ombre mouvante. Les hypothèses pour ces différents bridages sont énumérées dans les sections 6.2.2.1, 6.2.2.2 et 6.2.2.4.

Les résultats du calcul de production suite aux bridages acoustique, chiroptérologique, laridé et d'ombre mouvante respectant les Conditions Sectorielles éoliennes de 2021 sont repris dans le Tableau 21.

TABLEAU 21 : PRODUCTION NETTE AVEC BRIDAGE CUMULÉ (MWH/AN)

Condition	CS21 – Scénario A			
	Eolienne	V136	E-138	N117
WT1	7 040	8 834	7 355	
WT2	9 220	9 069	7 074	
WT3	9 368	9 995	7 175	
WT4	9 781	10 017	7 720	
Moyenne	8 852	9 479	7 331	
Total	35 409	37 915	29 325	

Condition	CS21 – Scénario B			
	Eolienne	V136	E-138	N117
WT1	9 636	9 948	7 403	
WT2	9 291	9 554	7 118	
WT3	9 356	9 652	7 172	
WT4	9 469	9 682	7 718	
Moyenne	9 438	9 709	7 353	
Total	37 752	38 837	29 412	

La perte de production par rapport à la production sans bridage est reprise dans le Tableau 22.

TABLEAU 22: PERTE DE PRODUCTION DUE AU BRIDAGE CUMULÉ (%)

Condition	CS21 – Scénario A			
	Eolienne	V136	E-138	N117
WT1	32.1%	20.2%	7.8%	
WT2	8.2%	15.0%	7.9%	
WT3	7.3%	7.4%	7.4%	
WT4	8.4%	12.2%	6.9%	
Total	14.0%	13.7%	7.5%	

Condition	CS21 – Scénario B			
	Eolienne	V136	E-138	N117
WT1		7.1%	10.1%	7.2%
WT2		7.2%	10.4%	7.3%
WT3		7.3%	10.3%	7.4%
WT4		11.2%	14.9%	6.9%
Total		8.2%	11.5%	7.2%

## 7. EFFET DE SILLAGES ENTRE EOLIENNES

### 7.1. Influence du projet sur la production des parcs environnants

Le fonctionnement d'une éolienne induit des perturbations de la ressource en vent qui peuvent affecter les éoliennes se trouvant dans son sillage.

Cette section a pour objectif de quantifier l'influence du projet considéré sur la production des éoliennes opérationnelles à proximité ou ayant obtenu un permis préalablement à la rédaction de cette note. Les informations sur ces différentes éoliennes sont reprises à la section 3. Les effets de sillage du projet sur les parcs concernés sont repris dans le Tableau 23.

TABLEAU 23: EFFETS DE SILLAGE SUR LES PARCS ENVIRONNANTS (%)

Condition	CS21			
	Eolienne	V136	E-138	N117
E1		0.2%	0.2%	0.2%
E2		0.1%	0.2%	0.1%
E3		0.1%	0.1%	0.1%
E4		0.3%	0.3%	0.2%
E5		0.1%	0.1%	0.1%
E6		0.1%	0.1%	0.1%
E7		0.1%	0.1%	0.1%
E1Ext		0.2%	0.2%	0.2%
E2Ext		0.1%	0.1%	0.1%
E3Ext		0.1%	0.2%	0.1%

## 7.2. Influence des parcs environnants sur le projet

Cette section a pour objectif de quantifier l'influence des parcs environnants sur la production de l'éolienne de ce projet. Les effets de sillage des parcs concernés sur l'éolienne en projet sont repris dans le Tableau 24.

TABLEAU 24: EFFETS DE SILLAGE DES PARCS ENVIRONNANTS SUR LE PROJET (%)

Condition	CS21		
	V136	E-138	N117
Tournai Antoing Brunehaut	0.09%	0.09%	0.09%
Tournai Antoing Brunehaut extension	0.09%	0.09%	0.09%

## 8. BIBLIOGRAPHIE

- [1] **Moniteur Belge.** Arrêté du Gouvernement Wallon portant sur les conditions sectorielles relatives aux parcs d'éoliennes d'une puissance totale supérieure ou égale à 0,5MW. *Moniteur Belge*. 27 avril 2021.
- [2] **Tractebel, Engie.** *Methodology - Evaluation of wind Potential in Belgium*. Brussels : Tractebel Engie, 2021. BEB-AI/4DO/0231762/003/08.
- [3] **EMD International A/S.** *Technical Note: Validation of EMD-WRF EUROPE+ (ERA5) mesoscale data*. s.l. : EMD, 2020.
- [4] **Skamarock, W. C., J. B. Klemp, J. Dudhia, D. O. Gill, Z. Liu, J. Berner, W. Wang, J. G. Powers, M. G. Duda, D. M. Barker, and X.-Y. Huang.** *A Description of the Advanced Research WRF Version 4*. s.l. : NCAR Tech. Note, 2019. NCAR/TN-556+STR, 145 pp..
- [5] **Copernicus Climate Change Service (C3S).** ERA5: Fifth generation of ECMWF atmospheric reanalyses of the global climate. *ECMWF*. [En ligne] Copernicus Climate Change Service Climate Data Store (CDS), 2017. <https://cds.climate.copernicus.eu/cdsapp#!/home>.
- [6] **Norme IEC 61400-1.** *Wind turbines - Part 1 : Design requirements*. 3ième édition. 3ième édition. 2005.
- [7] **Norme NBN B03-002-1.** *Actions du vent sur les constructions - Généralités - Pression du vent sur une paroi et effets d'ensemble du vent sur une construction*. 1988.
- [8] **EMD International A/S.** *windPRO – version 3.5*. Aalborg : s.n.
- [9] **Mortensen, et al.** *Wind Atlas Analysis and Application Program (WAsP) - version 11.6 release E*. Roskilde, danemark : Riso National Laboratory, 2015.
- [10] **Katic I., Hojstrup J. and Jensen N.O.** *A Simple Model for Cluster Efficiency*. Rome : European Wind Energy Association Conference and Exhibition, 1986.

## 9. ANNEXES

# ANNEXE A : COURBES DE PUISSANCE

Les vitesses indiquées dans les courbes de puissance sont mesurées à hauteur de nacelle. Sauf mention contraire, la production est donnée pour une densité d'air de 1.225 kg/m<sup>3</sup>. La puissance est garantie à la sortie du générateur électrique. Seulement les courbes de puissance nominales par type de turbine sont données ci-dessous.

Type de turbine	V136	E-138	N117
Source	0056-6306 V03	D1018685/4.0-en	F008_256_A13_EN
Niveau acoustique [dB(A)]	105.5 dB(A)	106.0 dB(A)	103.5 dB(A)
Vitesse du vent à hauteur de nacelle [m/s]	Puissance [kW]		
3	49	69	15
4	224	250	146
5	480	540	355
6	857	952	646
7	1383	1506	1043
8	2067	2173	1564
9	2849	2865	2189
10	3422	3474	2827
11	3593	3913	3319
12	3600	4164	3577
13	3600	4260	3672
14	3600	4260	3675
15	3600	4260	3675
16	3600	4260	3675
17	3600	4260	3675
18	3600	4260	3675
19	3600	4260	3675
20	3600	4260	3675
21	3600	4184	3675
22	3600	3943	3675
23	-	3543	3675
24	-	3008	3675

This document is the property of Tracabel Engineering S.A. Any duplication or transmission to third parties is forbidden without prior written approval

Type de turbine	V136	E-138	N117
Source	0056-6306 V03	D1018685/4.0-en	F008_256_A13_EN
Niveau acoustique [dB(A)]	105.5 dB(A)	106.0 dB(A)	103.5 dB(A)
Vitesse du vent à hauteur de nacelle [m/s]	Puissance [kW]		
25	-	2187	3675
26	-	1613	-
27	-	1106	-
28	-	753	-
29	-	-	-
30	-	-	-

This document is the property of Tracibel Engineering S.A. Any duplication or transmission to third parties is forbidden without prior written approval

## ANNEXE B : PRODUCTIBLE P90

La méthodologie de Tractebel est utilisée pour estimer l'incertitude de chaque variable affectant les chiffres de production, permettant ainsi de calculer les productibles P90. La production nette P90 est la production nette moyenne qui sera dépassée avec une probabilité de plus de 90 % au cours de la période donnée.

Le tableau ci-dessous montre l'incertitude totale sur 1, 10 et 25 ans.

TABLEAU 25: INCERTITUDE TOTALE SUR LA PRODUCTION NETTE SUR 1, 10 ET 25 ANS [%] - CS21

Incertitude totale (en $\sigma$ )		V136	E-138	N117
1 an	%	10.8%	11.0%	11.3%
10 ans		9.5%	9.6%	9.5%
25 ans		9.4%	9.5%	9.4%

Dans le Tableau 26, le rendement énergétique net P90 est représenté en tant que production énergétique annuelle pour l'ensemble du parc éolien.

TABLEAU 26: PRODUCTION P90 NETTE SUR 1, 10 ET 25 ANS AVEC BRIDAGES CUMULES [MWH/AN] - CS21

Production nette P90 [MWh/y]		V136	E-138	N117
Scénario A				
Total du parc	1 an	30 487	32 565	25 080
	10 ans	31 082	33 235	25 758
	25 ans	31 125	33 283	25 808
Moyenne par turbine	1 an	7 622	8 141	6 270
	10 ans	7 771	8 309	6 440
	25 ans	7 781	8 321	6 452

<b>Production nette P90 [MWh/y]</b>		<b>V136</b>	<b>E-138</b>	<b>N117</b>
<b>Scénario B</b>				
Total du parc	1 an	32 530	33 376	25 155
	10 ans	33 169	34 065	25 836
	25 ans	33 214	34 115	25 886
Moyenne par turbine	1 an	8 133	8 344	6 289
	10 ans	8 292	8 516	6 459
	25 ans	8 304	8 529	6 471

Le rendement énergétique net P90 sur 10 ans et les FLEOH correspondants (moyenne sur 25 ans) sont représentés sous forme de production énergétique annuelle par éolienne dans les tableaux 27 et 28.

TABLEAU 27: PRODUCTION P90 NETTE PAR EOLIENNE SUR 10 ANS AVEC BRIDAGES CUMULES [MWH/AN] - CS21

<b>Production nette P90 par turbine [MWh/y]</b>	<b>V136</b>	<b>E-138</b>	<b>N117</b>
<b>Scénario A</b>			
WT1	6 180	7 744	6 461
WT2	8 094	7 949	6 214
WT3	8 224	8 761	6 303
WT4	8 585	8 781	6 781
<b>Moyenne</b>	<b>7 771</b>	<b>8 309</b>	<b>6 440</b>
<b>Total</b>	<b>31 082</b>	<b>33 235</b>	<b>25 758</b>

<b>Production nette P90 par turbine [MWh/y]</b>	<b>V136</b>	<b>E-138</b>	<b>N117</b>
<b>Scénario B</b>			
WT1	8 466	8 726	6 503
WT2	8 163	8 380	6 253
WT3	8 220	8 466	6 300
WT4	8 320	8 493	6 780
<b>Moyenne</b>	<b>8 292</b>	<b>8 516</b>	<b>6 459</b>
<b>Total</b>	<b>33 169</b>	<b>34 065</b>	<b>25 836</b>

TABLE 1: FLEOH P90 NETTE PAR EOLIENNE SUR 10 ANS AVEC BRIDAGES CUMULES [MWH/AN] - CS21

FLEOH P90 net par turbine [MWh/y] Scénario A	V136	E-138	N117
WT1	1 717	1 818	1 795
WT2	2 248	1 866	1 726
WT3	2 284	2 057	1 751
WT4	2 385	2 061	1 884
<b>Average</b>	<b>2 158</b>	<b>1 950</b>	<b>1 789</b>
<b>Load factor</b>	<b>24.6%</b>	<b>22.3%</b>	<b>20.4%</b>

FLEOH P90 net par turbine [MWh/y] Scénario B	V136	E-138	N117
WT1	2 352	2 048	1 806
WT2	2 268	1 967	1 737
WT3	2 283	1 987	1 750
WT4	2 311	1 994	1 883
<b>Average</b>	<b>2 303</b>	<b>1 999</b>	<b>1 794</b>
<b>Load factor</b>	<b>26.3%</b>	<b>22.8%</b>	<b>20.5%</b>

This document is the property of Tracabel Engineering S.A. Any duplication or transmission to third parties is forbidden without prior written approval