

S.A.S. Parc éolien de la Croix Dorée

8 rue Auber

75009 PARIS

Communes de Beaulencourt et de Lesbœufs

Départements de la Somme (80) et du Pas-de-Calais (62)

PROJET DE PARC EOLIEN



Volet 6 de la Demande d'Autorisation Environnementale : **Etude de dangers et son résumé non technique**

Dossier réalisé par :



165 rue Ph. Maupas - 30900 NIMES

Tél. : 04.66.38.61.58

Contact : atdx@atdx.fr

Janvier 2022

SOMMAIRE

1	Préambule	1
1.1	Objectifs de l'étude de dangers	1
1.2	Contexte législatif et réglementaire	1
1.3	Nomenclature des installations classées	1
1.4	Auteurs de l'étude	2
2	Présentation du demandeur	2
3	Localisation du site du projet	2
4	Définition du périmètre d'étude de dangers	3
5	Description de l'environnement de l'installation	6
5.1	Environnement naturel	6
5.2	Environnement humain	11
5.3	Environnement matériel	15
6	Cartographie de synthèse	17
7	Description de l'installation	20
7.1	Caractéristiques de l'installation	20
7.2	Fonctionnement de l'installation	23
7.3	Sécurité de l'installation	24
7.4	Protection contre le risque incendie	25
7.5	Protection contre le risque foudre	25
7.6	Protection contre la suritesse	26
7.7	Protection contre la tempête	26
7.8	Protection contre l'échauffement	26
7.9	Protection contre la glace	26
7.10	Protection contre le risque électrique	27
7.11	Protection contre le risque de fuite dans la nacelle	27
7.12	Sécurité positive de l'éolienne	27
7.13	Conception des éoliennes	27
7.14	Alerte – organisation de l'intervention	27
7.15	Opération de maintenance de l'installation	27
7.16	Fonctionnement des réseaux de l'installation	29
8	Identification des potentiels dangers de l'installation	30
8.1	Potentiels dangers liés aux produits	30
8.2	Potentiels de dangers liés au fonctionnement de l'installation	30
8.3	Réduction des potentiels de dangers à la source	31
9	Analyse des retours d'expérience	32
9.1	Inventaire des accidents et incidents à l'international	32
9.2	Inventaire des incidents et accidents en France	33

9.3	Synthèse des phénomènes dangereux redoutés issus du retour d'expérience	33
9.4	Limites d'utilisation de l'accidentologie	34
10	Analyse préliminaire des risques	35
10.1	Objectif de l'analyse préliminaire des risques	35
10.2	Recensement des événements initiateurs exclus de l'analyse des risques	35
10.3	Recensement des agressions externes potentielles	35
10.4	Scenarios étudiés dans l'analyse préliminaire des risques	36
10.5	Effets dominos	40
10.6	Mise en place des mesures de sécurité	40
10.7	Moyens mis en œuvre en cas d'incident ou d'accident	47
10.8	Conclusion de l'analyse préliminaire des risques	47
11	Etude détaillée des risques	49
11.1	Rappels des définitions	49
11.2	Caractérisation des scénarii retenus	52
11.3	Synthèse de l'étude détaillée des risques	65
12	Conclusion	67
13	Annexes	68
13.1	Annexe 1 – Méthode de comptage des personnes pour la détermination de la gravité potentielle d'un accident à proximité d'une éolienne	68
13.2	Annexe 2 – Tableau de l'accidentologie française	70
13.3	Annexe 3 – Scénarii génériques issus de l'analyse préliminaire des risques	83
13.4	Annexe 4 – Probabilité d'atteinte et Risque individuel	86
13.5	Annexe 5 – Glossaire	87
13.6	Annexe 6 – Bibliographie et références utilisées	89
13.7	Annexe 7 : Réponse à consultation de GRTGAz	89
14	Résumé non technique	91
14.1	Objectif de l'étude de danger	91
14.2	Définition du périmètre d'étude de danger	91
14.3	Analyse des risques	93
14.4	Mesures de sécurité	94
14.5	Conclusion	95

AVANT-PROPOS

La société Parc éolien de la Croix Dorée S.A.S., filiale d'Eurowatt spécialisé dans le développement et l'exploitation de parcs éoliens en France, souhaite installer un parc éolien en vue de son exploitation sur les communes de Beaulencourt dans le département du Pas de Calais (62) et de Lesbœufs dans la Somme (80).

Le projet envisagé compte 5 éoliennes et 2 postes de livraison, dont l'électricité produite est destinée à être injectée au réseau national.

La réalisation de l'étude d'impact sur l'environnement constitue une étape primordiale dans la définition du projet d'implantation, ce dernier résultant d'une démarche itérative visant à identifier les enjeux et sensibilité du secteur devant accueillir le parc éolien et ainsi d'aboutir à une implantation de moindre impact environnemental.

Pour rappel, la présente Demande d'Autorisation Environnementale est composée des Volets suivants :

- **Volet 1 : Cerfa n°15964 * 01, check-list de complétude et sommaires inversés paysage et biodiversité**
 - **Volet 2 : Note de présentation non technique**
 - **Volet 3 : Conformité à l'urbanisme**
 - **Volet 4 : Description de la demande**
 - **Volet 5 : Etude d'impact sur l'environnement**
- **Volet 5 bis : Résumé non technique de l'Etude d'impact sur l'environnement**
 - **Volet 6 : Etude de danger et son résumé non technique**
 - **Volet 7 : Plans réglementaires**
 - **Volet 8 : Expertises spécifiques**

1 PREAMBULE

1.1 OBJECTIFS DE L'ETUDE DE DANGERS

La présente étude de dangers se base sur le **Guide technique élaboré par le SER/INERIS** (version approuvée de mai 2012). Elle a pour objectif de démontrer, dans le cadre du projet de parc éolien, la maîtrise du risque par l'exploitant.

Elle rend compte de l'examen effectué par ATDx pour caractériser, analyser, évaluer, prévenir et réduire les risques du parc, que leurs causes soient intrinsèques aux substances ou matières utilisées, liées aux procédés mis en œuvre ou dues à la proximité d'autres risques d'origine interne ou externe à l'installation.

L'étude de dangers est proportionnée aux risques présentés par les éoliennes du projet éolien de la Croix Dorée. Le choix de la méthode d'analyse utilisée et la justification des mesures de prévention, de protection et d'intervention sont adaptées à la nature et à la complexité des installations et de leurs risques.

Ainsi, l'étude comporte une analyse des risques présentant les différents scénarii d'accidents majeurs susceptibles d'intervenir. Ces scénarii sont caractérisés en fonction de leur probabilité d'occurrence, de leur cinétique, de leur intensité et de la gravité des accidents potentiels.

Elle justifie que le projet permet d'atteindre, dans des conditions économiquement acceptables, un niveau de risque aussi bas que possible, compte tenu de l'état des connaissances et des pratiques ainsi que de la vulnérabilité de l'environnement de l'installation.

Enfin, elle précise l'ensemble des mesures de maîtrise des risques mises en œuvre sur le projet éolien de la Croix Dorée, qui réduisent le risque, à l'intérieur et à l'extérieur des éoliennes, à un niveau jugé acceptable par l'exploitant.

L'étude de dangers permet une approche rationnelle et objective des risques encourus par les personnes ou l'environnement, en satisfaisant les principaux objectifs suivants :

- améliorer la réflexion sur la sécurité à l'intérieur de l'entreprise afin de réduire les risques et d'optimiser la politique de prévention ;
- favoriser le dialogue technique avec les autorités d'inspection pour la prise en compte des parades techniques et organisationnelles dans l'arrêté d'autorisation ;
- informer le public dans la meilleure transparence possible en lui fournissant des éléments d'appréciation clairs sur les risques.

1.2 CONTEXTE LEGISLATIF ET REGLEMENTAIRE

Les objectifs et le contenu de l'étude de dangers sont définis dans le Code de l'environnement. Selon l'article L. 181-25 dudit code, l'étude de dangers expose les risques que peut présenter l'installation pour les intérêts visés à l'article L. 511-1 dudit code en cas d'accident, que la cause soit interne ou externe à l'installation.

L'arrêté du 29 septembre 2005 relatif à l'évaluation et à la prise en compte de la probabilité d'occurrence, de la cinétique, de l'intensité des effets et de la gravité des conséquences des accidents potentiels dans les études de dangers des installations classées soumises à autorisation [10] fournit un cadre méthodologique pour les évaluations des scénarii d'accidents majeurs. Il impose une évaluation des accidents majeurs sur les personnes uniquement et non sur la totalité des enjeux identifiés dans l'article L. 511-1. En cohérence avec cette réglementation et dans le but d'adopter une démarche proportionnée, l'évaluation des accidents majeurs dans l'étude de dangers d'un parc d'aérogénérateurs s'intéressera prioritairement aux dommages sur les personnes. Pour les parcs éoliens, les atteintes à l'environnement, l'impact sur le fonctionnement des radars et les problématiques liées à la circulation aérienne feront l'objet d'une évaluation détaillée au sein de l'étude d'impact.

Selon le principe de proportionnalité repris au L.181-25 CE, le contenu de l'étude de dangers doit être en relation avec l'importance des risques engendrés par l'installation, compte tenu de son environnement et de sa vulnérabilité. Son contenu est précisé à l'article D. 181-1-2 III du Code de l'environnement.

1.3 NOMENCLATURE DES INSTALLATIONS CLASSEES

Les parcs éoliens sont soumis à la rubrique 2980 de la nomenclature des installations classées :

Nomenclature des installations classées			
N°	DÉSIGNATION DE LA RUBRIQUE	A, E, D, S, C ⁽¹⁾	RAYON ⁽²⁾
2980	Installation terrestre de production d'électricité à partir de l'énergie mécanique du vent et regroupant un ou plusieurs aérogénérateurs :		
	1. Comprenant au moins un aérogénérateur dont la hauteur du mât et de la nacelle au-dessus du sol est supérieure ou égale à 50 m	A	6
	2. Comprenant uniquement des aérogénérateurs dont la hauteur du mât et de la nacelle au-dessus du sol est inférieure à 50 m et au moins un aérogénérateur dont la hauteur du mât et de la nacelle au-dessus du sol est supérieure ou égale à 12 m, lorsque la puissance totale installée :		
	a) Supérieure ou égale à 20 MW	A	6
	b) Inférieure à 20 MW	D	

(1) A : autorisation, E : enregistrement, D : déclaration, S : servitude d'utilité publique, C : soumis au contrôle périodique prévu par l'article L. 512-11 du code de l'environnement.

(2) Rayon d'affichage en kilomètres.

Le projet éolien de la Croix Dorée comprend au moins un aérogénérateur dont le mât a une hauteur supérieure ou égale à 50 m (5 aérogénérateurs d'une hauteur de 180 m bout de pales maximum) : cette installation est donc soumise à autorisation (A) au titre des installations classées pour la protection de l'environnement et doit présenter une étude de dangers au sein de sa demande d'autorisation d'exploiter.

1.4 AUTEURS DE L'ETUDE

Ce dossier a été élaboré par le Bureau d'études ATDx.

2 PRESENTATION DU DEMANDEUR

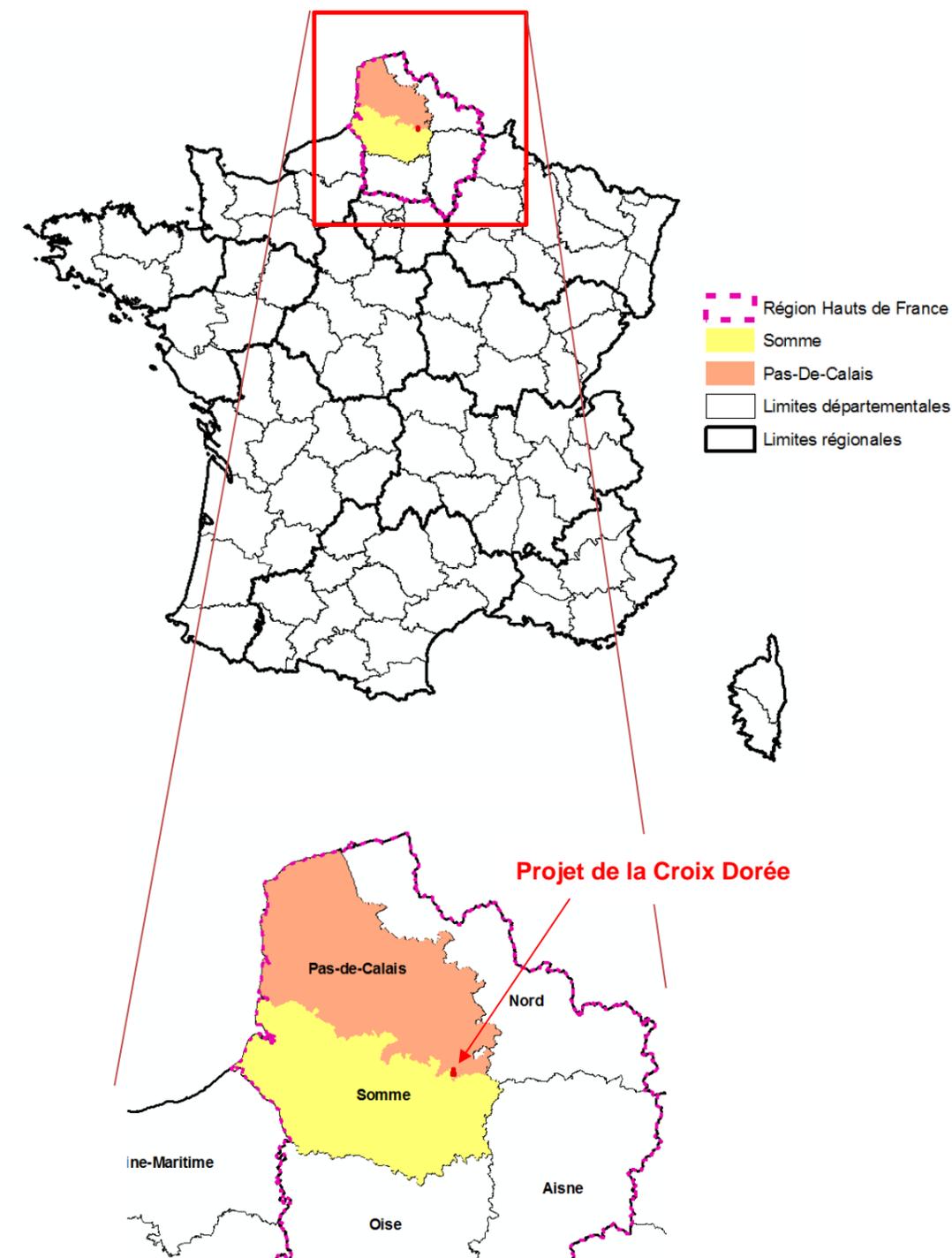
La présente demande est sollicitée par la société **Parc éolien de la Croix Dorée S.A.S.**, filiale du Groupe EUROWATT qui en est l'associé unique :

Dénomination de la Société	PARC ÉOLIEN DE LA CROIX DORÉE
Nom de projet	Projet de la Croix Dorée
Forme juridique	SASU
Siège social	8 rue Auber 75009 PARIS
Capital	5 000 €
Numéro de SIREN	814 406 492
Numéro de SIRET	814 406 492 00029
Code APE	3511Z
Qualité du signataire	Madame Virginie Thévenet, Présidente
Dossier suivi par	Madame Victoria BICCHIERAY, Chef de projet

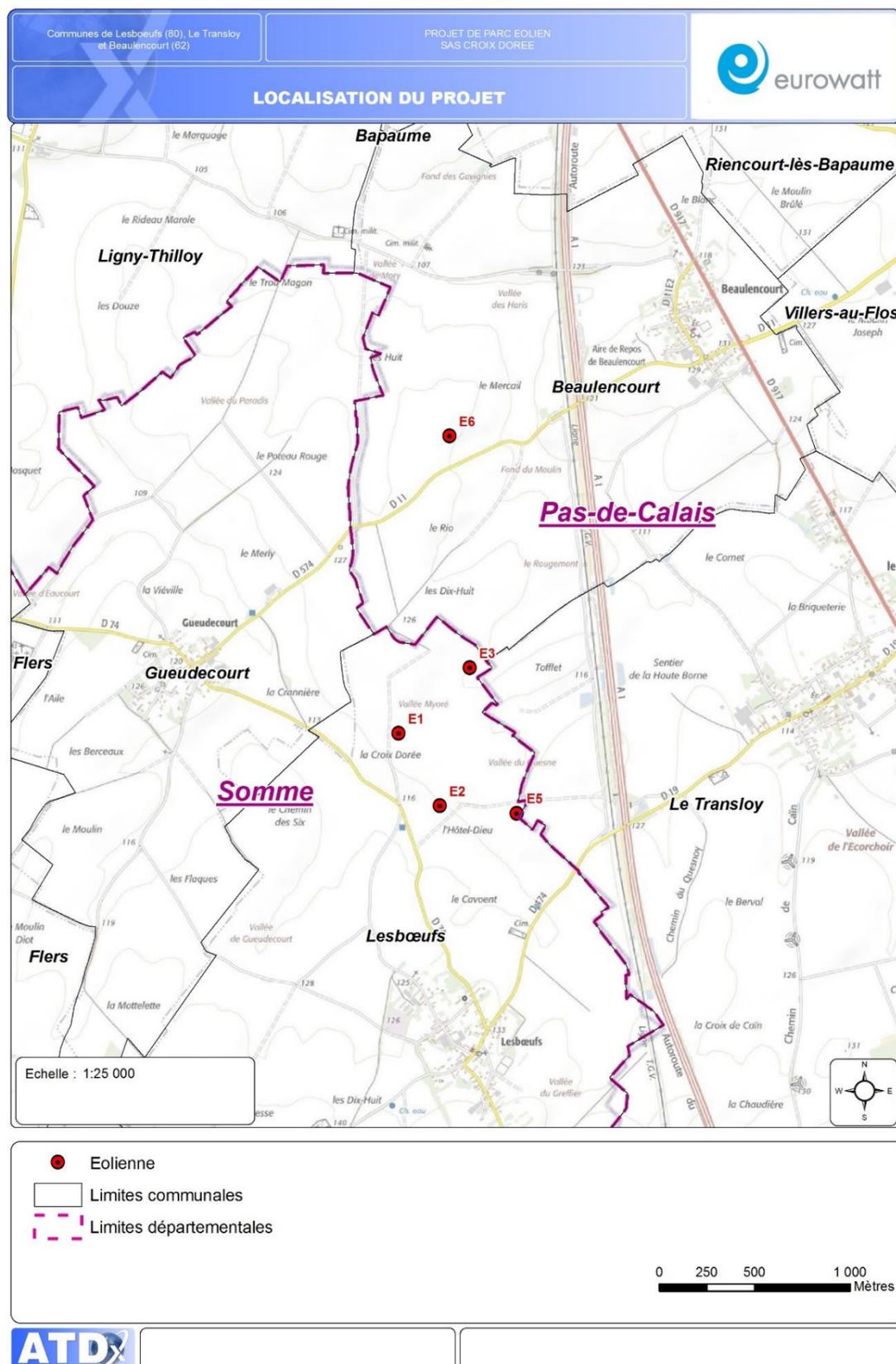
Tableau 1 : Références de la société Parc Eolien de la Croix Dorée S.A.S.

3 LOCALISATION DU SITE DU PROJET

Le projet de la Croix Dorée est composé de **cinq éoliennes accompagnées de deux postes de livraison**. Il est localisé sur les communes de *Beaulencourt* dans le département du Pas-de-Calais (62) et de *Lesbœufs* dans le département de la Somme (80), en région **Hauts-de-France**.



Carte 1 : Localisation nationale et départementale du projet



Carte 2 : Localisation du projet

4 DEFINITION DU PERIMETRE D'ETUDE DE DANGERS

Compte tenu des spécificités de l'organisation spatiale d'un parc éolien, composé de plusieurs éléments disjoints, le périmètre sur lequel porte l'étude de dangers est constitué d'une aire d'étude par éolienne.

Chaque aire d'étude correspond à l'ensemble des points situés à une distance inférieure ou égale à 500 m à partir de l'emprise du mât de l'aérogénérateur. Cette distance équivaut à la distance d'effet retenue pour les phénomènes de projection, telle que définie au paragraphe 9.2.4.

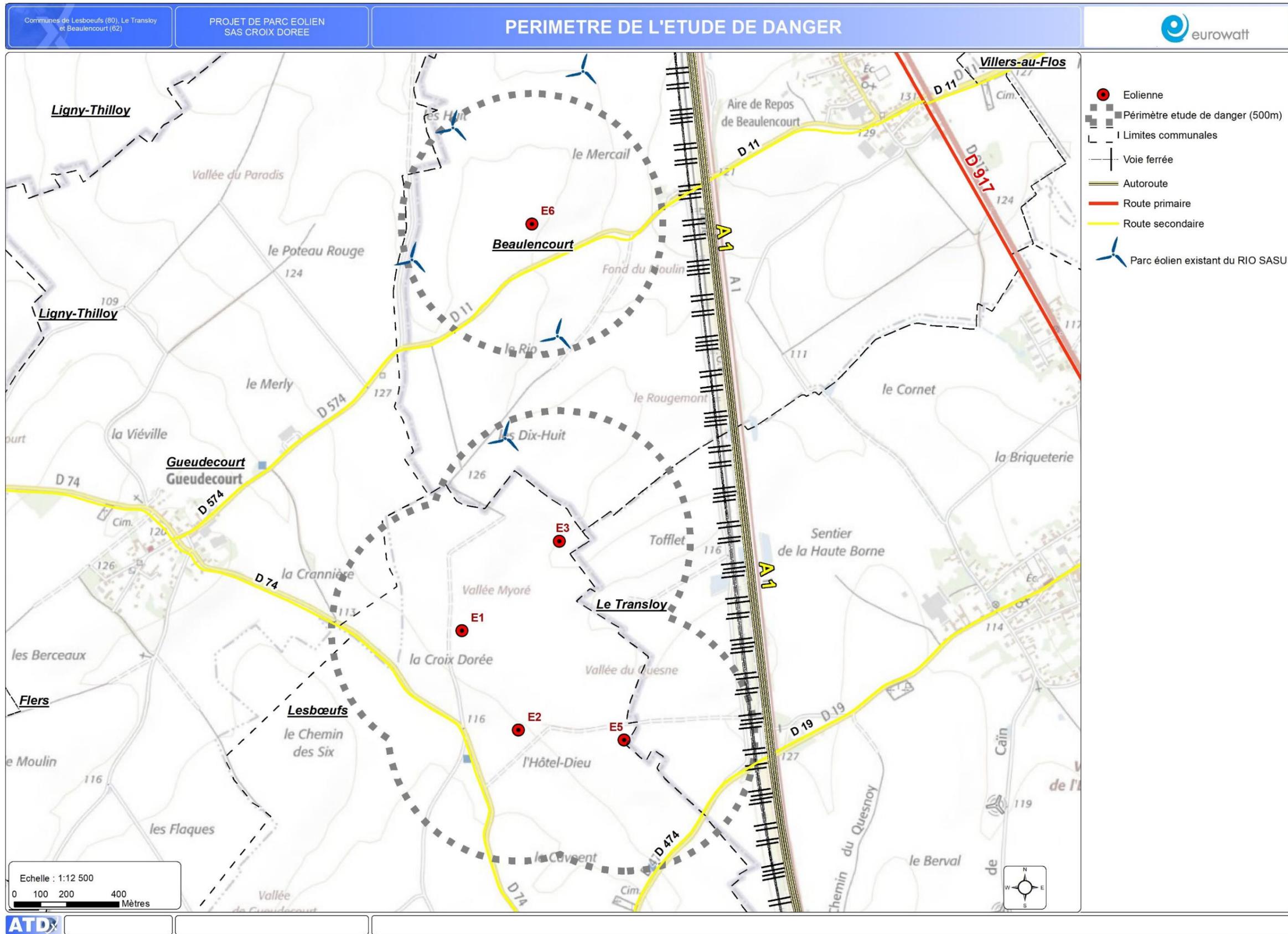
L'aire d'étude n'intègre pas les environs des postes de livraison. Les expertises réalisées dans le cadre de la présente étude ont en effet montré l'absence d'effet à l'extérieur des postes de livraison pour chacun des phénomènes dangereux potentiels pouvant l'affecter.

Les communes concernées par le périmètre d'étude de dangers sont Beaulencourt, Le Transloy, Lesbœufs et Gueudecourt.

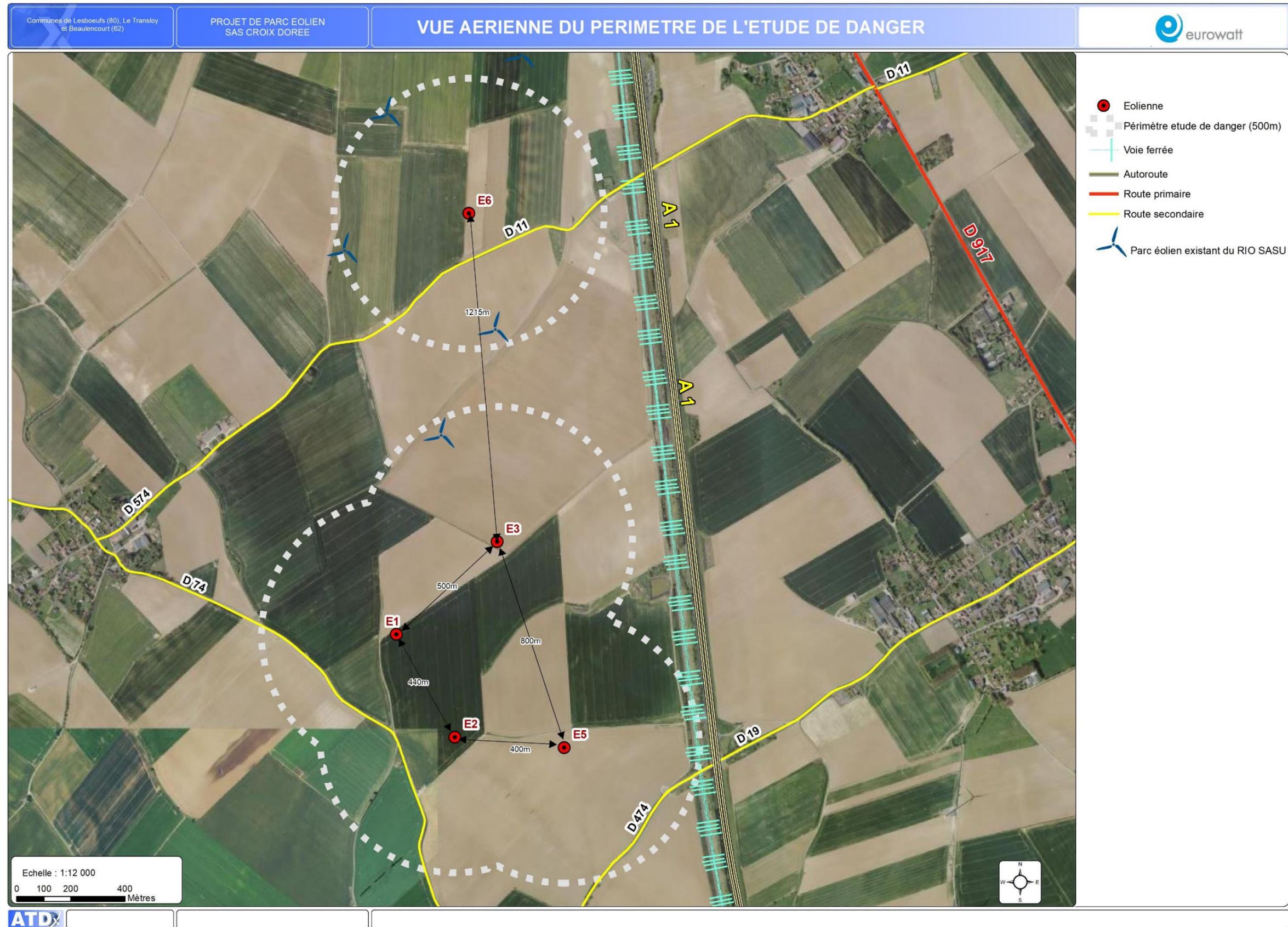
Plusieurs éléments s'inscrivent dans le périmètre de l'étude de danger (500 m) :

- des terrains exclusivement agricoles ;
- la ligne LGV Paris/Lille ;
- les RD11, RD74 et RD 474 ;
- des chemins agricoles ;
- 4 éoliennes du parc du RIO (exploité par le Groupe Eurowatt) ;
- un gazoduc.

Une carte de situation de l'installation avec l'aire d'étude de l'étude de dangers est présentée en page suivante.



Carte 3 : Périmètre de l'étude de danger



Carte 4 : Vue aérienne du périmètre de l'étude de danger

5 DESCRIPTION DE L'ENVIRONNEMENT DE L'INSTALLATION

Ce chapitre a pour objectif de décrire l'environnement dans l'aire d'étude de l'installation, afin d'identifier les principaux intérêts à protéger (enjeux) et les facteurs de risque que peut représenter l'environnement vis-à-vis de l'installation (agresseurs potentiels).

5.1 ENVIRONNEMENT NATUREL

5.1.1 Contexte climatique

Contexte général

Le climat du Pas-de-Calais est de type **océanique**. Les amplitudes thermiques sont faibles, les hivers sont doux, les étés sont tempérés grâce à la brise marine et les précipitations sont régulières. Il existe des contrastes climatiques relativement importants : le caractère océanique étant plus marqué sur les côtes que dans les terres où un climat **continental** se dégage et les reliefs étant les plus arrosés par les précipitations.

L'aire d'étude éloignée est soumise à un climat de type « océanique » doux et humide. Située à l'intérieur des terres, le secteur d'étude ne profite que légèrement de la protection de la mer contre tout excès climatique.

Les stations météorologiques de références utilisées dans ce chapitre sont :

- La station de **Saint-Quentin** dans le département de l'Aisne située à environ 36 km au sud-est du site, à une altitude de 98 m NGF pour les températures, la pluviométrie, les orages, la grêle, la neige. Les données concernent la période allant de 1981 à 2010 ;
- La station **d'Arras** située à 21 km au nord du site, à une altitude de 100 m NGF pour la ventosité. Les données concernent la période allant de 1991 à 2010.

Températures

Les températures enregistrées sont présentées dans le tableau suivant.

	Jan.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Année
Moyenne des températures minimales (°C)	0.6	0.6	3.0	4.5	8.2	10.6	12.5	12.4	10.1	7.3	3.6	1.3	6.3
Moyenne des températures (°C)	3.0	3.6	6.8	9.3	13.0	15.7	18.0	17.9	14.9	11.1	6.4	3.6	10.3
Moyenne des températures maximales (°C)	5.5	6.6	10.6	14.0	17.9	20.7	23.4	23.4	19.6	14.9	9.3	5.9	14.4

Tableau 2 : Températures sur la station de Saint-Quentin (1981-2010)
(Source : Météo France)

Les températures moyennes annuelles sont relativement fraîches. L'écart de température le plus important est de 15 °C entre les mois de janvier et juillet.

En hiver, les moyennes des températures minimales restent supérieures à 0 °C avec une minimale de 0,6°C. Le secteur d'étude est situé dans une des régions les plus froides du Nord-Pas-de-Calais.

Le tableau ci-dessous reprend les températures les plus basses et les plus hautes enregistrées par la station météorologique de Saint-Quentin.

	Jan.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Année
Température la plus élevée (°C)	14.9	19.2	23.1	27.8	30.3	36.6	35.9	37.9	31.8	27.8	19.6	16.8	37.9
Température la plus basse (°C)	-20.0	-18.6	-11.5	-7.8	-2.1	0.0	3.5	3.2	-1.0	-4.8	-9.6	-14.6	-20.0

Tableau 3 : Températures extrêmes sur la station de Saint-Quentin (1981-2010)
(Source : Météo France)

Le record de température la plus haute (37,9°C) a été enregistré le 11 août 2003 tandis que le record de température la plus basse (-20,0 °C) a été enregistré le 17 janvier 1985.

Le tableau ci-dessous présente le nombre de jours où la température minimale enregistrée était inférieure à 0°C.

	Jan.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Année
Nombre de jours avec une température minimale égale ou inférieure à 0°C	13.2	12.3	7.3	3.0	0.1	0	0	0	0	1.3	6.2	12.6	55.9

Tableau 4 : Nombre de jours moyen où la température minimale est égale ou inférieure à 0°C sur la station de Saint-Quentin (1981-2010)
(Source : Météo France)

Précipitations

Les précipitations enregistrées sont présentées dans le tableau suivant.

	Jan.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Année
Hauteur quotidienne maximale de précipitations (mm)	30.8	32.4	30.6	34.5	30.2	76.6	43.1	62.8	57.4	30.2	37.9	30.9	76.6
Hauteur de précipitations (mm)	57.2	48.0	57.7	48.1	61.6	60.6	60.6	67.9	52.5	64.4	58.4	65.6	702.6

Tableau 5 : Précipitations sur la station de Saint-Quentin (1981-2010)
(Source : Météo France)

Les précipitations atteignent 702,6 mm à l'année ce qui est légèrement inférieur à la moyenne nationale (850 mm) avec un maximum durant le mois d'août (67,9 mm) et un minimum au mois de février (48,0 mm).

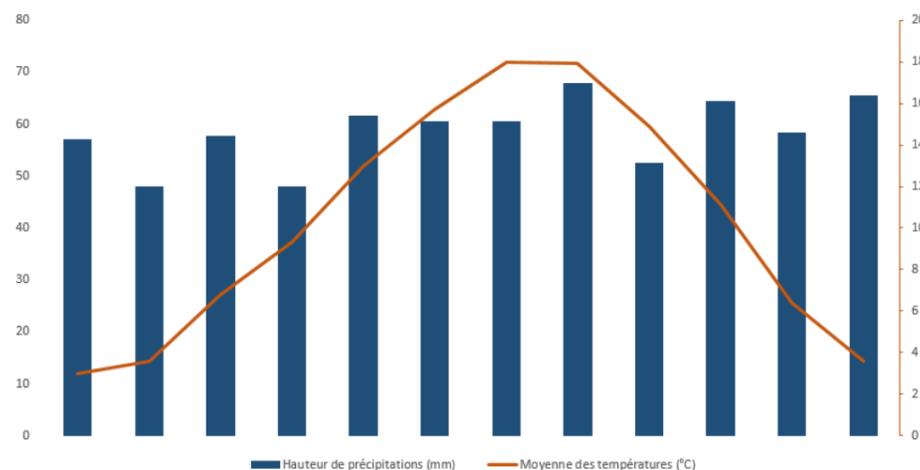


Figure 1 : Hauteur des précipitations (axe de gauche) et Moyenne des températures (axe de droite) sur la station de Saint Quentin

Vent

Les données concernant le vent proviennent de la station météorologique d'Arras enregistrées sur la période 1991 – 2010 et de la station météorologique de Saint-Quentin pour la période 1981-2010.

Ces données ne sont pas prises à la même altitude que le moyeu des éoliennes (vent plus fort), mais permettent de rendre compte des régimes de vents présents.

	Jan.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Année
Vitesse de vent moyen (m/s)	5.1	4.8	4.8	4.4	4.0	3.6	3.6	3.6	3.9	4.3	4.4	4.7	4.3

Tableau 6 : Vitesses de vents pour la station météorologique de Saint-Quentin pour la période 1981 - 2010 (Source : Météo France)

La rose des vents indique qu'une forte proportion des vents présents sur le secteur proviennent du sud-ouest et en moindre mesure du nord-est.

Dans l'ensemble, les vents enregistrés ont pour plus de la moitié (58,2 %) une vitesse comprise entre 1,5 et 4,5 m/s, et pour 19,2 % une vitesse comprise en 4,5 et 8 m/s.

Les données météorologiques confirment le potentiel en vent pour le site.

ARRAS (62)

Indicatif : 62873001, alt : 100 m., lat : 50°16'00"N, lon : 02°51'48"E

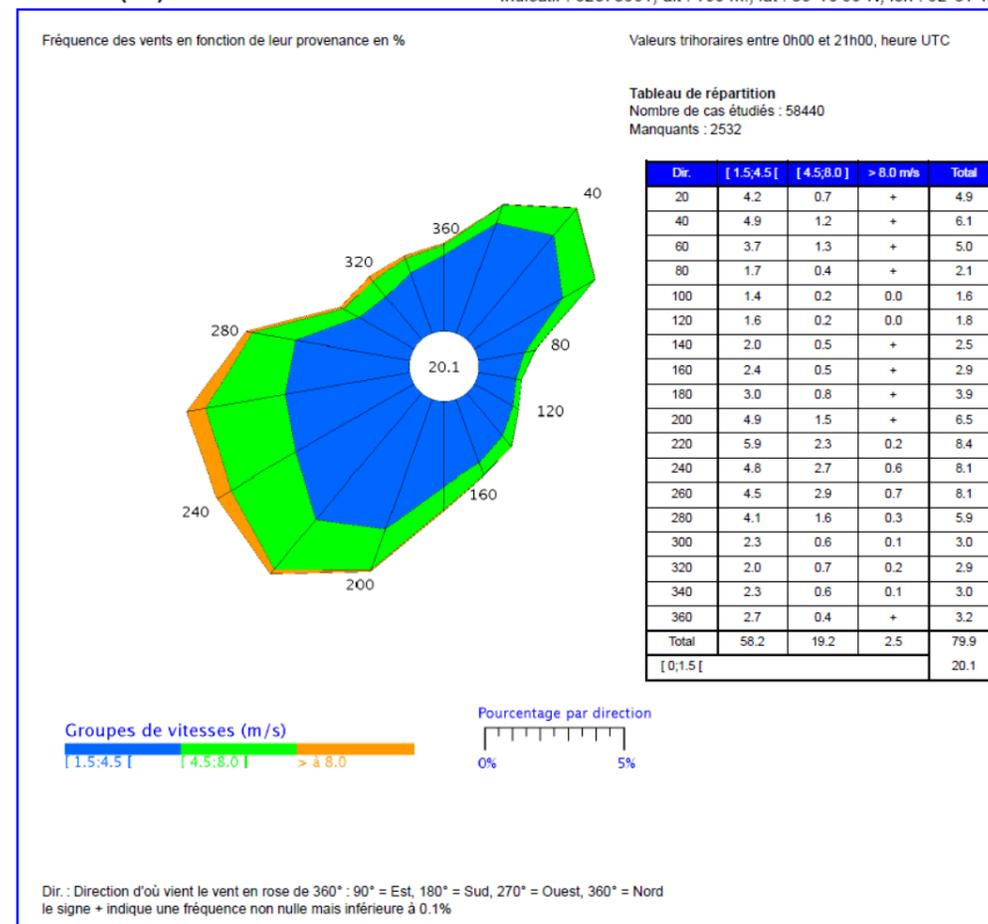


Figure 2 : Rose des vents de la station météorologique d'Arras sur la période 1991 - 2010 (Source : Météo France)

Ensoleillement et fraction d'insolation

La durée mensuelle d'ensoleillement est présentée dans le tableau suivant.

	Jan.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Année
Durée d'insolation (moyenne en heure)	68.0	75.0	128.3	174.8	198.7	203.5	208.2	206.6	162.1	116.9	66.7	51.1	1659.9

Tableau 7 : Durée mensuelle d'ensoleillement sur la station de Saint-Quentin (1981-2010) (Source : Météo France)

La mesure de fraction d'insolation correspond au rapport entre la durée réelle d'insolation mesurée et la durée théorique du jour (valeur maximale pendant laquelle le soleil peut être observé du lever au coucher du soleil). Le tableau suivant présente le nombre de jour où ce rapport est nul, inférieure ou égale à 20 % (correspondant à une mauvaise visibilité) et supérieure ou égale à 80 % (correspondant à une bonne visibilité).

Mois	Jan.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Année
Paramètres													
= 0%	11,7	9,4	5,4	2,0	2,9	1,8	1,7	1,1	2,3	5,4	10,5	15,1	69,1
≤ 20 %	18,1	16,3	13,6	8,8	9,6	9,2	8,6	7,2	9,4	13,5	17,6	21,2	152,9
≥ 80 %	3,4	3,3	4,6	4,9	5,4	5,1	3,6	6,0	6,0	4,5	2,5	2,9	52,0

Tableau 8 : Nombre de jour avec fraction d'insolation sur la station de Saint-Quentin (1981-2010)
(Source : Météo France)

Le ciel apparait donc comme couvert environ **222 jours par an**, plutôt dégagé environ **143 jours par an** et bien dégagé **52 jours par an**.

Orage

	Jan.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Année
Nombre de jours avec orage (j)	0.0	0.2	0.2	1.1	2.7	2.9	3.1	2.6	1.2	0.7	0.1	0.2	15.1

Tableau 9 : Nombre de jours moyen avec orage sur la station de Saint-Quentin (1981-2010)
(Source : Météo France)

La moyenne du nombre de jours d'orage est de **15,1**. Les orages sont davantage fréquents durant la période allant de mai à août.

La meilleure représentation de l'activité orageuse est la Densité d'Arcs (Da) qui est le nombre d'arcs de foudre au sol par km² et par an. Le réseau de détection de la foudre utilisé par Météorage permet une mesure directe de cette grandeur.

La valeur moyenne de la densité d'arcs, en France, est de **1,55 arcs/km²/an**. Pour **Beaulencourt**, cette valeur est de **1,41 arcs/km²/an**, ce qui place la commune au 19 101^{ème} rang au niveau français. Pour **Lesbœufs**, cette valeur est de **1,33 arcs/km²/an**, ce qui place la commune au 19 653^{ème} rang au niveau français. Le risque d'orage est donc relativement faible, ce qui est confirmé par la carte ci-contre qui classe la région comment étant une **région faiblement orageuse**.

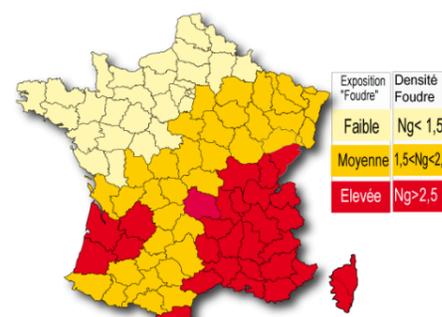


Figure 3 : Densité de foudroiement (Ng) en France
(Source : CITEL)

Grêle

Le nombre moyen de jours avec de la grêle est présenté dans le tableau suivant.

	Jan.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Année
Nombre de jours avec grêle (j)	0.1	0.2	0.6	0.7	0.2	0.2	0.1	0	0	0.2	0.1	0.2	2.6

Tableau 10 : Tableau du nombre de jours moyen avec grêle sur la station de Saint-Quentin (1981-2010)
(Source : Météo France)

La **grêle** n'est présente dans le secteur que **2,6 jours en moyenne par an**, ce qui est relativement faible.

Neige/Gel

Le nombre moyen de jours avec de la neige est présenté dans le tableau suivant.

	Jan.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Année
Nombre de jours avec neige (j)	3.9	4.6	2.8	1.0	0	0	0	0	0	0	1.1	2.5	15.9

Tableau 11 : Tableau du nombre de jours moyen avec neige sur la station de Saint-Quentin (1981-2010)
(Source : Météo France)

La **neige** est présente dans le secteur que **15,9 jours en moyenne par an**, ce qui est une valeur non négligeable. Le nombre de **jours de gel est de 60,1 jours par an**¹.

¹ Le nombre de jours de gel n'étant pas disponible pour la station météorologique de Saint-Quentin, les données présentées sont issues de la station météorologique de Cambrai

5.1.2 Risques naturels

Arrêtés de catastrophes naturelles

D'après les données disponibles sur le site Géorisques, les communes du périmètre d'étude ont fait l'objet des arrêtés de catastrophes naturelles suivants. Ces phénomènes concernent des **mouvements de terrain** et des **inondations** :

Lesbœufs :

Inondations, coulées de boue et mouvements de terrain : 1

Code national CATNAT	Début le	Fin le	Arrêté du	Sur le JO du
80PREF19990463	25/12/1999	29/12/1999	29/12/1999	30/12/1999

Beaulencourt :

Inondations, coulées de boue et mouvements de terrain : 1

Code national CATNAT	Début le	Fin le	Arrêté du	Sur le JO du
62PREF19990127	25/12/1999	29/12/1999	29/12/1999	30/12/1999

Le Transloy :

Inondations, coulées de boue et mouvements de terrain : 1

Code national CATNAT	Début le	Fin le	Arrêté du	Sur le JO du
62PREF19990850	25/12/1999	29/12/1999	29/12/1999	30/12/1999

Gueudecourt :

Inondations, coulées de boue et mouvements de terrain : 1

Code national CATNAT	Début le	Fin le	Arrêté du	Sur le JO du
80PREF19990394	25/12/1999	29/12/1999	29/12/1999	30/12/1999

Tableau 12 : Arrêtés portant reconnaissance de l'état de catastrophe naturelle sur les communes du périmètre de l'étude de danger

Les communes du périmètre d'étude ne font l'objet d'aucun Plan de Prévention des Risques Naturels (PPRN).

Risque inondation

D'après le Dossier Départemental des Risques Majeurs (DDRM), les communes du périmètre d'étude ne sont pas concernées par le risque inondation et ne possèdent pas de Plan de Prévention des Risques Inondation.

Les données de l'Atlas des zones inondables confirment que le périmètre d'étude n'est concerné par aucune zone inondable par des cours d'eau de surface.

Risque Séisme

D'après la base de données du BRGM Géorisques, la commune de Beaulencourt est soumise à un risque sismique de niveau 2 (aléa faible), alors que les communes de Le Transloy, Gueudecourt et Lesbœufs sont soumises à un risque de niveau 1 (aléa très faible).

Rappelons que des mesures préventives, notamment des règles de construction, d'aménagement et d'exploitation parasismiques, sont appliquées aux bâtiments, aux équipements et aux installations de la classe dite "à risque normal" (définie à l'article R.563-3 du Code de l'environnement) situés dans les zones de sismicité faible, modérée, moyenne et forte.

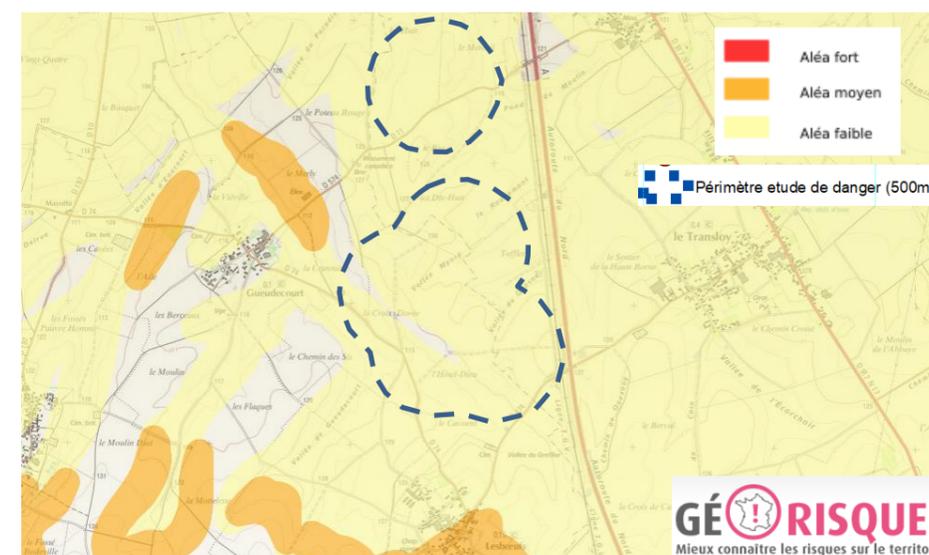
Risque mouvements de terrain

Les mouvements de terrain regroupent un ensemble de déplacements, plus ou moins brutaux, du sol ou du sous-sol, d'origine naturelle ou anthropique. Les volumes en jeux sont compris entre quelques mètres cubes et quelques millions de mètres cubes. Les déplacements peuvent être lents (quelques millimètres par an) ou très rapides (quelques centaines de mètres par jour).

Le site peut être concerné par plusieurs types de mouvement de terrain :

- Le retrait-gonflement des argiles

Les variations de la quantité d'eau dans certains terrains argileux produisent des gonflements (période humide) et des tassements (période sèche) et peuvent avoir des conséquences importantes sur les bâtiments à fondations superficielles. Une étude menée par le Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM) en 2006 identifie 4 niveaux d'aléas (a priori nul, faible, moyen et fort).

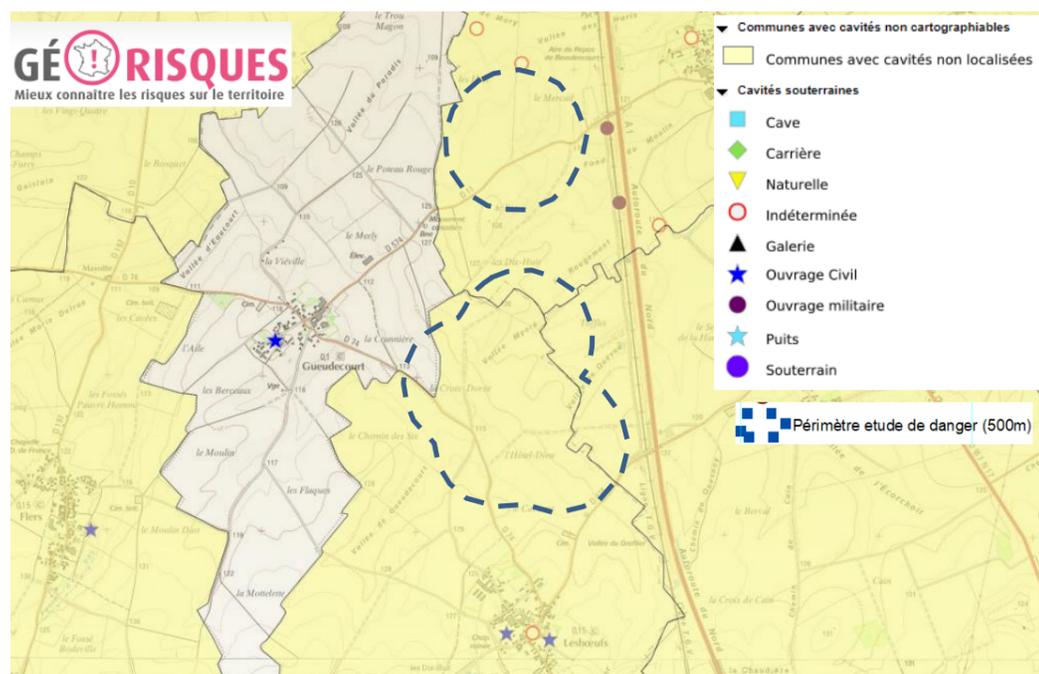


Carte 5 : Aléa retrait et gonflement des argiles

Le périmètre d'étude est concerné par un aléa retrait et gonflement des argiles globalement faible.

• **Les cavités souterraines**

L'évolution des cavités souterraines naturelles (dissolution de gypse) ou artificielles (carrières et ouvrages souterrains hors mine) peut entraîner l'effondrement du toit de la cavité et provoquer en surface une dépression généralement de forme circulaire. Les effondrements sont liés à l'état de dégradation de la cavité souterraine et aux conditions météorologiques. En effet, la présence de vides souterrains, sous l'effet de facteur déclenchant (vieillessement d'un pilier, infiltration importante suite à une pluviométrie importante ou de fuite d'un réseau, inondations des cavités par la nappe phréatique), peut provoquer des effondrements (fontis) ou affaissements en surface, induisant des risques pour les biens et les personnes. Les cavités souterraines présentes dans la région sont de plusieurs types : carrière souterraine de craie, sapes et abris de guerre, souterrain refuge... et peuvent se trouver à des profondeurs différentes.

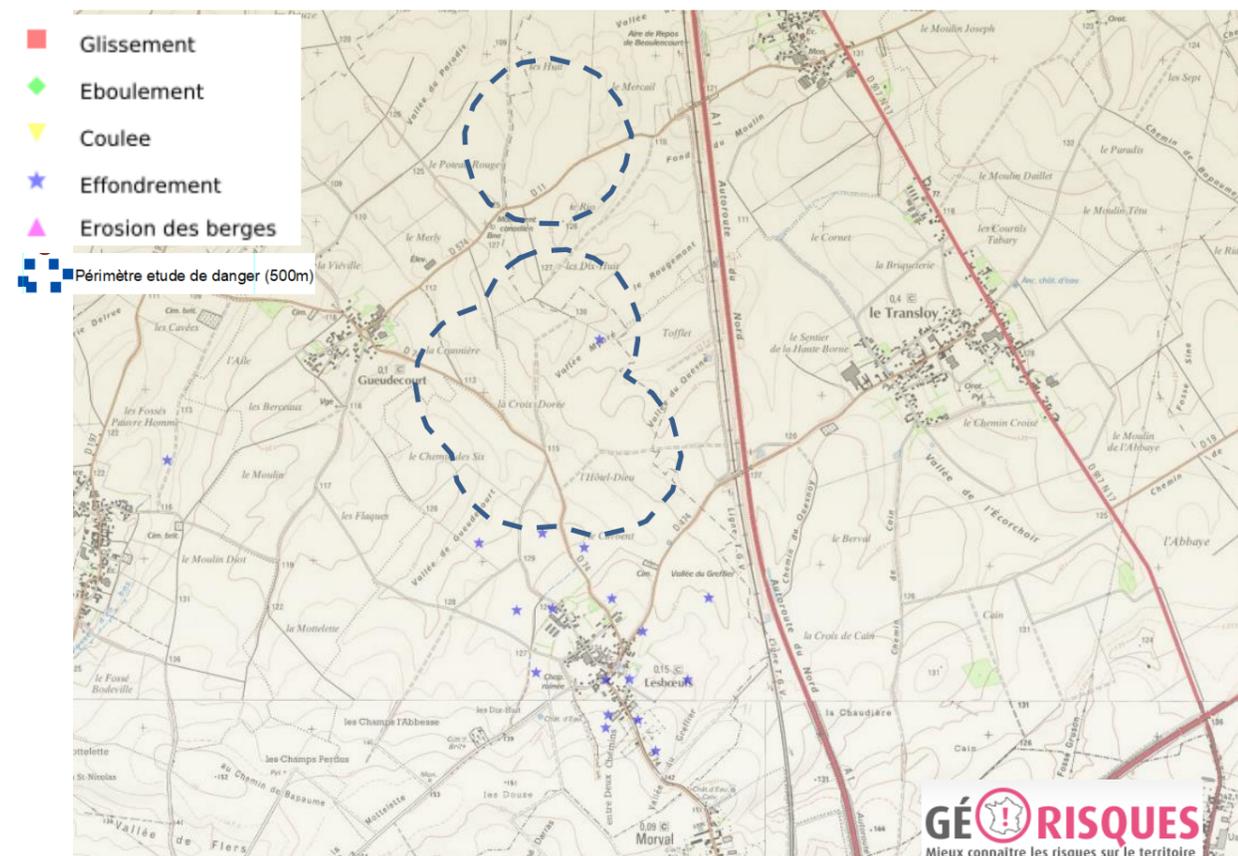


Carte 6 : Aléa cavité

Aucune cavité n'est recensée sur le périmètre d'étude. Toutefois, les données du BRGM précisent que les communes du périmètre d'étude présentent des cavités non localisées.

• **Les glissements de terrain**

Ils se produisent généralement en situation de forte saturation des sols en eau. Ils peuvent mobiliser des volumes considérables de terrain, qui se déplacent le long d'une pente.



Carte 7 : Aléa Mouvement de terrain

Les données issues de la base de données « bdmvt » du BRGM recensent quelques mouvements de terrain à l'échelle du périmètre d'étude correspondant à des effondrements. De nombreux autres effondrements sont recensés tout autour du bourg de Lesboeufs.

5.2 ENVIRONNEMENT HUMAIN

5.2.1 Zones urbanisées

Aux alentours du périmètre d'étude, l'habitat est assez dispersé et peu concentré. L'urbanisation laisse place principalement aux zones agricoles (cf. Carte 9 et Carte 10).

En termes d'occupation du sol, la faible densité de population des communes concernées confirme le caractère rural du territoire. Le tableau ci-dessous présente les données démographiques des communes concernées par le périmètre de l'étude de danger.

	Population (Hab.)	Densité de population (nb habitant/km ²)
Beaulencourt	237	48.4
Le Transloy	401	38.5
Lesboeufs	174	29.1
Gueudecourt	94	19.3

Tableau 13 : Données démographiques des communes concernées par le périmètre de l'étude de danger (Source : INSEE, données 2016)

La loi du 12 juillet 2010, dite loi « Grenelle II », complétée par l'arrêté du 26 août 2011, impose aux parcs éoliens un éloignement minimal de 500 m de toute habitation ou zone destinée à l'habitat.

Aucune habitation et aucune zone destinée à l'habitation ne se situe à moins de 500 m d'une éolienne. Les distances aux habitations sont listées dans le tableau ci-après. S'agissant du projet éolien Croix Dorée, la distance minimale entre une éolienne et une habitation est de **895 m**. Le périmètre de l'étude de dangers n'est par ailleurs concerné par aucun bureau ni bâtiment agricole.

Eolienne	Localisation de l'habitation la plus proche	Distance
E1	Bourg de Gueudecourt à l'ouest	1 114 m
E2	Bourg de Lesboeufs au sud	895 m
E3	Bourg de Gueudecourt à l'ouest	1 350 m
E5	Bourg de Lesboeufs au sud	915 m
E6	Bourg de Beaulencourt au nord-est	1 225 m

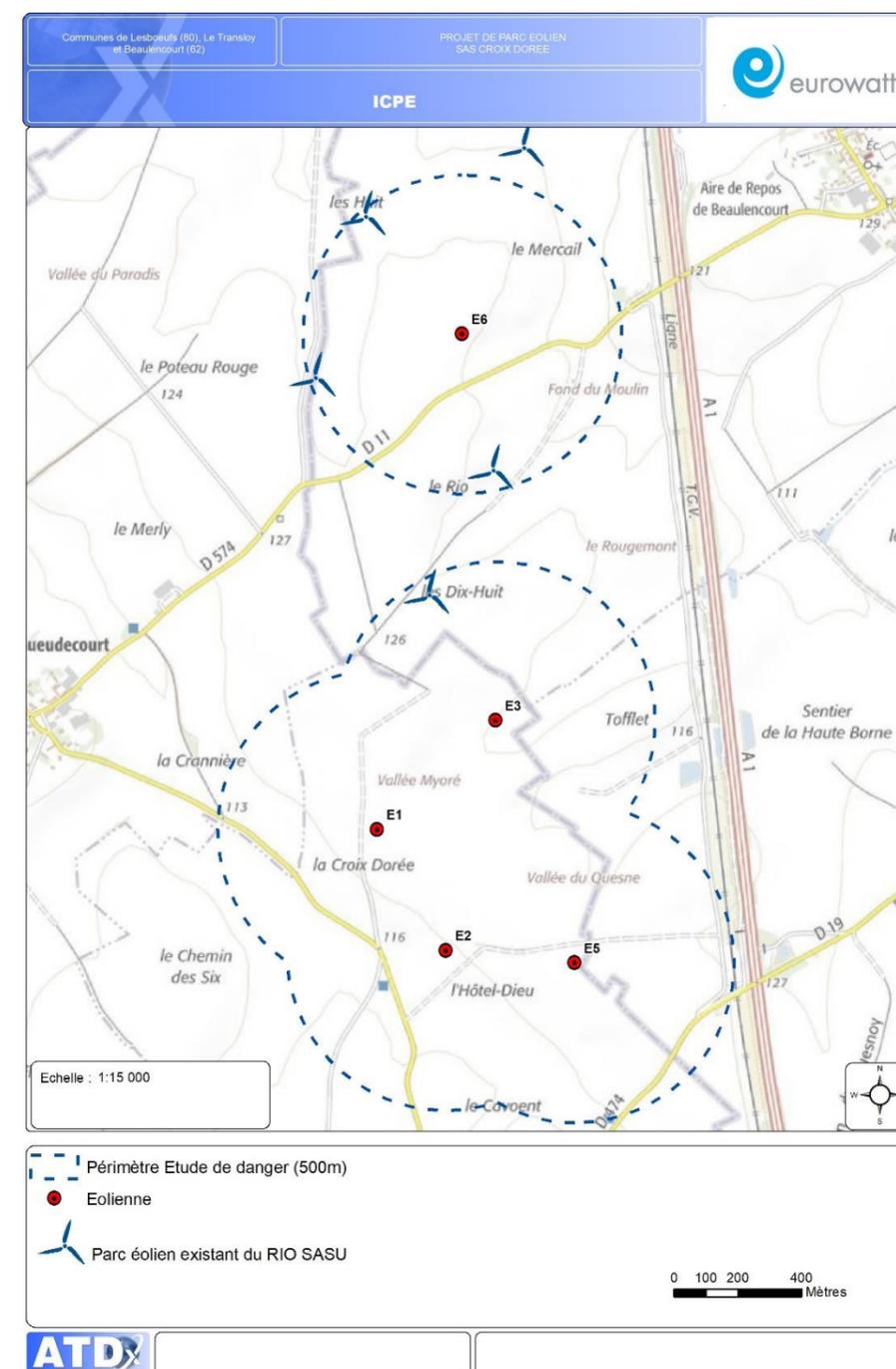
Tableau 14 : Distances entre éoliennes et habitations les plus proches

5.2.2 Établissements recevant du public (ERP)

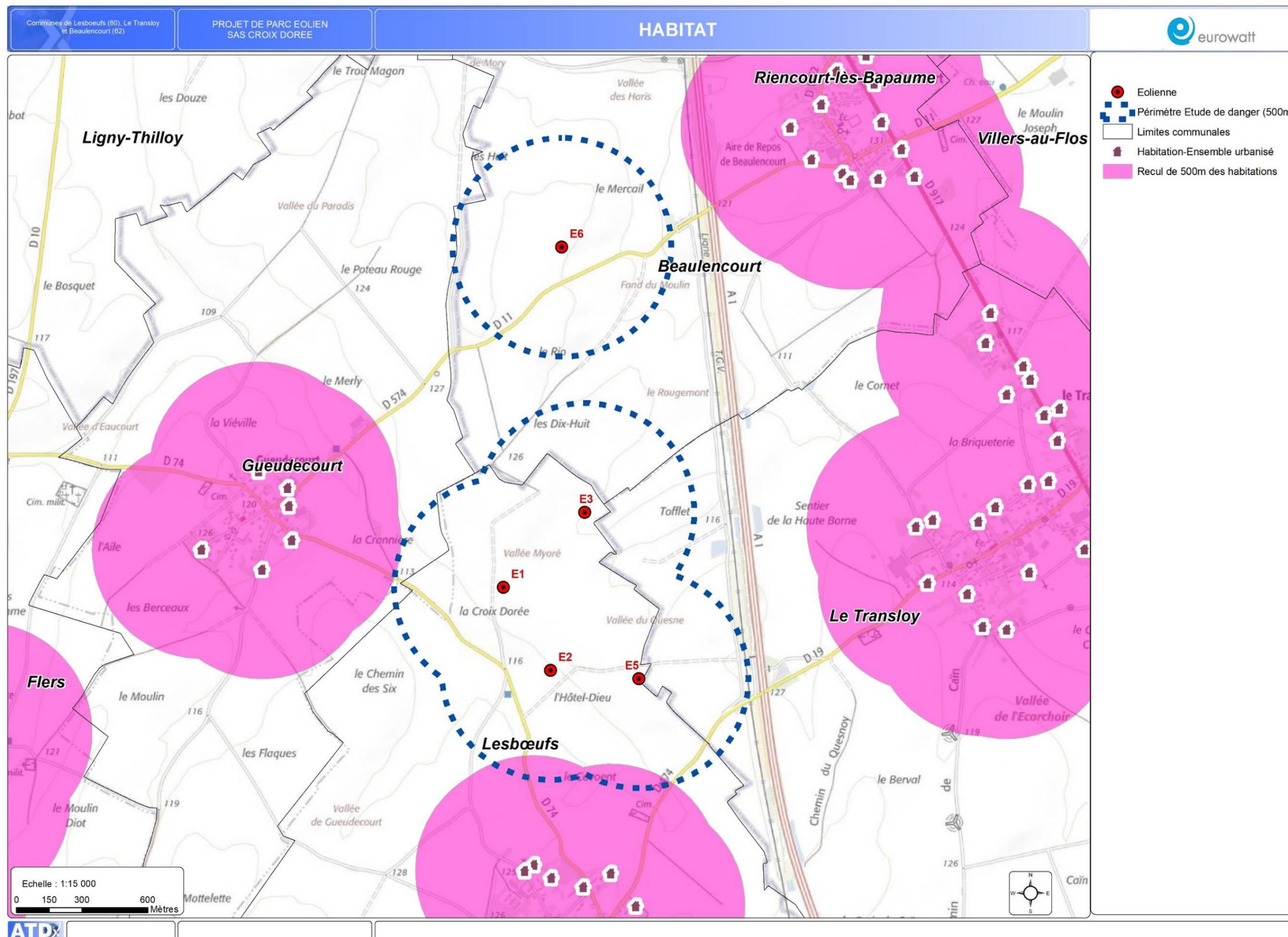
Dans les limites de l'aire d'étude, il n'y a pas d'ERP.

5.2.3 Installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE)

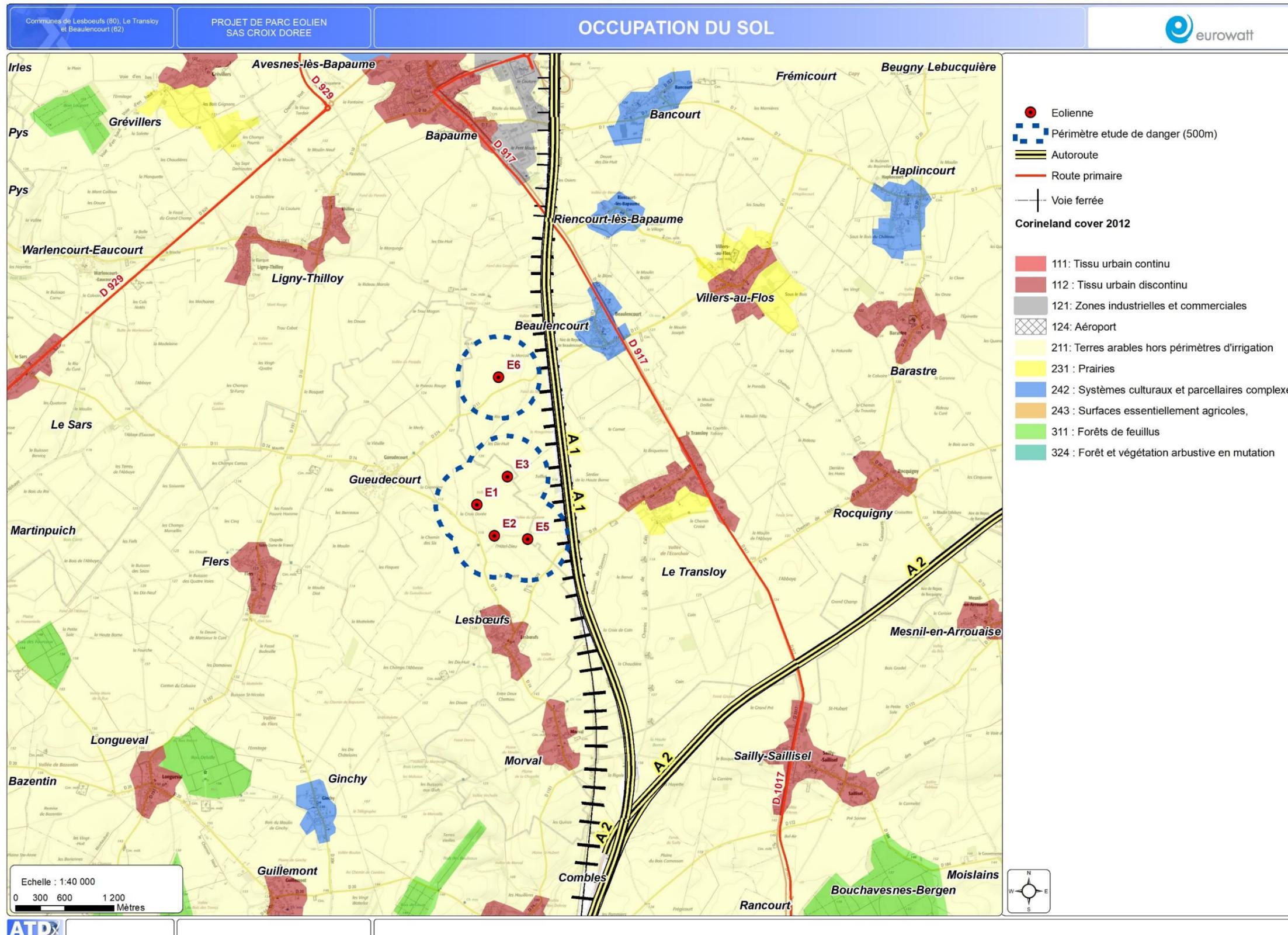
Il n'existe pas d'établissement SEVESO dans les limites de l'aire d'étude de dangers. En revanche, un parc éolien, nommé Parc éolien du RIO SAS et exploité par le Groupe Eurowatt, présente 4 éoliennes à l'intérieur de ce périmètre.



Carte 8 : ICPE



Carte 9 : L'habitat



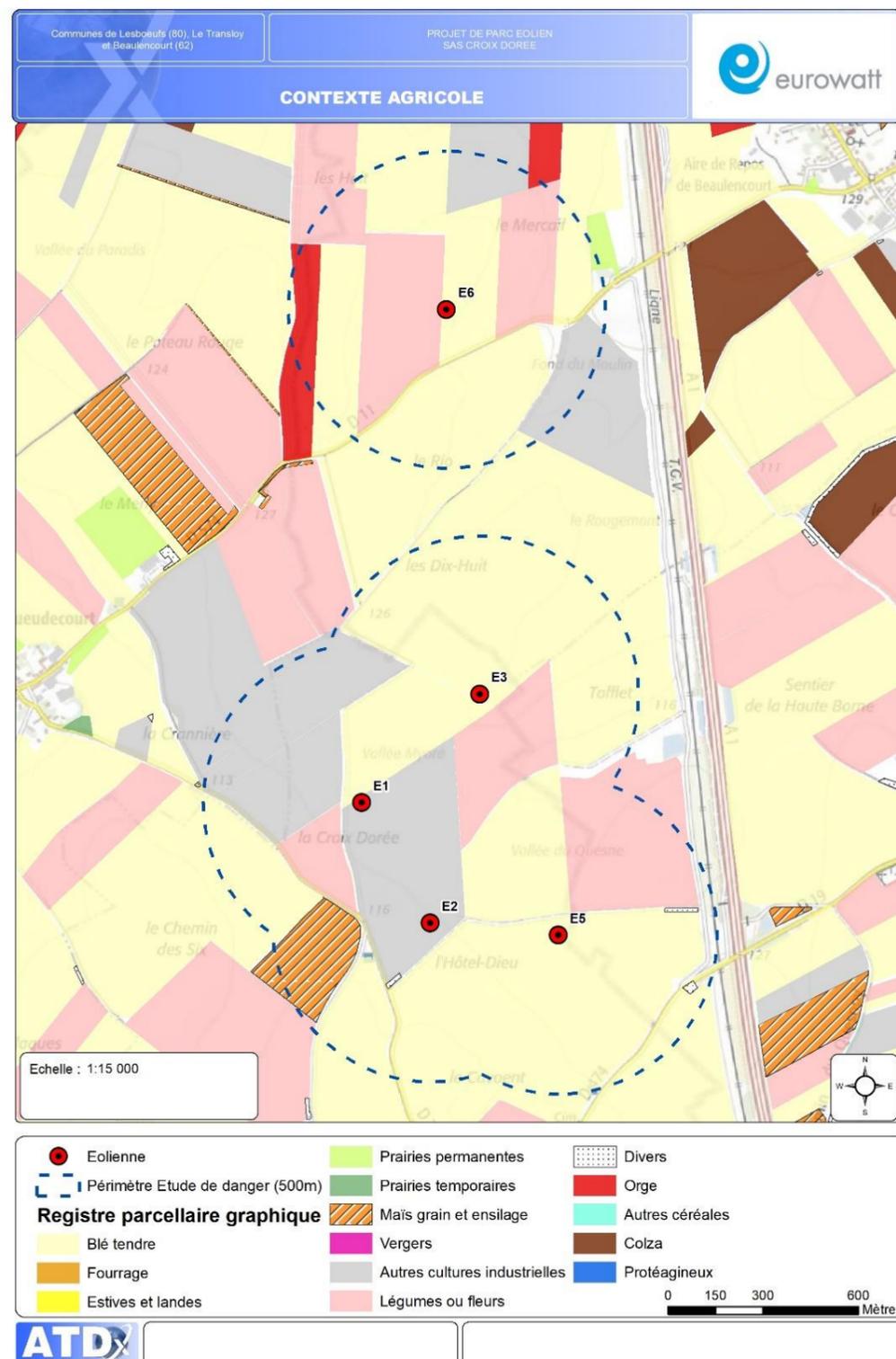
Carte 10 : Occupation du sol
(Source : Corineland Cover 2012)

5.2.4 Agriculture

Le périmètre de l'étude de danger est exclusivement dédié à l'activité agricole, et plus précisément à la culture intensive de blé.

5.2.5 Activités touristiques et de loisirs

Aucune activité touristique ou de loisir n'existe à l'intérieur du périmètre de l'étude de danger.



Carte 11 : Contexte agricole
(Source : Registre parcellaire graphique)

5.3 ENVIRONNEMENT MATERIEL

5.3.1 Infrastructures routières

Le périmètre de l'étude de danger est coupé au Nord par la RD 11 et au Sud par la RD74 et la RD474 (cf. Carte 12). La distance minimale entre une éolienne et une route départementale est de 150 m (entre E6 et la RD11).

Le trafic des routes situées au niveau du périmètre d'étude est présenté dans le tableau ci-dessous. Il est issu des données du Conseil Général du Pas-de-Calais, du Conseil Général de la Somme et de SANEF, gestionnaire de l'A1.

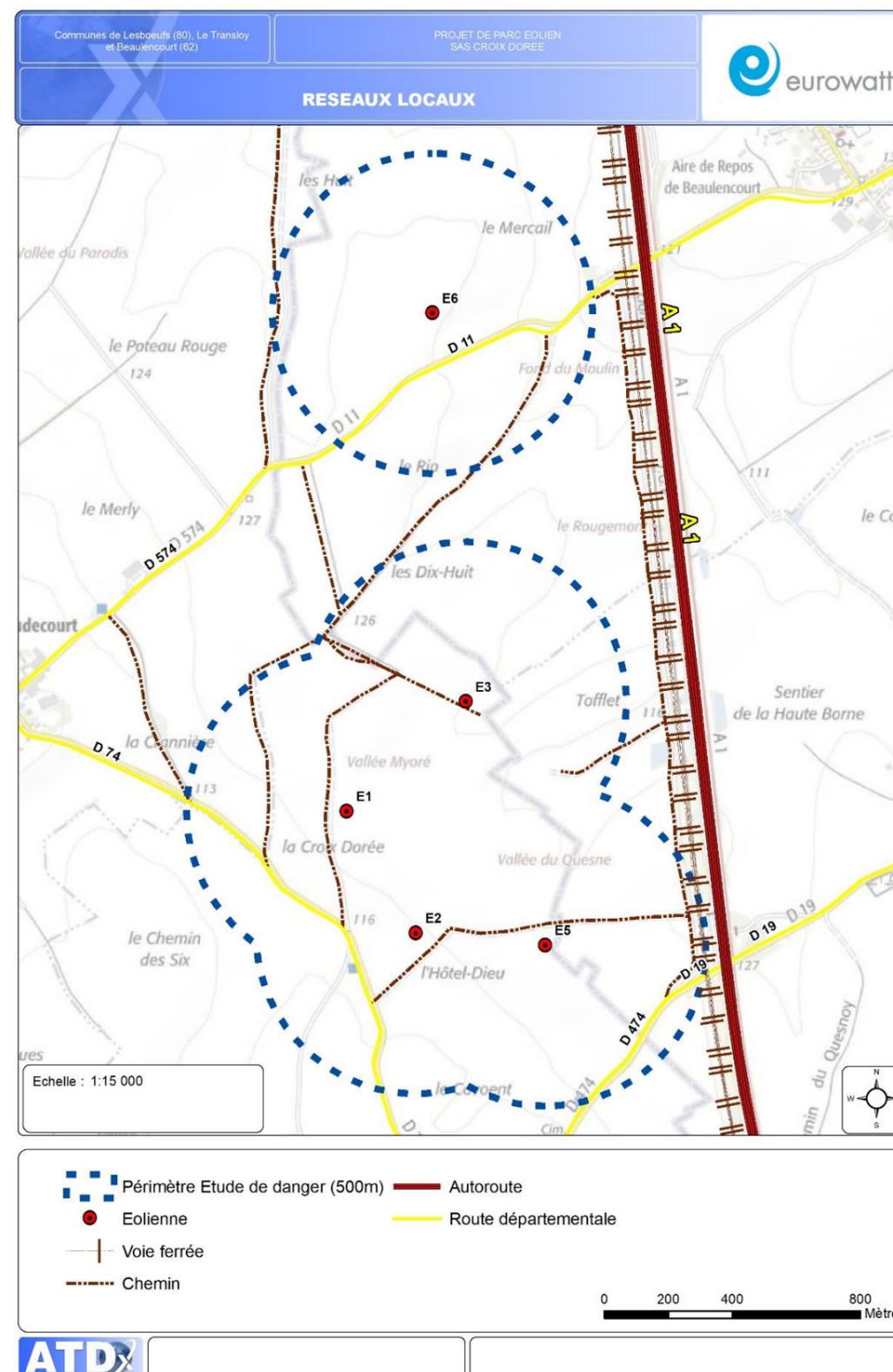
Voirie	Nombre de véhicules (Moyenne Journalière Annuelle)	Dont poids-lourds	Année du comptage
A1	41348	10549	2010
RD 11	19	1	2003
RD 19 (RD474 dans la Somme)	45	6	2003
RD 74	Aucun comptage routier (route de classe 3) – le Conseil général de la Somme indique de prendre en compte un nombre de véhicule inférieur à 500		

Tableau 15 : Le trafic routier

Les axes routiers traversant le périmètre de l'étude de dangers sont donc considérés comme non structurants.

5.3.2 Le réseau ferré

Le périmètre de l'étude de dangers est concerné sur son extrémité sud-est par une ligne ferroviaire. Il s'agit de la LGV Paris – Lille. Selon Réseau Ferré de France, cette ligne compte environ 200 trains de voyages par jour mais aucun train de fret.



Carte 12 : Réseau routier et ferré

5.3.3 Réseaux et servitudes

Le périmètre est traversé par les routes départementales RD11, RD74 et RD474. Ces axes sont non structurants (trafic inférieur à 2 000 véhicules/jour). Un recul au moins égal à la hauteur de l'éolienne (pales comprises) est respecté vis-à-vis de ces routes.

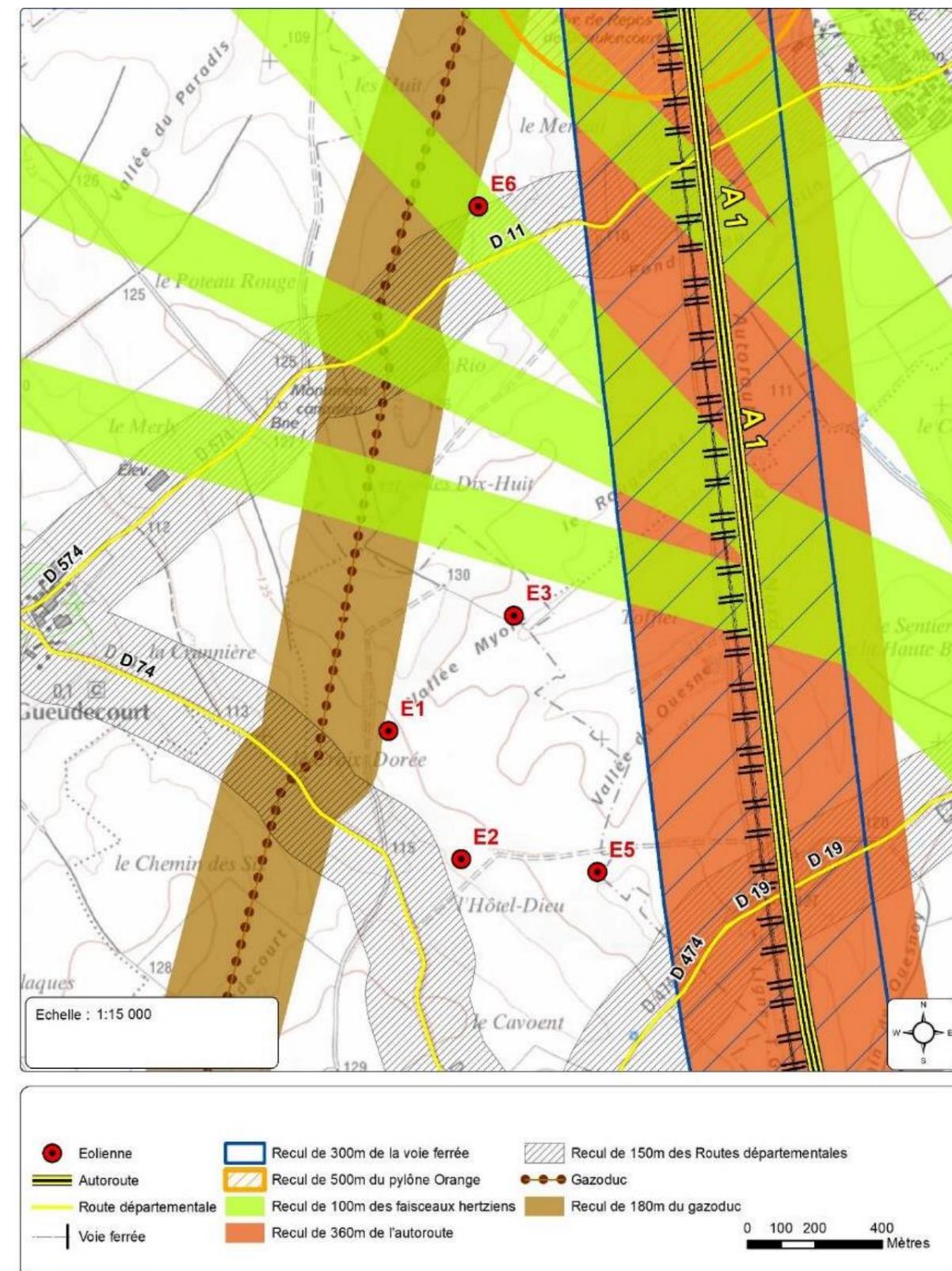
L'autoroute A1 et la ligne LGV passent à proximité immédiate du site. Un recul de 360 m, soit deux hauteurs totales d'éolienne, est respecté.

Le périmètre d'étude est également concerné par un gazoduc de GRT Gaz qui traverse l'aire d'étude dans un sens nord-est/sud-ouest. Seule une servitude *non aedificandi* de quelques mètres concerne cette canalisation. Il a été décidé de prendre une distance minimum de 180m entre les éoliennes et cette canalisation. D'après la réponse à consultation de GRTGaz en date du 22 décembre 2021, les éoliennes E2, E3, E5 et E6 ont une distance compatible avec leurs préconisations. Cependant, une étude de compatibilité a donné une distance minimale d'éloignement à respecter de 211 m pour la E1, ce qui n'a pas pu être respecté.

Le site est concerné par plusieurs faisceaux hertziens gérés par Bouygues Telecom, Orange et SFR. Bien qu'aucun de ces faisceaux ne fasse l'objet d'une servitude, un recul de 100 m du tracé des faisceaux sera observé.

5.3.4 Autres ouvrages publics

Aucun autre ouvrage public (exemple : barrages, digues, château d'eau, bassins de rétention...) n'est présent sur l'aire d'étude.



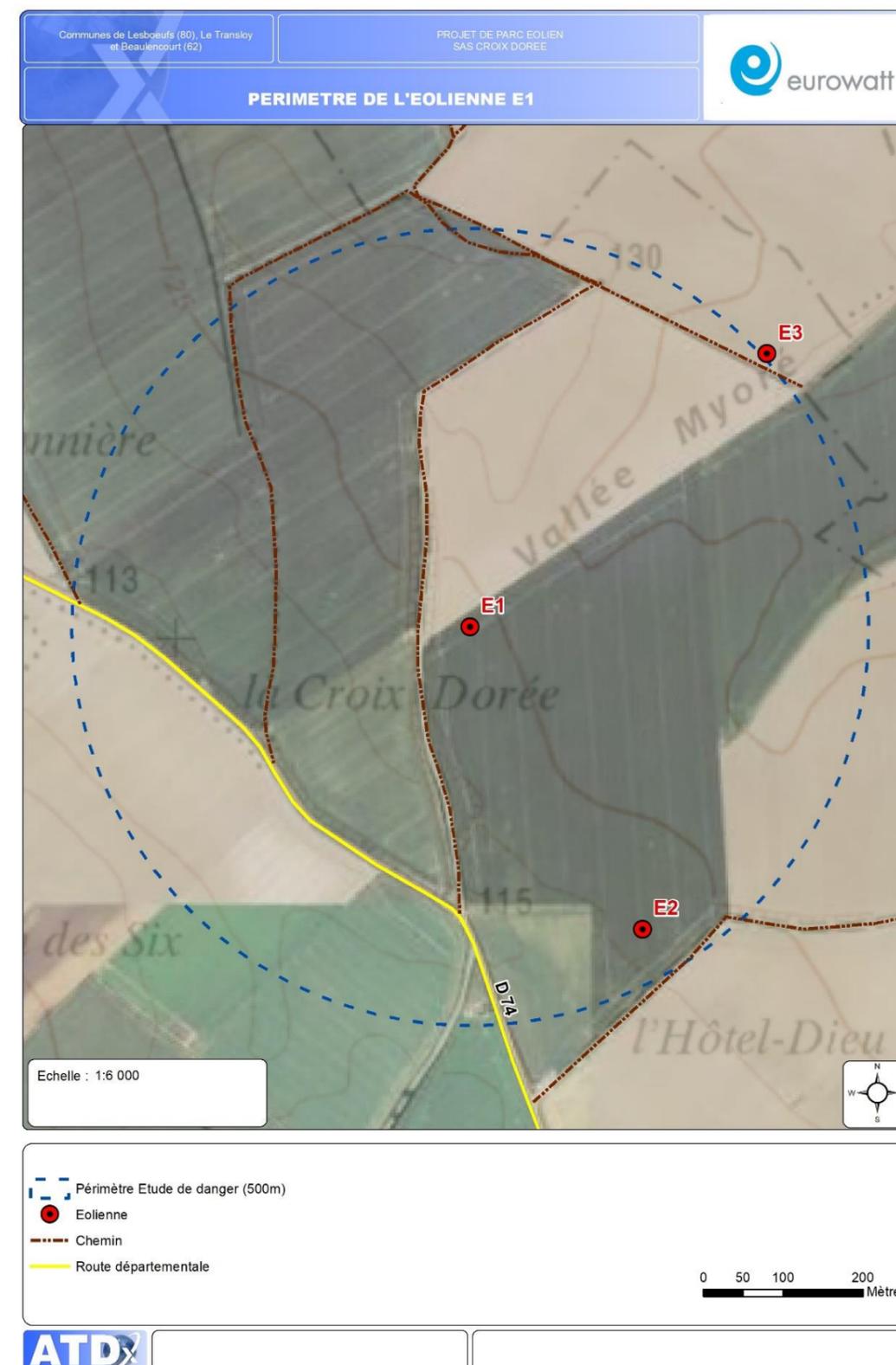
Carte 13 : Réseaux et servitudes

6 CARTOGRAPHIE DE SYNTHÈSE

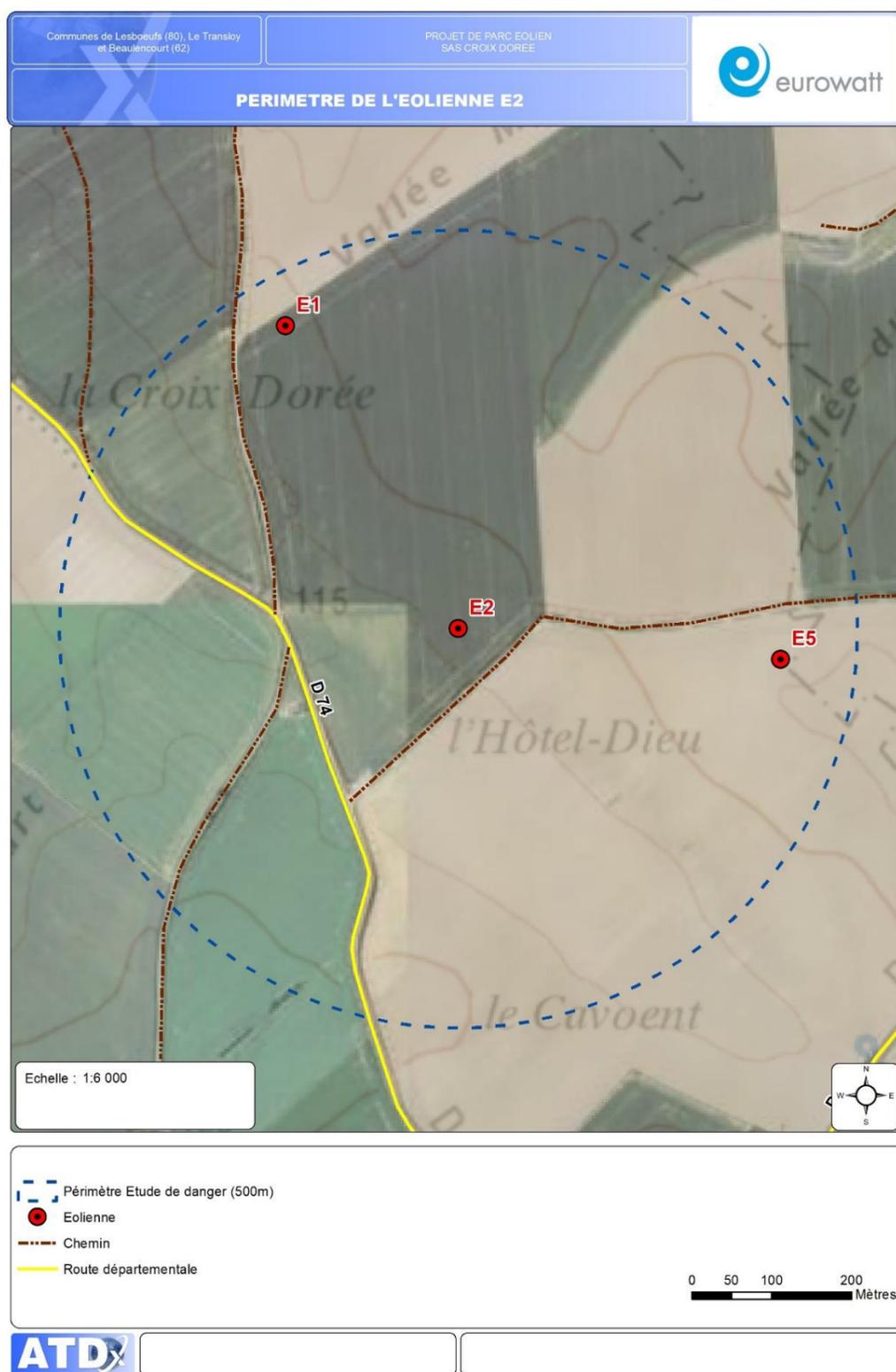
Pour rappel : L'arrêté du 29 septembre 2005 relatif à l'évaluation et à la prise en compte de la probabilité d'occurrence, de la cinétique, de l'intensité des effets et de la gravité des conséquences des accidents potentiels dans les études de dangers des installations classées soumises à autorisation fournit un cadre méthodologique pour les évaluations des scénarii d'accidents majeurs. Il impose une évaluation des accidents majeurs sur les **personnes uniquement** et non sur la totalité des enjeux identifiés dans l'article L. 511-1. En cohérence avec cette réglementation et dans le but d'adopter une démarche proportionnée, l'évaluation des accidents majeurs dans l'étude de dangers d'un parc d'aérogénérateurs s'intéressera prioritairement aux dommages sur les personnes.

Les cartes ci-après localisent pour chaque éolienne les enjeux **sur les personnes** dans le périmètre de l'étude de dangers de 500 m. Elles indiquent notamment la localisation des biens, infrastructures et autres établissements. Dans le périmètre d'étude, on repère :

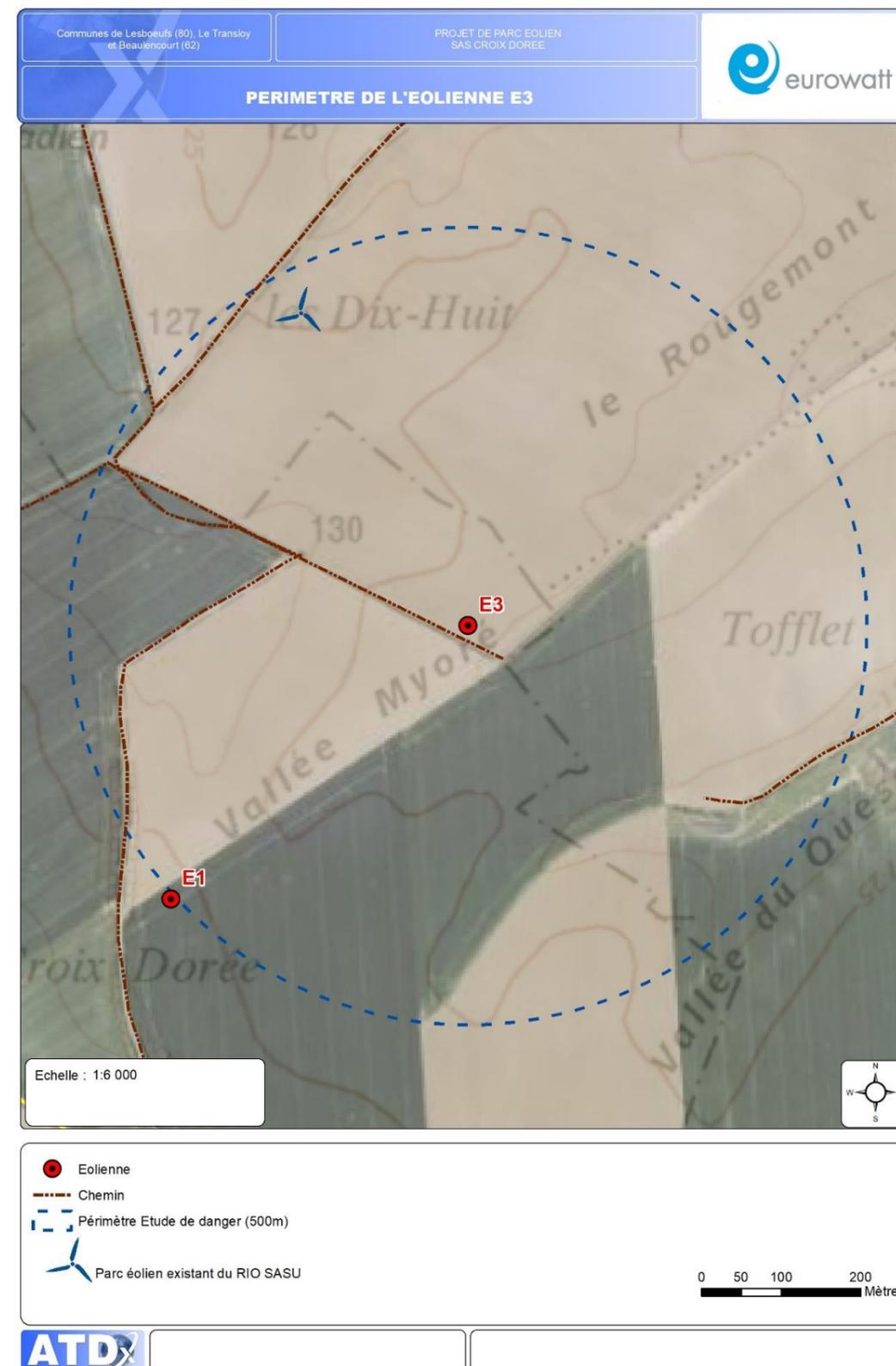
- **La RD11, RD74 et RD474** (voies non structurantes car trafic inférieur à 2000 véhicules/an) **et les chemins** : ils correspondent à des terrains aménagés mais peu fréquentés (1 pers/10 ha) ;
- **Zones agricoles** : ils correspondent à des terrains non aménagés et très peu fréquentés (1 pers/100 ha) ;
- **Voie ferrée** : d'après le Guide technique, il convient de considérer 0,4 personne exposée par kilomètre et par train, sachant que la ligne compte 200 trains de voyageurs/jour.



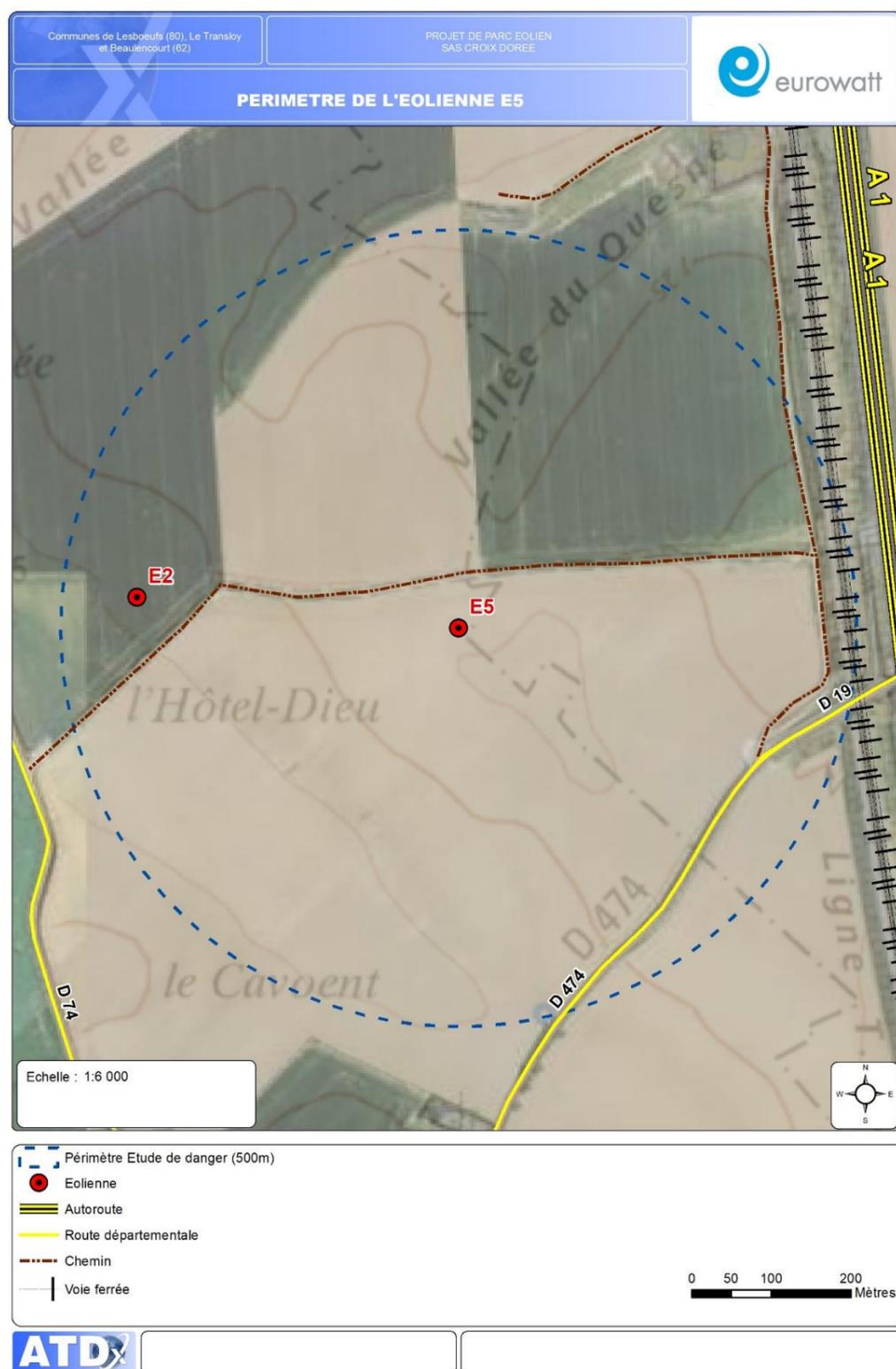
Carte 14 : Le périmètre d'étude E1



Carte 15 : Le périmètre d'étude E2



Carte 16 : Le périmètre d'étude E3



Carte 17 : Le périmètre d'étude E5



Carte 18 : Le périmètre d'étude E6

7 DESCRIPTION DE L'INSTALLATION

Ce chapitre a pour objectif de caractériser l'installation envisagée ainsi que son organisation et son fonctionnement, afin de permettre d'identifier les principaux potentiels de dangers qu'elle représente (*chapitre 8*), au regard notamment de la sensibilité de l'environnement décrit précédemment.

7.1 CARACTERISTIQUES DE L'INSTALLATION

7.1.1 Caractéristiques générales d'un parc éolien

Un parc éolien est une centrale de production d'électricité à partir de l'énergie du vent.

Il est composé de plusieurs aérogénérateurs et de leurs annexes (cf. schéma du raccordement électrique au paragraphe 4.1.3) :

- Plusieurs éoliennes fixées sur une fondation adaptée, accompagnée d'une aire stabilisée appelée « plateforme » ou « aire de grutage » ;
- Un réseau de câbles électriques enterrés permettant d'évacuer l'électricité produite par chaque éolienne vers le ou les poste(s) de livraison électrique (appelé « réseau inter-éolien ») ;
- Un ou plusieurs poste(s) de livraison électrique, concentrant l'électricité des éoliennes et organisant son évacuation vers le réseau public d'électricité au travers du poste source local (point d'injection de l'électricité sur le réseau public) ;
- Un réseau de câbles enterrés permettant d'évacuer l'électricité regroupée au(x) poste(s) de livraison vers le poste source (appelé « réseau externe » et appartenant le plus souvent au gestionnaire du réseau de distribution d'électricité) ;
- Un réseau de chemins d'accès ;
- Éventuellement des éléments annexes type mât de mesures de vent, aire d'accueil du public, aire de stationnement, etc.

Selon la réglementation, une installation soumise à la rubrique 2980 des Installations Classées correspond à un parc éolien exploité par un seul et même exploitant. Dans un souci de simplification, nous emploierons indifféremment les termes « parc éolien » ou « installation ».

Éléments constitutifs d'un aérogénérateur

Au sens de l'arrêté du 26 août 2011 relatif aux installations de production d'électricité utilisant l'énergie mécanique du vent au sein d'une installation soumise à autorisation au titre de la rubrique 2980 de la législation des Installations Classées pour la Protection de l'Environnement, les aérogénérateurs (ou éoliennes) sont définis comme un dispositif mécanique destiné à convertir l'énergie du vent en électricité,

composé des principaux éléments suivants : un mât, une nacelle, le rotor auquel sont fixées les pales, ainsi que le cas échéant, un transformateur.

Les aérogénérateurs se composent de trois principaux éléments :

- **Le rotor** qui est composé de trois pales (pour la grande majorité des éoliennes actuelles) construites en matériaux composites et réunies au niveau du moyeu. Il se prolonge dans la nacelle pour constituer l'arbre lent.
- **Le mât** est généralement composé de 3 à 4 tronçons en acier ou de 15 à 20 anneaux de béton, surmonté d'un ou plusieurs tronçons en acier. Dans la plupart des éoliennes, il abrite le transformateur qui permet d'élever la tension électrique de l'éolienne au niveau de celle du réseau électrique.
- **La nacelle** abrite plusieurs éléments fonctionnels :
 - ☞ le générateur transforme l'énergie de rotation du rotor en énergie électrique,
 - ☞ le multiplicateur (certaines technologies n'en utilisent pas),
 - ☞ le système de freinage mécanique,
 - ☞ le système d'orientation de la nacelle qui place le rotor face au vent pour une production optimale d'énergie,
 - ☞ les outils de mesure du vent (anémomètre, girouette),
 - ☞ le balisage diurne et nocturne nécessaire à la sécurité aéronautique,
 - ☞ le transformateur, si celui-ci n'est pas situé dans le mât.

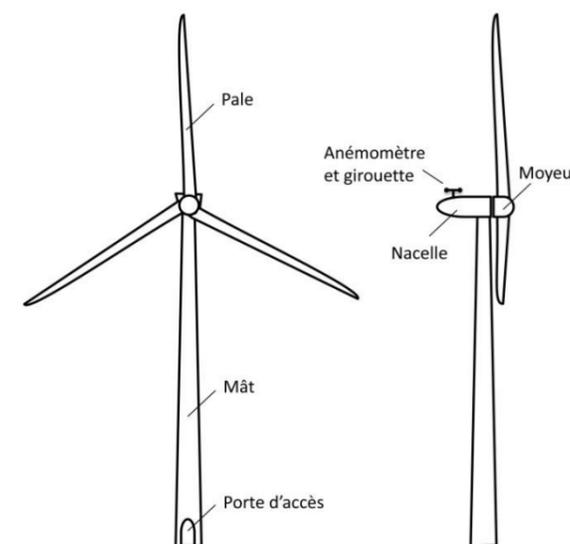
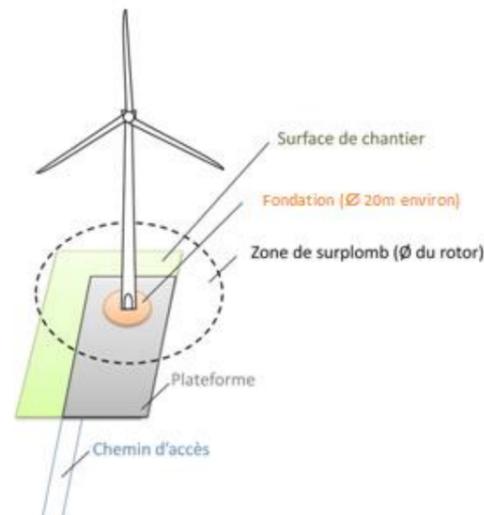


Figure 4 : Schéma simplifié d'un aérogénérateur

Emprise au sol

Plusieurs emprises au sol sont nécessaires pour la construction et l'exploitation des parcs éoliens.

- **La surface de chantier** est une surface temporaire, durant la phase de construction destinée aux manœuvres des engins et au stockage au sol des éléments constitutifs des éoliennes.
- **La fondation de l'éolienne** est recouverte de remblais. Ses dimensions exactes sont calculées en fonction des aérogénérateurs et des propriétés du sol.
- **La zone de surplomb ou de survol** correspond à la surface au sol au-dessus de laquelle les pales sont situées, en considérant une rotation à 360° du rotor par rapport à l'axe du mât.
- **La plateforme** correspond à une surface permettant le positionnement de la grue destinée au montage et aux opérations de maintenance liées aux éoliennes. Sa taille varie en fonction des éoliennes choisies et de la configuration du site d'implantation.



Chemins d'accès

Pour accéder à chaque aérogénérateur, des pistes d'accès sont aménagées pour permettre aux véhicules d'accéder aux éoliennes aussi bien pour les opérations de construction du parc éolien que pour les opérations de maintenance liées à l'exploitation du parc :

- L'aménagement de ces accès concerne principalement les chemins ruraux ;
- Si nécessaire, de nouveaux chemins sont créés.

Durant les phases de construction et de démantèlement, les engins empruntent ces chemins pour acheminer les éléments constituant les éoliennes et leurs annexes.

Durant la phase d'exploitation, les chemins sont utilisés par des véhicules légers (maintenance régulière) ou par des engins permettant d'importantes opérations de maintenance (ex : changement de pale).

7.1.2 Activité de l'installation

L'activité principale du projet éolien de la Croix Dorée est la production d'électricité à partir de l'énergie mécanique du vent avec une hauteur (mât + pale) de 178,5 m maximum. Cette installation est donc soumise à la rubrique 2980 des installations classées pour la protection de l'environnement.

7.1.3 Composition de l'installation

Le projet éolien de la Croix Dorée est composé de **5 aérogénérateurs** et de **2 postes de livraison**. Le choix précis de la machine retenue se fera sur la base d'un appel d'offre constructeur après obtention des demandes d'autorisations.

La présente étude est réalisée à partir d'un gabarit. L'étude détaillée des risques est faite sur la base des dimensions de rotor et de hauteur de tour les plus pénalisantes, c'est-à-dire générant la gravité maximale pour chacun des scénarii étudiés. Les dimensions des aérogénérateurs choisis sont les suivantes :

Tableau 16 : Dimensions maximales générales du projet

DIMENSIONS MAXIMALES GÉNÉRALES DU PROJET	
Hauteur de mât	120 m maximum
Diamètre du rotor	117 m maximum
Longueur de pale	58,5 m maximum
Largeur de pale à la base	4 m maximum
Largeur du mât à la base	4,3 m maximum
Longueur totale en bout de pale	178,5 maximum

Le projet est composé de 5 éoliennes, dont les hauteurs en bout de pales varient entre 150 et 178,5m. Par approche conservatrice, une hauteur totale maximale en bout de pale de 178,5 m est retenue sur l'ensemble des éoliennes du projet pour l'étude de dangers.

Le tableau suivant indique les coordonnées géographiques des aérogénérateurs et des structures de livraison.

Tableau 17 : Coordonnées géographiques des éoliennes et des postes de livraison

Installation	Lambert 93		WGS 84		Hauteur du terrain (m NGF)	Commune
	X	Y	N	E		
E1	689849,13	6995346,02	N 50°03'23,1"	E 002°51'30,2"	123	Lesboeufs
E2	690065,15	6994965,90	N 50°03'10,8"	E 002°51'41,1"	119	Lesboeufs
E3	690221,46	6995688,36	N 50°03'34,2"	E 002°51'48,9"	119	Lesboeufs
E5	690469,16	6994927,90	N 50°03'09,6"	E 002°52'01,4"	127	Lesboeufs
E6	690116,53	6996901,84	N 50°04'13,4"	E 002°51'43,5"	119	Beaulencourt
Poste de Livraison E1	689805,68	6995309,64	N 50°03'21,9"	E 002°51'28,0"	121	Lesboeufs
Poste de Livraison E5	690505,96	6994984,51	N 50°03'11,5"	E 002°52'03,2"	127	Lesboeufs

Un plan détaillé de l'installation précisant l'emplacement des aérogénérateurs, des structures de livraison, des plateformes, des chemins d'accès et des câbles électriques enterrés est présenté ci-après.



Carte 19 : Plan de masse du projet de la Croix Dorée

7.2 FONCTIONNEMENT DE L'INSTALLATION

Les instruments de mesure de vent placés au-dessus de la nacelle conditionnent le fonctionnement de l'éolienne. Grâce aux informations transmises par **la girouette** qui détermine la direction du vent, le rotor se positionnera pour être continuellement face au vent.

Les pales se mettent en mouvement lorsque **l'anémomètre** (positionné sur la nacelle) indique une vitesse de vent d'environ 10 km/h et c'est seulement à partir de 15 km/h que l'éolienne peut être couplée au réseau électrique. Le rotor et l'arbre dit « lent » transmettent alors l'énergie mécanique à basse vitesse (entre 5 et 20 tr/min) aux engrenages du multiplicateur, dont l'arbre dit « rapide » tourne environ 100 fois plus vite que l'arbre lent. Certaines éoliennes sont dépourvues de multiplicateur et la génératrice est entraînée directement par l'arbre « lent » lié au rotor. La génératrice transforme l'énergie mécanique captée par les pales en énergie électrique.

La puissance électrique produite varie en fonction de la vitesse de rotation du rotor. Dès que le vent atteint environ 40 km/h à hauteur de nacelle, l'éolienne fournit sa puissance maximale. Cette puissance est dite « nominale ».

Pour un aérogénérateur de 3 MW par exemple, la production électrique atteint 3 000 kWh dès que le vent atteint environ 40 km/h à hauteur de nacelle.

L'électricité produite par la génératrice correspond à un courant alternatif de fréquence 50 Hz avec une tension de 400 à 690 V. La tension est ensuite élevée jusqu'à 20 000 V par un transformateur placé dans chaque éolienne pour être ensuite injectée dans le réseau électrique public.

Lorsque la mesure de vent, indiquée par l'anémomètre, atteint des vitesses de plus de 100 km/h (variable selon le type d'éoliennes), l'éolienne cesse de fonctionner pour des raisons de sécurité. Deux systèmes de freinage permettront d'assurer la sécurité de l'éolienne :

- Le premier par la « mise en drapeau » des pales, c'est-à-dire un freinage aérodynamique : les pales prennent alors une orientation parallèle au vent ;
- Le second par un frein mécanique sur l'arbre de transmission à l'intérieur de la nacelle.

Le tableau ci-après permet de recenser tous les éléments présents dans un parc éolien avec leur fonction et caractéristiques propres :

Tableau 18 : Description des éléments de l'installation

Élément de l'installation	Fonction	Caractéristiques
Fondation	Ancrer et stabiliser l'éolienne dans le sol	Massifs de fondation représentant environ 450m ³ de béton armé sur une profondeur d'environ 3 m. L'étude géotechnique permettra de dimensionner précisément les fondations pour chaque éolienne.
Mât	Supporter la nacelle et le rotor	Mât en acier ou en béton de plusieurs tronçons. Hauteur totale maximale de 120 m et diamètre maximum de 4,3 m, de couleur blanc grisé (RAL 7035 ou similaire)
Nacelle	Supporter le rotor Abriter le dispositif de conversion de l'énergie mécanique en électricité (génératrice, etc.) ainsi que les dispositifs de contrôle et de sécurité	La nacelle abrite les composants suivants : - le générateur transforme l'énergie de rotation du rotor en énergie électrique ; - le multiplicateur (certaines technologies n'en utilisent pas) ; - le système de freinage mécanique ; - le système d'orientation de la nacelle qui place le rotor face au vent pour une production optimale d'énergie ; - les outils de mesure du vent (anémomètre, girouette), - le balisage diurne et nocturne nécessaire à la sécurité aéronautique.

Élément de l'installation	Fonction	Caractéristiques
Rotor / pales	Capter l'énergie mécanique du vent et la transmettre à la génératrice	Rotor de 3 pales relié à la nacelle. La longueur d'une pale est de 58,5 m maximum (diamètre rotor 120 m maximum)
Transformateur	Élever la tension de sortie de la génératrice avant l'acheminement du courant électrique par le réseau	Les transformateurs moyenne-tension sont situés à l'intérieur de la structure de l'éolienne (nacelle ou mât)
Structure de livraison	Disjoncteur général + compteurs d'énergie + supervision informatique	2 bâtiments préfabriqués distincts de mêmes dimensions (3 x 3 x 10,5 m chacun). Chaque bâtiment peut être utilisé pour l'installation d'un poste de livraison normalisé EDF ou d'un circuit bouchon (filtre 175 Hz) ou encore d'un local d'exploitation et de maintenance.

7.3 SECURITE DE L'INSTALLATION

L'installation respecte la réglementation en vigueur en matière de sécurité décrite par l'arrêté du 26 août 2011 relatif aux installations soumises à autorisation au titre de la rubrique 2980 des Installations Classées pour la Protection de l'Environnement.

7.3.1 Gestion à distance du fonctionnement des éoliennes (SCADA)

Les éoliennes sont des équipements de production d'énergie qui sont disposés à l'écart des zones urbanisées et qui ne nécessitent pas de présence permanente de personnel. Bien que certaines opérations nécessitent des interventions sur site, les éoliennes sont surveillées et pilotées à distance.

Pour cela, l'installation est équipée d'un système SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) qui permet le pilotage à distance à partir des informations fournies par les capteurs. Les parcs éoliens sont ainsi reliés à des centres de télésurveillance permettant le diagnostic et l'analyse de leur performance en permanence, ainsi que certaines actions à distance. Ce dispositif assure la transmission de l'alerte en temps réel en cas de panne ou de simple dysfonctionnement.

Il permet également de relancer aussitôt les éoliennes si les paramètres requis sont validés et les alarmes traitées. C'est notamment le cas lors des arrêts de l'éolienne par le système normal de commande (en cas de vent faible, de vent fort, de température extérieure trop élevée ou trop basse, de perte du réseau public...).

Par contre, en cas d'arrêt lié à un déclenchement de capteur de sécurité (déclenchement VOG, déclenchement détecteur d'arc électrique, température haute, pression basse huile, ...), une intervention humaine sur l'éolienne est nécessaire pour examiner l'origine du défaut avant de pouvoir relancer un démarrage.

Dans le cas où le système SCADA est défectueux

Le réseau SCADA permet le contrôle à distance du fonctionnement des éoliennes. Ainsi, chaque éolienne dispose de son propre SCADA relié lui-même à un SCADA central qui a pour objectif principal :

- de regrouper les informations des SCADAs des éoliennes ;
- de transmettre à toutes les éoliennes une information identique, en même temps, plutôt que de passer par chaque éolienne à chaque fois.

Ainsi en cas de dysfonctionnement (survitesse, échauffement) ou d'incident (incendie), l'exploitant est immédiatement informé et peut réagir.

Dans le cas d'un dysfonctionnement du système de SCADA central, le contrôle de commande des éoliennes à distance est maintenu puisque ces machines disposent d'un SCADA qui leur est propre. Le seul inconvénient est qu'il faut donner l'information à chacune des éoliennes du parc.

Dans le cas d'un dysfonctionnement du système SCADA propre à une éolienne, ce dernier entraîne l'arrêt immédiat de la machine.

Ainsi, en cas de défaillance éventuelle du système SCADA de commande à distance, le parc éolien est maintenu sous contrôle soit via le système SCADA propre à la machine, soit par l'arrêt automatique de la machine.

7.3.2 Système de fermeture de la porte

L'accès à l'intérieur de l'éolienne ne peut se faire que par la porte de service située au pied du mât. Cette porte est dotée d'un verrou à clé. Un dispositif manuel permet d'ouvrir et de fermer le verrou de la porte depuis l'intérieur, même si la clé se trouve à l'extérieur de la porte. De même, l'accès au poste de livraison est fermé à clef.

Un détecteur avertit les personnels d'exploitation et de maintenance en cas d'ouverture d'une porte d'accès à une éolienne ou au PDL.

7.3.3 Balisage des éoliennes

Le balisage des éoliennes est défini par les arrêtés du 13 Novembre 2009, du 7 Décembre 2010 et du 23 avril 2018. Les éoliennes sont conformes à ces arrêtés.

La couleur des éoliennes est une nuance RAL 7035. Toutes les éoliennes constituant le parc éolien, sont dotées d'un balisage lumineux d'obstacle au niveau de la nacelle.

Les feux de balisage d'obstacles font l'objet d'un certificat de conformité, délivré par le service technique de l'aviation civile de la direction générale de l'aviation civile (STAC), en fonction des spécifications techniques correspondantes.

Les balisages sont conformes aux articles L.6351-6 et L.6352-1 du code des transports et R.243-1 et R.244-1 du Code de l'Aviation Civile, les éoliennes sont également conformes aux normes IEC 61 400-1 et 3 et 61 400-22.

L'alimentation électrique desservant le balisage lumineux est secourue par l'intermédiaire d'un dispositif automatique et commute dans un temps n'excédant pas 15 secondes. La source d'énergie assurant l'alimentation de secours des installations de balisage lumineux possède une autonomie au moins égale à 12 heures sauf si des procédures d'exploitation spécifiques permettent de réduire cette autonomie minimale.

Le balisage est surveillé par l'exploitant et celui-ci signale dans les plus brefs délais toute défaillance ou interruption du balisage à l'autorité de l'aviation civile territorialement compétente.

Balisage lumineux de jour

Chaque éolienne est dotée d'un balisage lumineux de jour assuré par des feux d'obstacle moyenne intensité de type A (feux à éclats blancs de 20 000 candelas [cd]). Ces feux d'obstacle sont installés sur le sommet de la nacelle et disposés de manière à assurer la visibilité de l'éolienne dans tous les azimuts (360°). Lorsque les éoliennes ont une hauteur supérieure à 150 m un balisage intermédiaire est également installé sur le mât, ce qui sera le cas pour les éoliennes E1 à E5 du parc de la Croix Dorée.

Balisage lumineux de nuit

Chaque éolienne est dotée d'un balisage lumineux de nuit assuré par des feux d'obstacle moyenne intensité de type B (feux à éclats rouges de 2 000 cd). Ces feux d'obstacle sont installés sur le sommet de la nacelle et disposés de manière à assurer la visibilité de l'éolienne dans tous les azimuts (360°).

Lorsque les éoliennes présentent une hauteur supérieure à 150 m, un feu d'obstacle de Basse Intensité de Type B (rouges, fixes, 32 cd) doit être installé sur le fût. Ce balisage doit être opérationnel de jour et de nuit.

7.4 PROTECTION CONTRE LE RISQUE INCENDIE

7.4.1 Système de détection et d'alarme

Un système d'alarme est couplé avec un système de détection qui informe l'exploitant à tout moment d'une suspicion de départ de feu dans une éolienne, via le système SCADA. La détection se fait selon deux zones indépendantes, la base du mât et la nacelle. Le départ d'un feu entraîne l'arrêt d'urgence de l'éolienne, sa mise en sécurité, l'arrêt des ventilations et déclenche une alarme sonore et lumineuse dans l'éolienne.

Un système complémentaire INGRID, développé par Sparksis et utilisé par Eurowatt, permet également la gestion du risque incendie au niveau des turbines et également des postes de livraison. Ce dernier est en mesure de transmettre l'alerte aux services d'urgence compétents et de mettre en œuvre les procédures d'urgence dans un délai respectant la réglementation en vigueur (respectivement 15 et 60 minutes).

7.4.2 Système de lutte contre l'incendie

Les éoliennes disposent de trois extincteurs et la possibilité d'installer un système d'extinction d'incendie. Les extincteurs sont positionnés de façon bien visible et facilement accessible. Les agents d'extinction sont appropriés aux risques à combattre. Ils font l'objet d'un contrôle régulier par un organisme agréé.

Par mesure de sécurité, un extincteur par poste de livraison et trois par machines, positionnés dans le pied de la tour à côté de la porte fermée, sur la première plate-forme à gauche de l'échelle et dans la nacelle au niveau de la colonne de la grue.

7.4.3 Procédure d'urgence en cas d'incendie

Un plan d'évacuation permet au personnel d'évacuer l'éolienne en cas d'incendie. Le personnel dispose également d'une procédure d'urgence pour donner l'alerte vers les services de secours en cas d'incendie dans un délai de 15 minutes suivant l'entrée en fonctionnement anormal de l'aérogénérateur et est formé pour le faire.

Une fois les différentes autorisations administratives nécessaires obtenues, un plan d'intervention sera réalisé avec les services de secours afin :

- de lister les noms et numéros des services secours à contacter ;
- d'établir les procédures à mettre en place (périmètre de sécurité, moyens de lutte incendie externe pouvant être mis en œuvre etc.) ;
- de planifier la réalisation régulière d'exercices d'entraînement.

7.5 PROTECTION CONTRE LE RISQUE Foudre

La fonction principale du système de protection contre la foudre est de protéger les vies et les biens contre les effets destructeurs de la foudre.

Tous les éléments du système sont conçus de manière à résister à l'impact de la foudre, et à ce que le courant de foudre puisse être conduit en toute sécurité aux points de mise à la terre sans dommages ou sans perturbations des systèmes.

Les éoliennes sont protégées contre l'impact de la foudre grâce à un système de transmission allant des récepteurs de pale et de nacelle jusqu'aux fondations, en passant par le carénage, le châssis et la tour. Ce système évite le passage de la foudre à travers les composants critiques. Pour ce qui est des systèmes de protection supplémentaires, le système électrique est doté de protecteurs de surtension.

Tous ces systèmes de protection sont conçus pour atteindre un niveau de protection maximal de classe I conformément à la norme IEC 62305. Les normes IEC 61400-22 et IEC 61024 ont été prises comme normes de référence. Le Maître d'Ouvrage tient à disposition de l'Inspection des Installations Classées les rapports des organismes compétents attestant de la conformité des éoliennes à la norme précitée.

7.6 PROTECTION CONTRE LA SURVITESSE

Chaque éolienne est dotée d'un dispositif de freinage pour diminuer les contraintes mécaniques qui s'exercent sur cette dernière lorsque le vent augmente. Ce dispositif arrête tout fonctionnement de l'éolienne en cas de tempête par exemple. Cela s'effectue par une rotation des pales limitant la prise au vent.

En cas de défaillance, un système d'alarme est couplé avec un système de détection de survitesse qui informe l'exploitant à tout moment d'un fonctionnement anormal.

Ce dernier est en mesure de transmettre l'alerte aux services d'urgence compétents et de mettre en œuvre les procédures d'urgence dans un délai respectant la réglementation en vigueur.

7.7 PROTECTION CONTRE LA TEMPETE

En cas de dépassement de la vitesse du vent de coupure, si la valeur moyenne sur 10 minutes est supérieure à 25 m/s, l'éolienne s'arrête. Dans ce cas, des codes d'état associés à des alarmes sont activés et peuvent, le cas échéant, entraîner un ralentissement de la machine (bridage préventif) voire un arrêt de la machine.

Tout phénomène anormal est ainsi répertorié, tracé via le système SCADA du parc, et donne lieu à des analyses et si nécessaire interventions de maintenance sur site afin de corriger les problèmes constatés.

La procédure de coupure sera lancée si la vitesse du vent est supérieure à la vitesse du vent de coupure, en valeur moyennée sur 10 min. Cependant, pour faire face aux rafales, l'éolienne lancera également la procédure de coupure si la vitesse du vent dépasse certains seuils prédéfinis dans le système de contrôle de l'éolienne en valeur moyennée sur 30 s, ou en valeur moyennée sur 1s.

La procédure d'arrêt fera pivoter les pales en position drapeau et arrêtera l'éolienne en toute sécurité.

Après l'arrêt et pour des raisons de sécurité, un délai d'attente doit être respecté avant de procéder au redémarrage de l'éolienne. Ce délai d'attente n'est décompté qu'une fois que la vitesse du vent reste inférieure à 22 m/s pendant plus de 120 s.

7.8 PROTECTION CONTRE L'ECHAUFFEMENT

Tous les principaux composants (paliers, freins, systèmes hydrauliques, enroulements d'alternateur) sont équipés de capteurs de température. Un certain nombre de seuils sont prédéfinis dans le système de contrôle de l'éolienne.

En cas de dépassement de seuils prédéfinis (spécifique à chaque type d'aérogénérateur et chaque type de composant), des codes d'état associés à des alarmes sont activés et peuvent, le cas échéant, entraîner un ralentissement de la machine (bridage préventif) voire un arrêt de la machine.

Tout phénomène anormal est ainsi répertorié, tracé via le système SCADA du parc, et donne lieu à des analyses et si nécessaire à des interventions de maintenance sur site afin de corriger les problèmes constatés.

La mise en sécurité automatique de l'éolienne consiste en la mise en drapeau des pales jusqu'à l'arrêt complet de la machine.

7.9 PROTECTION CONTRE LA GLACE

Durant les mois d'hiver et au début du printemps, du givre puis de la glace peuvent se former sur les pales et la nacelle des éoliennes entraînant un surpoids, un déséquilibre du rotor et des risques de projection de cette glace. La glace sur les pales de l'éolienne diminue sa puissance et augmente les efforts sur la machine. Le balourd, créé, déséquilibre la rotation du rotor.

Les éoliennes sont munies d'un système de gestion qui identifie toute anomalie de fonctionnement. Dans ce cas précis, la présence de glace sur les pales est détectée :

- lorsqu'une température extérieure basse est associée à une perte de production importante ;
- par un détecteur de givre installé sur la nacelle (détecteur optionnel).

Dans ces cas, une alarme informe immédiatement l'exploitant qui réalise une analyse des risques. En fonction des résultats de l'analyse, soit une levée de doute est réalisée soit il est décidé de ne pas faire cette levée de doute et la machine est directement arrêtée.

En cas de condition de gel prolongé, les éoliennes sont maintenues à l'arrêt jusqu'au retour de conditions météorologiques plus clémentes.

Des panneaux indiquant les risques sont également mis en place de façon permanente sur la barrière d'accès de chaque éolienne.

7.10 PROTECTION CONTRE LE RISQUE ELECTRIQUE

Les installations électriques à l'intérieur de l'éolienne respectent les dispositions de la directive du 17 mai 2006.

Les installations électriques extérieures à l'éolienne sont conformes aux normes NFC 15-100 (version amendée de 2015), NFC 13-100 (version de 2015) et NFC 13-200 (version de 2009).

Ces installations sont entretenues et maintenues en bon état et sont contrôlées avant la mise en service industrielle puis à une fréquence annuelle, après leur installation ou leur modification par une personne compétente. La périodicité, l'objet et l'étendue des vérifications des installations électriques ainsi que le contenu des rapports relatifs aux dites vérifications sont fixés par l'arrêté du 10 octobre 2000.

7.11 PROTECTION CONTRE LE RISQUE DE FUITE DANS LA NACELLE

Les nacelles des éoliennes sont conçues de sorte que tout écoulement accidentel de liquide provenant d'éléments de la nacelle (huile multiplicateur et liquide de refroidissement principalement) est récupéré dans un bac de rétention. Un réservoir situé dans la tour de l'éolienne, permet ensuite de recueillir les produits de fuite temporairement avant leur évacuation par les moyens appropriés.

Des vérifications des niveaux sont également partie intégrante des opérations de maintenance préventive.

7.12 SECURITE POSITIVE DE L'EOLIENNE

L'éolienne est dotée d'un grand nombre de capteurs (capteurs de température, de pression, de contact, de mesure de vitesse, d'accélération, du retour d'information de chaque état du système ...) sur chaque partie de l'éolienne.

S'il l'un d'eux est cassé, une alarme l'indiquera par le biais du système de supervision (SCADA) monitoré 24h sur 24 et 7 jours sur 7.

7.13 CONCEPTION DES EOLIENNES

Les éoliennes sont conformes à la norme IEC 61 400-22 et à la directive « Machines » du 17 mai 2006 ainsi qu'à la norme NF EN 61400-1 (juin 2006) ou IEC 61 400-1 ou toute norme équivalente en vigueur dans l'UE.

Les éoliennes sont mises à la terre et l'installation répond aux dispositions de la norme IEC 61 400-22.

La société PARC EOLIEN DE LA CROIX DOREE SAS tient à la disposition de l'Inspection des Installations Classées les rapports des organismes compétents attestant de la conformité des aérogénérateurs aux normes précitées.

7.14 ALERTE – ORGANISATION DE L'INTERVENTION

En cas d'incident (survitesse, échauffement, incendie), Eurowatt justifie sa capacité à alerter les services d'urgence dans un délai de 15 minutes suivant l'entrée en fonctionnement anormal de l'aérogénérateur grâce à son contrat de maintenance 24h/24 et 7j/7, ainsi que grâce à la supervision en temps réel.

En cas d'intervention, des équipes de techniciens sont réparties sur le territoire afin de pouvoir réagir rapidement. Des contrats d'exploitation maintenance avec les fabricants des éoliennes sont signés. Ce sont les fabricants qui sont responsables de la gestion et du suivi de l'exploitation du parc 24h/24 et 7j/7 pour intervenir le plus rapidement possible en cas de détection d'un dysfonctionnement. Eurowatt s'assure du respect de ces contrats.

Les interventions sont toujours réalisées par une équipe d'au moins deux personnes.

Afin d'assurer la sécurité des équipes intervenantes, un dispositif de prise de commande locale de l'éolienne est disposé en partie basse de la tour. Ainsi, lors des interventions sur l'éolienne, les opérateurs basculent ce dispositif sur « commande locale » ce qui interdit toute action pilotée à distance.

Toute intervention dans le rotor n'est réalisée qu'après le blocage mécanique de celui-ci. De plus, des dispositifs de sectionnement sont répartis sur l'ensemble de la chaîne électrique afin de pouvoir isoler certaines parties et protéger ainsi le personnel intervenant.

Au-delà de certaines vitesses de vent, les interventions sur les équipements ne sont pas autorisées.

En cas d'accident, nécessitant des moyens externes, l'alerte est donnée aux services de secours qui ensuite informent les services compétents du SDIS 62 ou 80. Le temps d'intervention de ce service dépendra de l'activité opérationnelle et de la typologie de l'intervention.

7.15 OPERATION DE MAINTENANCE DE L'INSTALLATION

La maintenance de l'installation sera réalisée par le constructeur des éoliennes retenues pour le compte de la société PARC EOLIEN DE LA CROIX DOREE SAS.

7.15.1 Personnel qualifié et formation continue

Tout personnel amené à intervenir dans les éoliennes est formé et habilité :

- électriquement, selon son niveau de connaissance ;
- aux travaux en hauteur, port des Équipements de Protection Individuelle, évacuation et sauvetage ;
- gestes et postures ;
- sécurité incendie ;
- sauveteur secouriste du travail (SST).

Ces habilitations sont recyclées périodiquement suivant la réglementation ou les recommandations en vigueur. Des contrôles des connaissances sont réalisés afin de vérifier la validité de ces habilitations.

Des points réguliers concernant la sécurité et les procédures sont effectués avec l'ensemble du personnel de maintenance. Une présentation du fonctionnement de la sécurité est réalisée auprès des nouveaux embauchés.

7.15.2 Planification de la maintenance

Préventive

La maintenance réalisée sur l'ensemble des parcs éoliens est préventive. Elle contribue à améliorer la fiabilité des équipements (sécurité des tiers et des biens) et la qualité de la production (en l'absence de panne subie).

Cette maintenance préventive se traduit par la définition de plans d'actions et d'interventions sur l'équipement, par le remplacement de certaines pièces en voie de dégradation afin d'en limiter l'usure, par le graissage ou le nettoyage régulier de certains ensembles.

La société PARC EOLIEN DE LA CROIX DOREE SAS dispose d'un manuel d'entretien de l'installation dans lequel sont précisées la nature et la fréquence des opérations d'entretien afin d'assurer le bon fonctionnement de l'installation. Elle tient à jour pour chaque machine et PDL un registre dans lequel sont consignées les opérations de maintenance ou d'entretien et leur nature, les défaillances constatées et les opérations correctives engagées.

Trois mois, puis un an après la mise en service industrielle, puis suivant une périodicité qui ne peut excéder trois ans, la société PARC EOLIEN DE LA CROIX DOREE SAS procède à un contrôle de l'aérogénérateur consistant en un contrôle des brides de fixations, des brides de mât, de la fixation des pales et un contrôle visuel du mât.

Selon une périodicité qui ne peut excéder un an, la société PARC EOLIEN DE LA CROIX DOREE SAS procède également à un contrôle des systèmes instrumentés de sécurité.

Ces contrôles font l'objet d'un rapport tenu à la disposition de l'Inspection des Installations Classées.

Curative

En cas de défaillance, les techniciens interviennent rapidement sur l'éolienne afin d'identifier l'origine de la défaillance et y palier.

Ils se chargent de réparer et de remettre en fonctionnement les machines lors des pannes et assurent les reconnections aux réseaux.

7.15.3 Prise en compte du retour d'expérience

Chaque incident ou défaillance est rapporté systématiquement via un rapport détaillé dans une base de données générale. Toutes ces informations sont utilisées dans le cadre d'un processus d'amélioration continue.

Ainsi, les principaux axes d'amélioration ont porté sur :

- la mise en sécurité de la machine lors de vents violents ;
- une meilleure gestion du risque d'incendie de la nacelle ;
- l'amélioration des dispositifs de protection contre les effets de la foudre ;
- la recherche de solutions pour limiter les effets de la formation de glace ou d'accumulation de neige ;
- l'étude de solutions visant à limiter les contraintes sur les équipements, qui peuvent accélérer l'usure et le vieillissement de ces équipements ;
- l'amélioration des systèmes de protection des personnes.

7.15.4 Stockage et flux de produits dangereux

Conformément à l'article 16 de l'arrêté du 26 août 2011, aucun matériau combustible ou inflammable ne sera stocké dans les éoliennes du parc éolien de la Croix Dorée.

Relativement aux flux, de l'huile et de la graisse circulent dans l'installation permettant le bon fonctionnement de l'éolienne. Le volume de renouvellement maximum d'huile est de 500 L/générateur/tous les 5 ans.

7.15.5 Contrôles réglementaires périodiques

Les contrôles réglementaires concernent les installations électriques, les équipements et accessoires de levage ou les équipements sous pression (accumulateurs hydropneumatiques). Ils sont réalisés par des organismes agréés.

Le matériel incendie est contrôlé périodiquement par le fabricant du matériel ou un organisme extérieur.

7.16 FONCTIONNEMENT DES RESEAUX DE L'INSTALLATION

7.16.1 Raccordement électrique

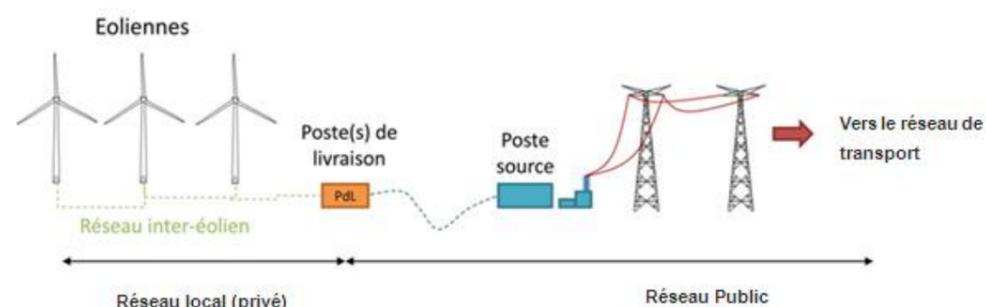


Figure 6 : Schéma de raccordement électrique d'un parc éolien

Eoliennes

Les éoliennes produisent de l'énergie électrique par l'intermédiaire d'une génératrice entraînée par la rotation des pales. En sortie de la génératrice, le niveau de tension est inférieur à 1000 V (BT). Cette tension est ensuite élevée au niveau 20 kV (HTA) par un transformateur.

Réseau inter-éolien

Le réseau inter-éolien permet de relier le transformateur, intégré ou non dans le mât de chaque éolienne², au point de raccordement avec le réseau public. Ce réseau comporte également une liaison de télécommunication qui relie chaque éolienne au terminal de télésurveillance.

Ces câbles constituent le réseau interne de la centrale éolienne, ils sont tous enfouis à une profondeur minimale de 85 cm.

Le réseau inter-éolien mis en place sur le projet éolien de la Croix Dorée représente une longueur de 2718 m.

Poste de livraison

Le poste de livraison est le nœud de raccordement de toutes les éoliennes avant que l'électricité ne soit injectée dans le réseau public.

La configuration du projet éolien de la Croix Dorée, en termes de puissance, nécessite la création de **2 postes de livraison**.

La localisation exacte des emplacements des structures de livraison est fonction de la proximité du réseau inter-éolien et de la localisation du poste source vers lequel l'électricité est ensuite acheminée. Ce point de livraison est constitué par un poste électrique préfabriqué en béton normalisé. Ce poste électrique abrite la cellule disjoncteur général du parc ainsi que les compteurs électriques. Il constitue le point d'interface et la limite de propriété entre le réseau public de distribution d'électricité et la centrale de production d'énergie. La tension du réseau public est de 20 kV. Il n'est donc pas nécessaire d'installer un autre transformateur.

Sur le projet éolien de la Croix Dorée, les structures de livraison se situent sur les plateformes des éoliennes E1 et E5.

Réseau électrique externe

Le réseau électrique externe prévoit de relier la structure de livraison au poste source, qui sera mis à disposition en 2023/2024, situé sur la commune d'Haplincourt, situé à environ 8 km à vol d'oiseau du parc. Ce réseau sera réalisé par le gestionnaire du réseau de distribution (généralement ENEDIS). Comme le prévoit l'article D. 342-2 du Code de l'énergie, les ouvrages de raccordement nécessaires à l'évacuation de l'électricité produite constituent une extension du réseau public de distribution. Ainsi, ce réseau pourra être utilisé pour le raccordement d'autres consommateurs et/ou producteurs.

Le gestionnaire déterminera le tracé de raccordement définitif entre la structure de livraison et le poste source, seulement après obtention de l'autorisation environnementale. Le raccordement électrique est réalisé en souterrain, généralement en bord de route ou de chemin, selon les normes en vigueur. Les coûts inhérents aux études et aux travaux sont intégralement à la charge du pétitionnaire.

Dans la mesure où la procédure de raccordement n'est lancée qu'une fois l'Autorisation Environnementale accordée, le tracé du raccordement n'est pas déterminé à ce stade et seules des hypothèses peuvent être avancées.

7.16.2 Autres réseaux

Le projet éolien de la Croix Dorée et ses équipements ne sont reliés à aucun réseau de gaz, d'alimentation en eau potable ou d'assainissement.

² Si le transformateur n'est pas intégré au mât de l'éolienne, il est situé à l'extérieur du mât, à proximité immédiate, dans un local fermé.

8 IDENTIFICATION DES POTENTIELS DANGERS DE L'INSTALLATION

Ce chapitre de l'étude de dangers a pour objectif de mettre en évidence les éléments de l'installation pouvant constituer un danger potentiel, que ce soit au niveau des éléments constitutifs des éoliennes, des produits contenus dans l'installation, des modes de fonctionnement, etc.

L'ensemble des causes externes à l'installation pouvant entraîner un phénomène dangereux, qu'elles soient de nature environnementale, humaine ou matérielle, sera traitée dans l'analyse de risques.

8.1 POTENTIELS DANGERS LIES AUX PRODUITS

L'activité de production d'électricité par les éoliennes ne consomme pas de matières premières, ni de produits pendant la phase d'exploitation. De même, cette activité ne génère pas de déchet, ni d'émission atmosphérique, ni d'effluent potentiellement dangereux pour l'environnement.

Les produits identifiés dans le cadre du projet éolien de la Croix Dorée sont utilisés pour le bon fonctionnement des éoliennes, leur maintenance et leur entretien :

- Produits nécessaires au bon fonctionnement des installations (graisses et huiles de transmission, huiles hydrauliques pour systèmes de freinage...), qui une fois usagés sont traités en tant que déchets industriels spéciaux ;
- Produits de nettoyage et d'entretien des installations (solvants, dégraissants, nettoyeurs...) et les déchets industriels banals associés (pièces usagées non souillées, cartons d'emballage...) ;

En outre, aucun produit inflammable ou combustible n'est stocké dans les aérogénérateurs ou les postes de livraison.

L'ensemble des déchets générés par la maintenance des éoliennes fait l'objet d'une collecte, d'un tri et d'un retraitement dans un centre agréé. Une procédure en vigueur chez l'exploitant établit les conditions de gestion des déchets. Un registre permet de consigner le flux de déchets générés, chaque ligne correspondant à l'édition d'un bordereau de suivi des déchets (BSD). Ces déchets seront de type huiles usagées (environ 30% du total), chiffons et emballages souillés (environ 60% du total), piles, batteries, néons, aérosols, DEEE (environ 10% du total), déchets industriels banals... pour une quantité approximative de 1 m³ par Mégawatt et par an. A noter que ces déchets ne sont pas entreposés sur le parc éolien avant d'être acheminés vers les centres de traitement.

8.2 POTENTIELS DE DANGERS LIES AU FONCTIONNEMENT DE L'INSTALLATION

Les dangers liés au fonctionnement du projet éolien de la Croix Dorée sont de cinq types :

- Chute d'éléments de l'aérogénérateur (boulons, morceaux d'équipements, etc.) ;

- Projection d'éléments (morceau de pale, brides de fixation, etc.) ;
- Effondrement de tout ou partie de l'aérogénérateur ;
- Echauffement de pièces mécaniques ;
- Courts-circuits électriques (aérogénérateur ou poste de livraison).

Ces dangers potentiels sont recensés dans le tableau suivant :

Tableau 19 : Description des potentiels dangers de l'installation

Installation ou système	Fonction	Phénomène redouté	Danger potentiel
Système de transmission	Transmission d'énergie mécanique	Survitesse	Echauffement des pièces mécaniques et flux thermique
Pale	Prise au vent	Bris de pale ou chute de pale	Energie cinétique d'éléments de pales
Aérogénérateur	Production d'énergie électrique à partir d'énergie éolienne	Effondrement	Energie cinétique de chute
Poste de livraison, intérieur de l'aérogénérateur	Réseau électrique	Court-circuit interne	Arc électrique
Nacelle	Protection des équipements destinés à la production électrique	Chute d'éléments	Energie cinétique de projection
Nacelle	Protection des équipements destinés à la production électrique	Chute de nacelle	Energie cinétique de chute
Rotor	Transformer l'énergie éolienne en énergie mécanique	Projection d'objets	Energie cinétique des objets

8.3 REDUCTION DES POTENTIELS DE DANGERS A LA SOURCE

8.3.1 Principales actions préventives

Les choix techniques du projet éolien Croix Dorée se sont orientés selon les axes suivants :

Choix de l'emplacement des installations

Le projet éolien de la Croix Dorée a été conçu dans l'objectif de se tenir à distance des enjeux potentiels.

Ainsi, pour définir l'implantation du parc, les éoliennes ont été éloignées au maximum des habitations afin d'éviter, notamment, les impacts d'ordre acoustique. Alors que le Code de l'urbanisme impose un éloignement de 500 m aux habitations, la distance minimale entre une éolienne du parc Croix Dorée et une habitation est de **895m**.

Des préconisations de recul et des servitudes réglementaires ont également été prises en compte dans la conception du projet:

- Présence d'une canalisation souterraine de transport de gaz qui traverse le plateau selon un axe sud-ouest / nord-est. Il a été décidé de prendre une distance minimum de 180m entre les éoliennes et cette canalisation. D'après la réponse à consultation de GRTGaz en date du 22 décembre 2021 (voir annexe 7), les éoliennes E2, E3, E5 et E6 ont une distance compatible avec leurs préconisations. Cependant, une étude de compatibilité a donné une distance minimale d'éloignement à respecter de 211 m pour la E1, ce qui n'a pas pu être respecté.
- Le site est concerné par le passage de l'autoroute A1. Le Maître d'Ouvrage a choisi d'appliquer une bande de recul minimale de deux fois la hauteur totale des éoliennes ;
- Le site est concerné par le passage de la ligne LGV Paris-Lille, parallèle à l'autoroute. Une distance minimale de recul de 300 m a été appliquée ;
- Les routes départementales n°11, 74 et 474 traversent la zone d'implantation potentielle. Une distance de recul d'une fois la hauteur totale a été mise en place ;
- De nombreux chemins d'exploitations parcourent le site. Le Maître d'Ouvrage a choisi de ne pas surplomber ces ouvrages.

Choix des éoliennes

Le choix précis de l'éolienne retenue se fera sur la base d'un appel d'offre constructeur après obtention des demandes d'autorisation. Ce choix sera opéré de manière à répondre aux caractéristiques techniques du site (production d'électricité, réglementation acoustique, distance inter éolienne).

8.3.2 Utilisation des meilleures techniques disponibles

L'Union Européenne a adopté un ensemble de règles communes au sein de la directive 96/61/CE du 24 septembre 1996 relative à la prévention et à la réduction intégrées de la pollution, dite directive IPPC (« Integrated Pollution Prevention and Control »), afin d'autoriser et de contrôler les installations industrielles.

Cette directive a par la suite évolué en une nouvelle directive, la directive 2010/75/UE (dite IED), adoptée en 2010.

Pour l'essentiel, cette directive vise à minimiser la pollution émanant de différentes sources industrielles dans toute l'Union Européenne. Les exploitants des installations industrielles relevant de l'annexe I de la directive doivent obtenir des autorités des États-membres une autorisation environnementale avant leur mise en service.

Les installations éoliennes, ne consommant pas de matières premières et ne rejetant aucune émission dans l'atmosphère, ne sont pas soumises à cette directive.

9 ANALYSE DES RETOURS D'EXPERIENCE

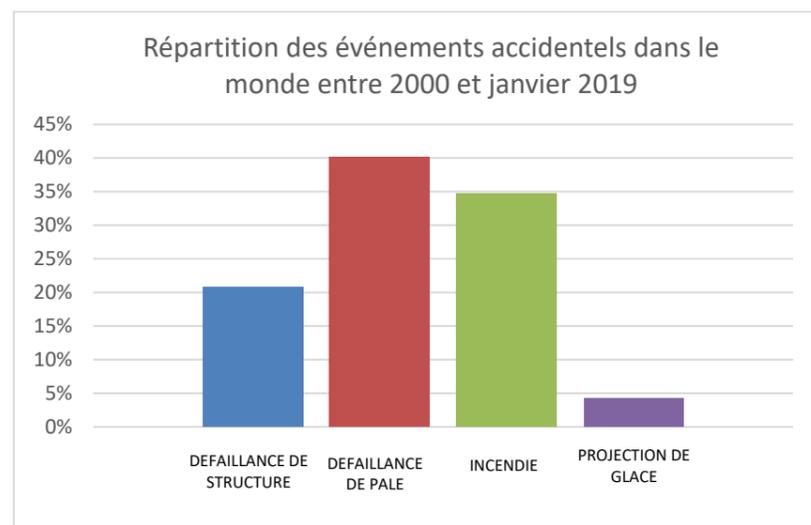
Il n'existe actuellement aucune base de données officielle recensant l'accidentologie dans la filière éolienne. Néanmoins, il a été possible d'analyser les informations collectées en France et dans le monde par plusieurs organismes divers (associations, organisations professionnelles, littérature spécialisée, etc.). Ces bases de données sont cependant très différentes tant en termes de structuration des données qu'en termes de détails de l'information.

L'analyse des retours d'expérience vise donc ici à faire émerger des typologies d'accidents rencontrés tant au niveau national qu'international. Ces typologies apportent un éclairage sur les scénarii les plus souvent rencontrés. D'autres informations sont également utilisées dans la partie 8 pour l'analyse détaillée des risques.

9.1 INVENTAIRE DES ACCIDENTS ET INCIDENTS A L'INTERNATIONAL

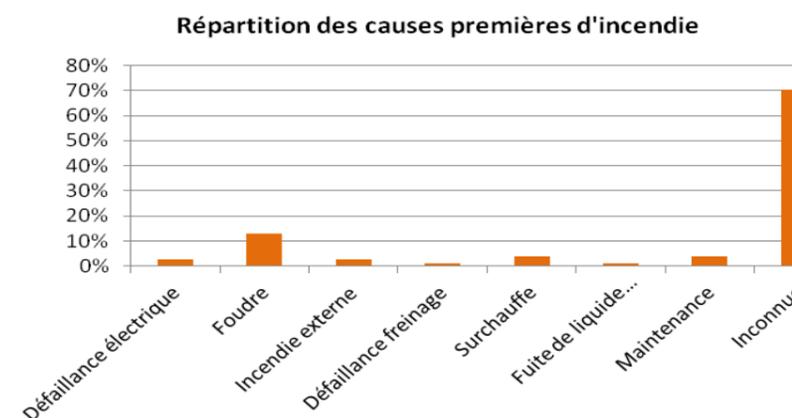
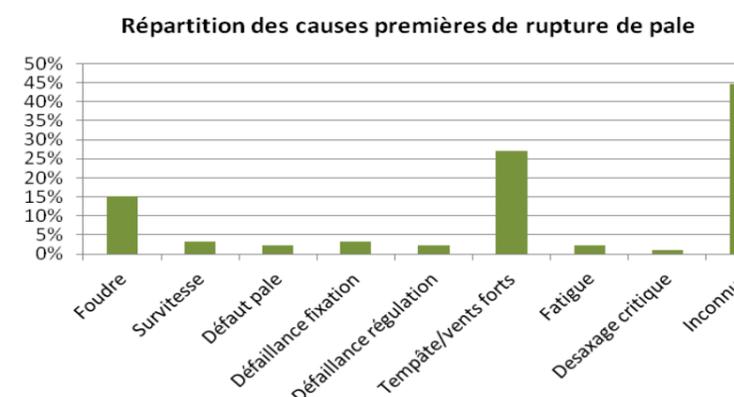
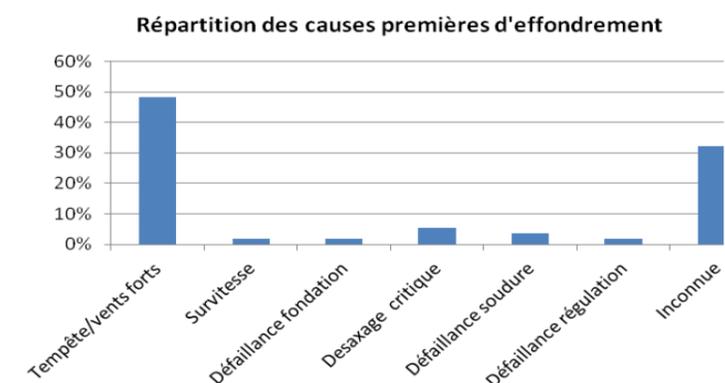
Le nombre total d'accidents recensés dans le rapport « Summary of Wind Turbine Accident data to 31 Décembre 2017 » (source : <http://www.caithnesswindfarms.co.uk/AccidentStatistics.htm>), en date du 31 mars 2018, est de 2231 dont 137 sont recensés comme des accidents fatals ayant engendré 183 décès (111 décès parmi le personnel direct de l'industrie éolienne et 72 personnes extérieures).

Sur les 2231 accidents décrits dans le rapport, 941 accidents sont considérés comme des « accidents majeurs » et pris en compte dans l'étude de dangers selon la répartition suivante :



Les autres accidents concernent plutôt des accidents du travail, des presque-accidents, des incidents, etc. et ne sont donc pas pris en compte dans l'analyse suivante.

Ci-après est présenté le recensement des causes premières pour chacun des événements accidentels recensés (données en répartition par rapport à la totalité des accidents analysés), issu du Guide technique "Elaboration de l'étude de danger dans le cadre des projets éoliens", rédigé par la FEE en partenariat avec l'INERIS, et publié en 2012.



* Ces graphiques prennent en compte la période d'étude utilisée dans le Guide technique "Elaboration de l'étude de danger dans le cadre des projets éoliens", rédigé par la FEE en partenariat avec l'INERIS, et publié en 2012.

Ce retour d'expérience montre l'importance des causes « tempêtes et vents forts » dans les accidents. Il souligne également le rôle de la foudre dans les accidents.

9.2 INVENTAIRE DES INCIDENTS ET ACCIDENTS EN FRANCE

Un inventaire des incidents et accidents en France a été réalisé afin d'identifier les principaux phénomènes dangereux potentiels pouvant affecter le projet éolien de la Croix Dorée. Cet inventaire se base sur le retour d'expérience de la filière éolienne tel que présenté dans le guide technique de conduite de l'étude de dangers (mars 2012).

Plusieurs sources ont été utilisées pour effectuer le recensement des incidents et accidents au niveau français. Il s'agit à la fois de sources officielles, d'articles de presse locale ou de bases de données mises en place par des associations :

- Rapport du Conseil Général des Mines (juillet 2004) ;
- Base de données ARIA du ministère en charge de l'Environnement (<http://www.aria.developpement-durable.gouv.fr>) ;
- Communiqués de presse du SER-FEE et/ou des exploitants éoliens ;
- Site Internet de l'association « Vent de Colère » ;
- Site Internet de l'association « Fédération Environnement Durable » ;
- Articles de presse divers ;
- Données diverses fournies par les exploitants de parcs éoliens en France.

Dans le cadre de ce recensement, il n'a pas été réalisé d'enquête exhaustive directe auprès des exploitants de parcs éoliens français. Cette démarche pourrait augmenter le nombre d'incidents recensés, mais cela concernerait essentiellement les incidents les moins graves.

Dans l'état actuel, la base de données produite par le groupe de travail de SER/FEE (qui a élaboré le guide technique d'élaboration de l'étude de dangers dans le cadre des parcs éoliens) et actualisée par le pétitionnaire apparaît comme représentative des incidents majeurs ayant affecté le parc éolien français depuis l'année 2000. L'ensemble de ces sources permet d'arriver à un inventaire aussi complet que possible des incidents survenus en France.

Un total de **84 incidents** a pu être recensé entre 2000 et janvier 2019 (voir tableau détaillé en Annexe 13.2).

Il apparaît dans ce recensement que les aérogénérateurs accidentés sont principalement des modèles anciens ne bénéficiant généralement pas des dernières avancées technologiques.

Le graphique présenté ci-après montre la répartition des événements accidentels et de leurs causes premières sur le parc d'aérogénérateurs français entre 2000 et janvier 2019. Cette synthèse exclut les accidents du travail (maintenance, chantier de construction, etc.) et les événements qui n'ont pas conduit à des effets sur les zones autour des aérogénérateurs.

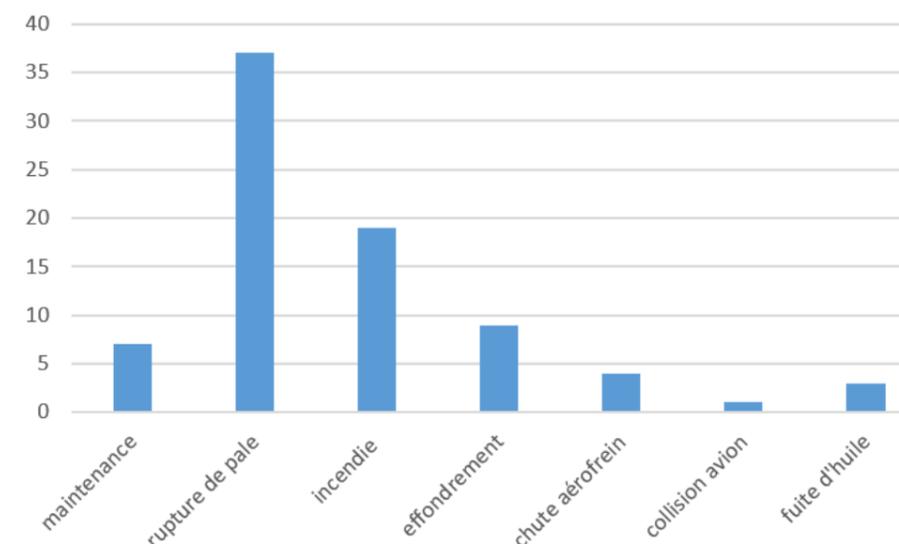


Figure 7 : Principaux événements accidentels sur le parc éolien français entre 2000 et 2019 (Source : ATDx)

Par ordre d'importance, les accidents les plus recensés sont les ruptures de pale, les incendies, les effondrements, les chutes de pale et les chutes des autres éléments de l'éolienne. La principale cause de ces accidents est les tempêtes.

9.3 SYNTHÈSE DES PHÉNOMÈNES DANGEREUX REDOUTES ISSUS DU RETOUR D'EXPERIENCE

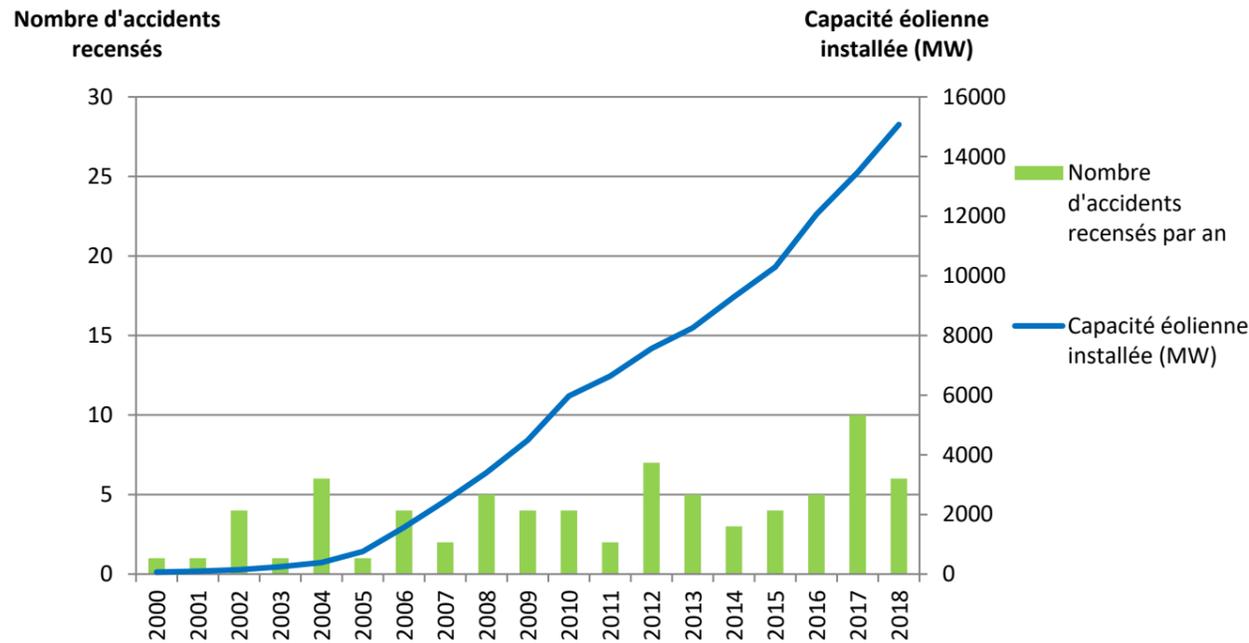
9.3.1 Analyse de l'évolution des accidents en France

A partir de l'ensemble des phénomènes dangereux qui ont été recensés, il est possible d'étudier leur évolution en fonction du nombre d'éoliennes installées.

La figure ci-dessous montre cette évolution et il apparaît clairement que le nombre d'incidents n'augmente pas proportionnellement au nombre d'éoliennes installées. Depuis 2005, l'énergie éolienne s'est en effet fortement développée en France, mais le nombre d'incidents par an reste relativement stable.

Cette tendance s'explique principalement par un parc éolien français assez récent, qui utilise majoritairement des éoliennes de nouvelle génération, équipées de technologies plus fiables et plus sûres.

Evolution du nombre d'incidents annuels en France et capacité éolienne installée



Evolution du nombre d'incidents annuels en France et nombre d'éoliennes installées³

9.3.2 Analyse des typologies d'accidents les plus fréquents

Le retour d'expérience de la filière éolienne française et internationale permet d'identifier les principaux événements suivants :

- Effondrements ;
- Ruptures de pales ;
- Chutes de pales et d'éléments de l'éolienne ;
- Incendie.

9.4 LIMITES D'UTILISATION DE L'ACCIDENTOLOGIE

Ces retours d'expérience doivent être pris avec précaution. Ils comportent notamment les biais suivants :

- **La non-exhaustivité des événements** : ce retour d'expérience, constitué à partir de sources variées, ne provient pas d'un système de recensement organisé et systématique. Dès lors certains événements ne sont pas reportés. En particulier, les événements les moins spectaculaires peuvent être négligés : chutes d'éléments, projections et chutes de glace ;
- **La non-homogénéité des aérogénérateurs inclus dans ce retour d'expérience** : les aérogénérateurs observés n'ont pas été construits aux mêmes époques et ne mettent pas en œuvre les mêmes technologies. Les informations sont très souvent manquantes pour distinguer les différents types d'aérogénérateurs (en particulier concernant le retour d'expérience mondial) ;
- **Les importantes incertitudes** sur les causes et sur la séquence qui a mené à un accident : de nombreuses informations sont manquantes ou incertaines sur la séquence exacte des accidents.

L'analyse du retour d'expérience permet ainsi de dégager de grandes tendances, mais à une échelle détaillée, elle comporte de nombreuses incertitudes.

³ On note bien l'essor de la filière française à partir de 2005, alors que le nombre d'accidents reste relativement constant

10 ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES

10.1 OBJECTIF DE L'ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES

L'analyse préliminaire des risques (APR) a pour objectif principal d'identifier les scénarii d'accidents majeurs et les mesures de sécurité qui empêchent ces scénarii de se produire ou en limitent les effets. Cet objectif est atteint au moyen d'une identification de tous les scénarii d'accidents potentiels pour une installation (ainsi que des mesures de sécurité) basée sur un questionnement systématique des causes et conséquences possibles des événements accidentels, ainsi que sur le retour d'expérience disponible.

Les scénarii d'accidents sont ensuite hiérarchisés en fonction de leur intensité et de l'étendue possible de leurs conséquences. Cette hiérarchisation permet de « filtrer » les scénarii d'accidents qui présentent des conséquences limitées et les scénarii d'accidents majeurs – ces derniers pouvant avoir des conséquences sur les personnes.

10.2 RECENSEMENT DES EVENEMENTS INITIATEURS EXCLUS DE L'ANALYSE DES RISQUES

Conformément à la circulaire du 10 mai 2010, les événements initiateurs (ou agressions externes) suivants sont exclus de l'analyse des risques :

- chute de météorite ;
- séisme d'amplitude supérieure aux séismes maximums de référence éventuellement corrigés de facteurs, tels que définis par la réglementation applicable aux installations classées considérées ;
- crues d'amplitude supérieure à la crue de référence, selon les règles en vigueur ;
- événements climatiques d'intensité supérieure aux événements historiquement connus ou prévisibles pouvant affecter l'installation, selon les règles en vigueur ;
- chute d'avion hors des zones de proximité d'aéroport ou aérodrome (rayon de 2 km des aéroports et aérodromes) ;
- rupture de barrage de classe A ou B au sens de l'article R.214-112 du Code de l'environnement ou d'une digue de classe A, B ou C au sens de l'article R. 214-113 du même code ;
- actes de malveillance.

D'autre part, plusieurs autres agressions externes qui ont été détaillées dans l'état initial peuvent être exclues de l'analyse préliminaire des risques car les conséquences propres de ces événements, en termes de gravité et d'intensité, sont largement supérieures aux conséquences potentielles de l'accident qu'ils pourraient entraîner sur les aérogénérateurs. Le risque de sur-accident lié à l'éolienne est considéré comme négligeable dans le cas des événements suivants :

- inondations ;
- séismes d'amplitude suffisante pour avoir des conséquences notables sur les infrastructures ;
- incendies de cultures ou de forêts ;
- pertes de confinement de canalisations de transport de matières dangereuses ;
- explosions ou incendies générés par un accident sur une activité voisine de l'éolienne.

10.3 RECENSEMENT DES AGRESSIONS EXTERNES POTENTIELLES

10.3.1 Agressions externes liées aux activités humaines

Le tableau ci-dessous synthétise les principales agressions externes liées aux activités humaines :

Tableau 20 : Les principales agressions externes liées aux activités humaines

Infrastructure	Voies de circulation <i>telles que définies à l'annexe 1 de l'EDD (=voies structurantes > 2000 véhicules/jour)</i>	Aérodrome	Ligne THT	Autres aérogénérateurs
Fonction	Transport	Transport aérien	Transport d'électricité	Production d'électricité
Événement redouté	Accident entraînant la sortie de voie d'un ou plusieurs véhicules	Chute d'aéronef	Rupture de câble	Accident générant des projections d'éléments
Danger potentiel	Energie cinétique des véhicules et flux thermiques	Energie cinétique de l'aéronef, flux thermique	Arc électrique, surtensions	Energie cinétique des éléments projetés
Périmètre (m)	200	2000	200	500
Distance par rapport au mât des éoliennes (m)				
E1	NA	NA	NA	440
E2	NA	NA	NA	400
E3	NA	NA	NA	500
E5	NA	NA	NA	400
E6	NA	NA	NA	NA

*NA = non applicable= absence de l'infrastructure visée dans le rayon dédié pour l'agression.

10.3.2 Agressions externes liées aux phénomènes naturels

Le tableau ci-dessous synthétise les principales agressions externes liées aux phénomènes naturels :

Tableau 21 : Les principales agressions externes liées aux phénomènes naturels

Agression externe	Intensité
Vents et tempête	L'emplacement des aérogénérateurs n'est pas compris dans une zone affectée par des cyclones tropicaux. Les éoliennes étant dimensionnées pour supporter des vents pouvant atteindre 250 km/h, il n'y a pas lieu de proposer de mesures particulières.
Foudre	Le parc éolien respectera la norme IEC 61 400-24 (Juin 2010) ou EN 62 305 – 3 (Décembre 2006).
Glissement de sols/ affaissement miniers	Un mouvement de terrain pourrait être à l'origine d'une chute d'éolienne. Il est recensé un mouvement de terrain (effondrement) sur l'aire d'étude de danger. L'aléa retrait-gonflement des argiles y est estimé comme nul à faible. Avant la mise en place des éoliennes une étude géotechnique sera réalisée. Son but est de garantir un bon dimensionnement des installations au vu de la géologie du site d'implantation, ceci afin d'écarter le risque de mouvement de terrain hors séisme.

Le cas spécifique des effets directs de la foudre et du risque de « tension de pas » n'est pas traité dans l'analyse des risques et dans l'étude détaillée des risques dès lors qu'il est vérifié que la norme IEC 61 400-24 (Juin 2010) ou la norme EN 62 305-3 (Décembre 2006) est respectée. Ces conditions sont reprises dans la fonction de sécurité n°6 ci-après.

En ce qui concerne la foudre, on considère que le respect des normes rend le risque d'effet direct de la foudre négligeable (risque électrique, risque d'incendie, etc.). En effet, le système de mise à la terre permet d'évacuer l'intégralité du courant de foudre. Cependant, les conséquences indirectes de la foudre, comme la possible fragilisation progressive de la pale, sont prises en compte dans les scénarii de rupture de pale.

10.4 SCENARIOS ETUDIES DANS L'ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES

Le tableau ci-après, présente une proposition d'analyse générique des risques. Celui-ci est construit de la manière suivante :

- une description des causes et de leur séquençage (*événements initiateurs* et *événements intermédiaires*) ;
- une description des *événements redoutés centraux* qui marquent la partie incontrôlée de la séquence d'accident ;
- une description des *fonctions de sécurité* permettant de prévenir l'événement redouté central ou de limiter les effets du phénomène dangereux ;
- une description des *phénomènes dangereux* dont les effets sur les personnes sont à l'origine d'un accident ;
- une évaluation préliminaire de la zone d'effets attendue de ces événements.

L'échelle utilisée pour l'évaluation de l'intensité des événements a été adaptée au cas des éoliennes :

- « 1 » correspond à un phénomène limité ou se cantonnant au surplomb de l'éolienne ;
- « 2 » correspond à une intensité plus importante et impactant potentiellement des personnes autour de l'éolienne.

Les différents scénarii listés dans le tableau générique de l'APR sont regroupés et numérotés par thématique, en fonction des typologies d'événement redoutés centraux identifiés grâce au retour d'expérience du groupe de travail précédemment cité (« G » pour les scénarii concernant la glace, « I » pour ceux concernant l'incendie, « F » pour ceux concernant les fuites, « C » pour ceux concernant la chute d'éléments de l'éolienne, « P » pour ceux concernant les risques de projection, « E » pour ceux concernant les risques d'effondrement).

Ce tableau, présentant le résultat d'une analyse des risques, peut être considéré comme représentatif des scénarii d'accidents pouvant potentiellement se produire sur les éoliennes. Il est présenté page suivante.

N°	Événement initiateur	Événement intermédiaire	Événement redouté central	Fonction de sécurité (intitulé générique)	Phénomène dangereux	Qualification de la zone d'effet
G01	Conditions climatiques favorables à la formation de glace	Dépôt de glace sur les pales, le mât et la nacelle	Chute de glace lorsque les éoliennes sont arrêtées	Prévenir l'atteinte des personnes par la chute de glace (N°2)	Impact de glace sur les enjeux	1
G02	Conditions climatiques favorables à la formation de glace	Dépôt de glace sur les pales	Projection de glace lorsque les éoliennes sont en mouvement	Prévenir la mise en mouvement de l'éolienne lors de la formation de la glace (N°1)	Impact de glace sur les enjeux	2
I01	Humidité / Gel	Court-circuit	Incendie de tout ou partie de l'éolienne	Prévenir les courts-circuits (N°5)	Chute/projection d'éléments enflammés Propagation de l'incendie	2
I02	Dysfonctionnement électrique	Court-circuit	Incendie de tout ou partie de l'éolienne	Prévenir les courts-circuits (N°5)	Chute/projection d'éléments enflammés Propagation de l'incendie	2
I03	Survitesse	Échauffement des parties mécaniques et inflammation	Incendie de tout ou partie de l'éolienne	Prévenir l'échauffement significatif des pièces mécaniques (N°3) Prévenir la survitesse (N°4)	Chute/projection d'éléments enflammés Propagation de l'incendie	2
I04	Désaxage de la génératrice / Pièce défectueuse / Défaut de lubrification	Échauffement des parties mécaniques et inflammation	Incendie de tout ou partie de l'éolienne	Prévenir l'échauffement significatif des pièces mécaniques (N°3)	Chute/projection d'éléments enflammés Propagation de l'incendie	2
I05	Conditions climatiques humides	Surtension	Court-circuit	Prévenir les courts-circuits (N°5) Protection et intervention incendie (N°7)	Incendie poste de livraison (flux thermiques + fumées toxiques SF6) Propagation de l'incendie	2
I06	Rongeur	Surtension	Court-circuit	Prévenir les courts-circuits (N°5) Protection et intervention incendie (N°7)	Incendie poste de livraison (flux thermiques + fumées toxiques SF6) Propagation de l'incendie	2
I07	Défaut d'étanchéité	Perte de confinement	Fuites d'huile isolante	Prévention et rétention des fuites (N°8)	Incendie au poste de transformation Propagation de l'incendie	2

N°	Événement initiateur	Événement intermédiaire	Événement redouté central	Fonction de sécurité (intitulé générique)	Phénomène dangereux	Qualification de la zone d'effet
F01	Fuite système de lubrification Fuite convertisseur Fuite transformateur	Écoulement hors de la nacelle et le long du mât, puis sur le sol avec infiltration	Infiltration d'huile dans le sol	Prévention et rétention des fuites (N°8)	Pollution environnement	1
F02	Renversement de fluides lors des opérations de maintenance	Écoulement	Infiltration d'huile dans le sol	Prévention et rétention des fuites (N°8)	Pollution environnement	1
C01	Défaut de fixation	Chute de trappe	Chute d'élément de l'éolienne	Prévenir les erreurs de maintenance (N°10)	Impact sur cible	1
C02	Défaillance fixation anémomètre	Chute anémomètre	Chute d'élément de l'éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9)	Impact sur cible	1
C03	Défaut fixation nacelle – pivot central – mât	Chute nacelle	Chute d'élément de l'éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9)	Impact sur cible	1
P01	Survitesse	Contraintes trop importantes sur les pales	Projection de tout ou partie pale	Prévenir la survitesse (N°4)	Impact sur cible	2
P02	Fatigue Corrosion	Chute de fragment de pale	Projection de tout ou partie pale	Prévenir la dégradation de l'état des équipements (N°11)	Impact sur cible	2
P03	Serrage inapproprié Erreur maintenance – desserrage	Chute de fragment de pale	Projection de tout ou partie pale	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9)	Impact sur cible	2
E01	Effets dominos autres installations	Agression externe et fragilisation structure	Effondrement éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9)	Projection/chute fragments et chute mât	2
E02	Glissement de sol	Agression externe et fragilisation structure	Effondrement éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9)	Projection/chute fragments et chute mât	2

N°	Événement initiateur	Événement intermédiaire	Événement redouté central	Fonction de sécurité (intitulé générique)	Phénomène dangereux	Qualification de la zone d'effet
E05	Crash d'aéronef	Agression externe et fragilisation structure	Effondrement éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9)	Projection/chute fragments et chute mât	2
E07	Effondrement engin de levage travaux	Agression externe et fragilisation structure	Effondrement éolienne	Actions de prévention mises en œuvre dans le cadre du plan de prévention (N°13)	Chute fragments et chute mât	2
E08	Vents forts	Défaillance fondation	Effondrement éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9) Prévenir les risques de dégradation de l'éolienne en cas de vent fort (N°12) Dans les zones cycloniques, mettre en place un système de prévision cyclonique et équiper les éoliennes d'un dispositif d'abattage et d'arrimage au sol (N°13)	Projection/chute fragments et chute mât	2
E09	Fatigue	Défaillance mât	Effondrement éolienne	Prévenir la dégradation de l'état des équipements (N°11)	Projection/chute fragments et chute mât	2
E10	Désaxage critique du rotor	Impact pale – mât	Effondrement éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N°9) Prévenir les erreurs de maintenance (N°10)	Projection/chute fragments et chute mât	2

10.5 EFFETS DOMINOS

Lors d'un accident majeur sur une éolienne, l'une des possibilités est que les effets de cet accident endommagent d'autres installations. Ces dommages peuvent conduire à un autre accident. Par exemple, la projection de pale impactant les canalisations d'une usine à proximité peut conduire à des fuites de canalisations de substances dangereuses. Ce phénomène est appelé « effet domino ».

Les effets dominos susceptibles d'impacter les éoliennes sont décrits dans le tableau d'analyse des risques générique présenté ci-dessus.

En ce qui concerne les accidents sur des aérogénérateurs qui conduiraient à des effets dominos sur d'autres installations, le paragraphe 1.2.2 de la circulaire du 10 mai 2010 précise :

« [...] seuls les effets dominos générés par les fragments sur des installations et équipements proches ont vocation à être pris en compte dans les études de dangers [...]. Pour les effets de projection à une distance plus lointaine, l'état des connaissances scientifiques ne permet pas de disposer de prédictions suffisamment précises et crédibles de la description des phénomènes pour déterminer l'action publique ».

Pour rappel, aucune industrie ICPE SEVESO ou site nucléaire n'est présente sur le périmètre d'étude. En revanche, une canalisation de gaz appartenant à GRTGAZ traverse l'aire d'étude de danger. Il a été décidé de prendre une distance minimum de 180m entre les éoliennes et cette canalisation. D'après la réponse à consultation de GRTGaz en date du 22 décembre 2021 (voir annexe 7), les éoliennes E2, E3, E5 et E6 ont une distance compatible avec leurs préconisations. Cependant, une étude de compatibilité a donné une distance minimale d'éloignement à respecter de 211 m pour la E1, ce qui n'a pas pu être respecté.

10.6 MISE EN PLACE DES MESURES DE SECURITE

Les tableaux suivants ont pour objectif de synthétiser les fonctions de sécurité identifiées et mise en œuvre sur les éoliennes du parc Croix Dorée.

Dans le cadre de la présente étude de dangers, les fonctions de sécurité sont détaillées selon les critères suivants :

- **Fonction de sécurité** : il est proposé ci-dessous un tableau par fonction de sécurité. Cet intitulé décrit l'objectif de la ou des mesure(s) de sécurité : il s'agira principalement de « empêcher, éviter, détecter, contrôler ou limiter » et sera en relation avec un ou plusieurs événements conduisant à un accident majeur identifié dans l'analyse des risques. Plusieurs mesures de sécurité peuvent assurer une même fonction de sécurité.

- **Numéro de la fonction de sécurité** : ce numéro vise à simplifier la lecture de l'étude de dangers en permettant des renvois à l'analyse de risque par exemple.
- **Mesures de sécurité** : cette ligne permet d'identifier les mesures assurant la fonction concernée. Dans le cas de systèmes instrumentés de sécurité, tous les éléments de la chaîne de sécurité sont présentés (détection + traitement de l'information + action).
- **Description** : cette ligne permet de préciser la description de la mesure de maîtrise des risques, lorsque des détails supplémentaires sont nécessaires.
- **Indépendance (« oui » ou « non »)** : cette caractéristique décrit le niveau d'indépendance d'une mesure de maîtrise des risques vis-à-vis des autres systèmes de sécurité et des scénarii d'accidents. Cette condition peut être considérée comme remplie (renseigner « oui ») ou non (renseigner « non »).
- **Temps de réponse (en secondes ou en minutes)** : cette caractéristique mesure le temps requis entre la sollicitation et l'exécution de la fonction de sécurité.
- **Efficacité (100% ou 0%)** : l'efficacité mesure la capacité d'une mesure de maîtrise des risques à remplir la fonction de sécurité qui lui est confiée pendant une durée donnée et dans son contexte d'utilisation.
- **Test (fréquence)** : dans ce champ sont rappelés les tests/essais qui seront réalisés sur les mesures de maîtrise des risques. Conformément à la réglementation, un essai d'arrêt, d'arrêt d'urgence et d'arrêt à partir d'une situation de survitesse seront réalisés avant la mise en service de l'aérogénérateur. Dans tous les cas, les tests effectués sur les mesures de maîtrise des risques seront tenus à la disposition de l'inspection des installations classées pendant l'exploitation de l'installation.
- **Maintenance (fréquence)** : ce critère porte sur la périodicité des contrôles qui permettront de vérifier la performance de la mesure de maîtrise des risques dans le temps. Pour rappel, la réglementation demande qu'au minimum un contrôle tous les ans soit réalisé sur la performance des mesures de sécurité permettant de mettre à l'arrêt, à l'arrêt d'urgence et à l'arrêt à partir d'une situation de survitesse et sur tous les systèmes instrumentés de sécurité.

Fonction de sécurité	Prévenir la mise en mouvement de l'éolienne lors de la formation de glace	N° de la fonction de sécurité	1
Mesures de sécurité	Système de détection ou de déduction de la formation de glace sur les pales de l'aérogénérateur. Procédure adéquate de redémarrage.		
Description	Système de détection redondant du givre permettant, en cas de détection de glace, une mise à l'arrêt rapide de l'aérogénérateur. Le redémarrage peut ensuite se faire soit automatiquement après disparition des conditions de givre, soit manuellement après inspection visuelle sur site.		
Indépendance	Non Les systèmes traditionnels s'appuient généralement sur des fonctions et des appareils propres à l'exploitation du parc. En cas de dangers particulièrement élevé sur site (survol d'une zone fréquentée sur site soumis à des conditions de gel importantes), des systèmes additionnels peuvent être envisagés.		
Temps de réponse	Quelques minutes (<60 min.) conformément à l'article 25 de l'arrêté du 26 août 2011		
Efficacité	100 %		
Tests	Tests menés par le concepteur au moment de la construction de l'éolienne		
Maintenance	Vérification du système au bout de 3 mois de fonctionnement puis maintenance de remplacement en cas de dysfonctionnement de l'équipement		
Fonction de sécurité	Prévenir l'atteinte des personnes par la chute de glace	N° de la fonction de sécurité	2
Mesures de sécurité	Panneautage sur la barrière d'accès aux plateformes de chaque machine Eloignement des zones habitées et fréquentées		
Description	Mise en place de panneaux informant de la possible formation de glace sur les barrières d'accès à chaque machine (conformément à l'article 14 de l'arrêté du 26 août 2011)		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	NA		
Efficacité	100 %. Nous considérerons que compte tenu de l'implantation des panneaux et de l'entretien prévu, l'information des promeneurs sera systématique.		
Tests	NA		
Maintenance	Vérification de l'état général du panneau, de l'absence de détérioration, entretien de la végétation afin que le panneau reste visible.		

Fonction de sécurité	Prévenir l'échauffement significatif des pièces mécaniques	N° de la fonction de sécurité	3
Mesures de sécurité	Capteurs de température des pièces mécaniques Définition de seuils critiques de température pour chaque type de composant avec alarmes Mise à l'arrêt ou bridage jusqu'à refroidissement		
Description	/		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	NA		
Efficacité	100 %		
Tests	/		
Maintenance	Vérification du système au bout de 3 mois de fonctionnement puis contrôle annuel conformément à l'article 18 de l'arrêté du 26 août 2011. Maintenance de remplacement en cas de dysfonctionnement de l'équipement.		
Fonction de sécurité	Prévenir la survitesse	N° de la fonction de sécurité	4
Mesures de sécurité	Détection de survitesse et système de freinage.		
Description	Systèmes de coupure s'enclenchant en cas de dépassement des seuils de vitesse prédéfinis, indépendamment du système de contrôle commande. NB : Le système de freinage est constitué d'un frein aérodynamique principal (mise en drapeau des pales) et / ou d'un frein mécanique auxiliaire.		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	Temps de détection < 1 minute L'exploitant ou l'opérateur désigné sera en mesure de transmettre l'alerte aux services d'urgence compétents dans un délai de 15 minutes suivant l'entrée en fonctionnement anormal de l'aérogénérateur conformément aux dispositions de l'arrêté du 26 août 2011.		
Efficacité	100 %		
Tests	Test d'arrêt simple, d'arrêt d'urgence et de la procédure d'arrêt en cas de survitesse avant la mise en service des aérogénérateurs conformément à l'article 15 de l'arrêté du 26 août 2011.		
Maintenance	Vérification du système au bout de 3 mois de fonctionnement puis contrôle annuel conformément à l'article 18 de l'arrêté du 26 août 2011 (notamment de l'usure du frein et de pression du circuit de freinage d'urgence.) Maintenance de remplacement en cas de dysfonctionnement de l'équipement.		

Fonction de sécurité		Prévenir les courts-circuits	N° de la fonction de sécurité	5
Mesures de sécurité	Coupure de la transmission électrique en cas de fonctionnement anormal d'un composant électrique.			
Description	Les organes et armoires électriques de l'éolienne sont équipés d'organes de coupures et de protection adéquats et correctement dimensionnés. Tout fonctionnement anormal des composants électriques est suivi d'une coupure de la transmission électrique et à la transmission d'un signal d'alerte vers l'exploitant qui prend alors les mesures appropriées.			
Indépendance	Oui			
Temps de réponse	De l'ordre de la seconde			
Efficacité	100 %			
Tests	/			
Maintenance	Des vérifications de tous les composants électriques ainsi que des mesures d'isolement et de serrage des câbles sont intégrées dans la plupart des mesures de maintenance préventive mises en œuvre. Les installations électriques sont contrôlées avant la mise en service du parc puis à une fréquence annuelle, conformément à l'article 10 de l'arrêté du 26 août 2011.			
Fonction de sécurité		Prévenir les effets de la foudre	N° de la fonction de sécurité	6
Mesures de sécurité	Mise à la terre et protection des éléments de l'aérogénérateur.			
Description	Respect de la norme IEC 61 400 – 24 (juin 2010) Dispositif de capture + mise à la terre Parasurtenseurs sur les circuits électriques			
Indépendance	Oui			
Temps de réponse	Immédiat dispositif passif			
Efficacité	100 %			
Tests	/			
Maintenance	Contrôle visuel des pales et des éléments susceptibles d'être impactés par la foudre inclus dans les opérations de maintenance, conformément à l'article 9 de l'arrêté du 26 août 2011.			
Fonction de sécurité		Protection et intervention incendie	N° de la fonction de sécurité	7
Mesures de sécurité	Capteurs de températures sur les principaux composants de l'éolienne pouvant permettre, en cas de dépassement des seuils, la mise à l'arrêt de la machine Système de détection incendie relié à une alarme transmise à un poste de contrôle Intervention des services de secours			
Description	DéTECTEURS de fumée qui lors de leur déclenchement conduisent à la mise en arrêt de la machine et au découplage du réseau électrique. De manière concomitante, un message d'alarme est envoyé au centre de télésurveillance. L'éolienne est également équipée d'extincteurs qui peuvent être utilisés par les personnels d'intervention (cas d'un incendie se produisant en période de maintenance)			
Indépendance	Oui			

Temps de réponse	< 1 minute pour les détecteurs et l'enclenchement de l'alarme L'exploitant ou l'opérateur désigné sera en mesure de transmettre l'alerte aux services d'urgence compétents dans un délai de 15 minutes suivant l'entrée en fonctionnement anormal de l'aérogénérateur. Le temps d'intervention des services de secours est quant à lui dépendant de la zone géographique.		
Efficacité	100 %		
Tests	/		
Maintenance	Vérification du système au bout de 3 mois de fonctionnement puis contrôle annuel conformément à l'article 18 de l'arrêté du 26 août 2011. Le matériel incendie (type extincteurs) est contrôlé périodiquement par le fabricant du matériel ou un organisme extérieur. Maintenance curative suite à une défaillance du matériel.		
Fonction de sécurité	Prévention et rétention des fuites	N° de la fonction de sécurité	8
Mesures de sécurité	Détecteurs de niveau d'huiles Procédure d'urgence Kit antipollution		
Description	<p>Nombreux détecteurs de niveau d'huile permettant de détecter les éventuelles fuites d'huile et d'arrêter l'éolienne en cas d'urgence.</p> <p>Les opérations de vidange font l'objet de procédures spécifiques. Dans tous les cas, le transfert des huiles s'effectue de manière sécurisée via un système de tuyauterie et de pompes directement entre l'élément à vidanger et le camion de vidange.</p> <p>Des kits de dépollution d'urgence composés de grandes feuilles de textile absorbant pourront être utilisés afin :</p> <ul style="list-style-type: none"> - de contenir et arrêter la propagation de la pollution ; - d'absorber jusqu'à 20 litres de déversements accidentels de liquides (huile, eau, alcools ...) et produits chimiques (acides, bases, solvants ...) ; - de récupérer les déchets absorbés. <p>Si ces kits de dépollution s'avèrent insuffisants, une société spécialisée récupérera et traitera le gravier souillé via les filières adéquates, puis le remplacera par un nouveau revêtement.</p>		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	Dépendant du débit de fuite		
Efficacité	100 %		
Tests	/		
Maintenance	Inspection des niveaux d'huile plusieurs fois par an		
Fonction de sécurité	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation)	N° de la fonction de sécurité	9
Mesures de sécurité	Contrôles réguliers des fondations et des différentes pièces d'assemblages (ex : brides ; joints, etc.) Procédures qualités Attestation du contrôle technique (procédure permis de construire)		

Description	La norme IEC 61 400-1 « Exigence pour la conception des aérogénérateurs » fixe les prescriptions propres à fournir « un niveau approprié de protection contre les dommages résultant de tout risque durant la durée de vie » de l'éolienne. Ainsi la nacelle, le nez, les fondations et la tour répondent au standard IEC 61 400-1. Les pales respectent le standard IEC 61 400-1 ; 12 ; 23. Les éoliennes sont protégées contre la corrosion due à l'humidité de l'air, selon la norme ISO 9223.		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	NA		
Efficacité	100 %		
Tests	NA		
Maintenance	Les couples de serrage (brides sur les diverses sections de la tour, bride de raccordement des pales au moyeu, bride de raccordement du moyeu à l'arbre lent, éléments du châssis, éléments du pitch system, couronne du Yam Gear, boulons de fixation de la nacelle...) sont vérifiés au bout de 3 mois de fonctionnement puis tous les 3 ans, conformément à l'article 18 de l'arrêté du 26 août 2011.		
Fonction de sécurité	Prévenir les erreurs de maintenance	N° de la fonction de sécurité	10
Mesures de sécurité	Procédure maintenance		
Description	Préconisations du manuel de maintenance Formation du personnel		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	NA		
Efficacité	100 %		
Tests	/		
Maintenance	NA		
Fonction de sécurité	Prévenir les risques de dégradation de l'éolienne en cas de vent fort	N° de la fonction de sécurité	11
Mesures de sécurité	Classe d'éolienne adaptée au site et au régime de vents. Détection et prévention des vents forts et tempêtes Arrêt automatique et diminution de la prise au vent de l'éolienne (mise en drapeau progressive des pales) par le système de conduite		
Description	L'éolienne est mise à l'arrêt si la vitesse de vent mesurée dépasse la vitesse maximale pour laquelle elle a été conçue.		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	< 1 min		
Efficacité	100 %. NB : En fonction de l'intensité attendue des vents, d'autres dispositifs de diminution de la prise au vent de l'éolienne peuvent être envisagés.		
Tests	/		

Maintenance	/		
Fonction de sécurité	Prévenir les risques de dégradation de l'éolienne en cas de cyclones dans les zones cycloniques	N° de la fonction de sécurité	12
Mesures de sécurité	Mise en place d'une procédure de veille cyclonique et d'intervention + mise en œuvre d'éoliennes équipées de dispositifs anticycloniques permettant abattage et arrimage au sol des éléments les plus sensibles, en particulier les pales		
Description	L'ensemble de la structure [mât et/ou nacelle + hélice] peut être rabattu et arrimé au sol Détection des cyclones Formation des opérateurs Mise en place d'une procédure d'intervention suivant les niveaux d'alerte		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	/		
Efficacité	100 %		
Tests	/		
Maintenance	Contrôle et entretien des équipements de repli cyclonique		

L'ensemble des procédures de maintenance et des contrôles d'efficacité des systèmes sera conforme à l'arrêté du 26 août 2011, notamment, sur une périodicité qui ne peut excéder un an, l'exploitant réalisera une vérification de l'état fonctionnel des équipements de mise à l'arrêt, de mise à l'arrêt d'urgence et de mise à l'arrêt depuis un régime de survitesse en application des préconisations du constructeur de l'aérogénérateur.

10.7 MOYENS MIS EN ŒUVRE EN CAS D'INCIDENT OU D'ACCIDENT

Différents moyens seront mis en place afin d'organiser les interventions sur site en cas de situation d'urgence (alerte, consignes et procédures de sécurité). Le projet éolien de la Croix Dorée sera continuellement monitoré à distance en temps réel grâce à des capteurs transmettant les informations du parc éolien au centre d'exploitation.

Afin de limiter les effets d'un potentiel sinistre survenant sur le site de l'installation, l'exploitant sera en contact avec les services de secours externes représentés par les sapeurs-pompiers du Service Départemental d'Incendie et de Secours (SDIS).

10.7.1 Moyens de prévention et d'intervention internes

Les interventions de maintenance permettant l'exploitation du projet éolien de la Croix Dorée, réalisées par le personnel interne à l'installation, seront couvertes par des procédures d'urgence, de mise en sécurité et d'alerte.

Lorsqu'une anomalie est détectée par un capteur, celle-ci est transmise et reçue par le maintenancier. Une fois l'alarme reçue, celle-ci est aussi transmise à l'exploitant. L'installation peut alors être mise en sécurité à distance, par exemple, avec un arrêt de la turbine concernée par l'anomalie. En fonction de l'anomalie constatée, une intervention sur site peut être nécessaire. Si l'anomalie concerne le maintenancier (souvent le même que le turbinier), celui-ci intervient sur site.

10.7.2 Alerte et intervention externe

En cas d'anomalie, l'alerte est donc transmise automatiquement au centre d'exploitation et au responsable d'exploitation du projet éolien de la Croix Dorée. L'installation peut alors être mise en sécurité à distance, avec un arrêt de la turbine concernée. Selon la nature de l'anomalie, l'alerte est aussi donnée à un organisme local tel que la gendarmerie, le SDIS, le GRIMP et/ou un centre de secours.

Les interventions externes se feront par les voies d'accès carrossables et entretenues du parc éolien.

Lors de l'intervention, l'organisme externe se chargera de mettre en sécurité immédiatement le site en établissant un périmètre de sécurité et de restriction de fréquentation du parc éolien, si cela est nécessaire.

Les panneaux d'information mis en place sur site, signalant l'interdiction de pénétrer dans l'installation ainsi que les dangers que représente le parc éolien signaleront aussi les personnes à contacter en cas d'anomalie constatée avec le nom et le numéro du responsable de l'exploitation du parc et les numéros des services de secours externes.

Lorsque la détection de l'incident s'effectue par un tiers, ces panneaux d'information permettront d'identifier rapidement l'éolienne concernée ainsi que les personnes à contacter.

Il est enfin important de préciser que des exercices réguliers avec le SDIS seront effectués tout au long de la vie du projet éolien de la Croix Dorée. Avant la mise en service, une réunion entre l'exploitant et le SDIS sera organisée afin de présenter l'implantation du parc, mais aussi la stratégie d'intervention du SDIS par rapport aux autres parcs éoliens présents dans ces deux départements afin d'être en phase sur les moyens d'interventions nécessaires sur site.

10.8 CONCLUSION DE L'ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES

Dans le cadre de l'analyse préliminaire des risques génériques des parcs éoliens, quatre catégories de scénarii sont a priori exclues de l'étude détaillée, en raison de leur faible intensité :

Tableau 22 : Les scénarii exclus de l'étude détaillée

Nom du scénario exclu	Justification
Incendie de l'éolienne (effets thermiques)	En cas d'incendie de nacelle, et en raison de la hauteur des nacelles, les effets thermiques ressentis au sol seront mineurs. Par exemple, dans le cas d'un incendie de nacelle (située à 50 mètres de hauteur), la valeur seuil de 3 kW/m ² n'est pas atteinte. Dans le cas d'un incendie au niveau du mât les effets sont également mineurs et l'arrêté du 26 Août 2011 encadre déjà largement la sécurité des installations. Ces effets ne sont donc pas étudiés dans l'étude détaillée des risques. Néanmoins il peut être redouté que des chutes d'éléments (ou des projections) interviennent lors d'un incendie. Ces effets sont étudiés avec les projections et les chutes d'éléments.
Incendie du poste de livraison ou du transformateur	En cas d'incendie de ces éléments, les effets ressentis à l'extérieur des bâtiments (poste de livraison) seront mineurs ou inexistant du fait notamment de la structure en béton. De plus, la réglementation encadre déjà largement la sécurité de ces installations (l'arrêté du 26 août 2011 [9] et impose le respect des normes NFC 15-100, NFC 13-100 et NFC 13-200)

Nom du scénario exclu	Justification
Chute et projection de glace dans les cas particuliers où les températures hivernales ne sont pas inférieures à 0°C	Lorsqu'un aérogénérateur est implanté sur un site où les températures hivernales ne sont pas inférieures à 0°C, il peut être considéré que le risque de chute ou de projection de glace est nul. Des éléments de preuves doivent être apportés pour identifier les implantations où de telles conditions climatiques sont applicables.
Infiltration d'huile dans le sol	En cas d'infiltration d'huiles dans le sol, les volumes de substances libérées dans le sol restent mineurs. Ce scénario peut ne pas être détaillé dans le chapitre de l'étude détaillée des risques sauf en cas d'implantation dans un périmètre de protection rapproché d'une nappe phréatique.

Les cinq catégories de scénarii étudiées dans l'étude détaillée des risques sont les suivantes :

- ☞ Projection de tout ou une partie de pale ;
- ☞ Effondrement de l'éolienne ;
- ☞ Chute d'éléments de l'éolienne ;
- ☞ Chute de glace ;
- ☞ Projection de glace.

Ces scénarii regroupent plusieurs causes et séquences d'accident. En estimant la probabilité, gravité, cinétique et intensité de ces événements, il est possible de caractériser les risques pour toutes les séquences d'accidents.

11 ETUDE DETAILLEE DES RISQUES

L'étude détaillée des risques vise à caractériser les scénarii retenus à l'issue de l'analyse préliminaire des risques en termes de probabilité, cinétique, intensité et gravité. Son objectif est donc de préciser le risque généré par l'installation et d'évaluer les mesures de maîtrise des risques mises en œuvre. L'étude détaillée permet de vérifier l'acceptabilité des risques potentiels générés par l'installation.

A ce stade du projet le gabarit de l'éolienne retenu est arrêté mais le développeur ne procédera au choix final de l'éolienne qu'au moment de la construction du parc. C'est-à-dire après l'obtention des autorisations administratives.

Afin que l'étude de dangers demeure pertinente, les calculs de l'étude détaillée des risques ci-après retiendront les dimensions de l'éolienne qui sont les plus pénalisantes pour le gabarit retenu.

Rappel : Le projet est composé de 5 éoliennes, dont les hauteurs en bout de pales varient entre 150 m et 178,5 m. Dans le cas présent, les dimensions d'éolienne qui sont retenues pour l'étude sont :

Hauteur maximale en bout de pale : 178.5m

Diamètre rotor maximal : 120m

Largeur de pale maximale à la base : 4.3m

Largeur de mat maximale à la base : 4m

Longueur maximale de pale : 58.5m

Dans le périmètre d'étude, on repère :

- **La RD11, RD74 et RD474** (voies non structurantes car trafic inférieur à 2000 véhicules/an) **et les chemins** : Ils correspondent à des terrains aménagés mais peu fréquentés (1 pers/10 ha) ;
- **Zones agricoles** : elles correspondent à des terrains non aménagés et très peu fréquentés (1 pers/100 ha) ;
- **Voie ferrée** : D'après le Guide technique, il convient de considérer 0,4 personne exposée par kilomètre et par train, sachant que la ligne compte 200 trains de voyageurs/jour.

11.1 RAPPELS DES DEFINITIONS

Les règles méthodologiques applicables pour la détermination de l'intensité, de la gravité et de la probabilité des phénomènes dangereux sont précisées dans l'arrêté ministériel du 29 septembre 2005 relatif à l'évaluation et à la prise en compte de la probabilité d'occurrence, de la cinétique, de l'intensité des effets et de la gravité des conséquences des accidents potentiels dans les études de dangers des installations classées soumises à autorisation.

Cet arrêté ne prévoit de détermination de l'intensité et de la gravité que pour les effets de surpression, de rayonnement thermique et de toxique.

Cet arrêté est éclairé par la circulaire du 10 mai 2010 récapitulant les règles méthodologiques applicables aux études de dangers, à l'appréciation de la démarche de réduction du risque à la source et aux plans de prévention des risques technologiques (PPRT) dans les installations classées en application de la loi du 30 juillet 2003.

Cette circulaire précise en son point 1.2.2 qu'à l'exception de certains explosifs pour lesquels les effets de projection présentent un comportement caractéristique à faible distance, les projections et chutes liées à des ruptures ou fragmentations ne sont pas modélisées en intensité et gravité dans les études de dangers.

Force est néanmoins de constater que ce sont les seuls phénomènes dangereux susceptibles de se produire sur des éoliennes.

Afin de pouvoir présenter des éléments au sein de cette étude de dangers, il est proposé de recourir à la méthode *ad hoc* préconisée par le guide technique national relatif à l'étude de dangers dans le cadre d'un parc éolien dans sa version de mai 2012. Cette méthode est inspirée des méthodes utilisées pour les autres phénomènes dangereux des installations classées, dans l'esprit de la loi n° 2003-699 du 30 juillet 2003.

Cette première partie de l'étude détaillée des risques consiste donc à rappeler les définitions de chacun de ces paramètres, en lien avec les références réglementaires correspondantes.

11.1.1 Cinétique

La cinétique d'un accident est la vitesse d'enchaînement des événements constituant une séquence accidentelle, de l'événement initiateur aux conséquences sur les éléments vulnérables.

Selon l'article 8 de l'arrêté du 29 septembre 2005 précité [13], la cinétique peut être qualifiée de « lente » ou de « rapide ». Dans le cas d'une cinétique lente, les personnes ont le temps d'être mises à l'abri à la suite de l'intervention des services de secours. Dans le cas contraire, la cinétique est considérée comme rapide.

Dans le cadre d'une étude de dangers pour des aérogénérateurs, il est supposé, de manière prudente, que tous les accidents considérés ont une cinétique rapide. Ce paramètre ne sera donc pas détaillé à nouveau dans chacun des phénomènes redoutés étudiés par la suite.

11.1.2 Intensité

L'intensité des effets des phénomènes dangereux est définie par rapport à des valeurs de référence exprimées sous forme de seuils d'effets toxiques, d'effets de surpression, d'effets thermiques et d'effets liés à l'impact d'un projectile, pour les hommes et les structures (article 9 de l'arrêté du 29 septembre 2005 précité [13]).

On constate que les scénarii retenus au terme de l'analyse préliminaire des risques pour les parcs éoliens sont des scénarii de projection (de glace ou de toute ou partie de pale), de chute d'éléments (glace ou toute ou partie de pale) ou d'effondrement de machine.

Or, les seuils d'effets proposés dans l'arrêté du 29 septembre 2005 précité [13] caractérisent des phénomènes dangereux dont l'intensité s'exerce dans toutes les directions autour de l'origine du phénomène, pour des effets de surpression, toxiques ou thermiques. Ces seuils ne sont donc pas adaptés aux accidents générés par les aérogénérateurs.

Dans le cas de scénarii de projection, l'annexe 2 de cet arrêté précise : « Compte tenu des connaissances limitées en matière de détermination et de modélisation des effets de projection, l'évaluation des effets de projection d'un phénomène dangereux nécessite, le cas échéant, une analyse, au cas par cas, justifiée par l'exploitant. Pour la délimitation des zones d'effets sur l'homme ou sur les structures des installations classées, il n'existe pas à l'heure actuelle de valeur de référence. Lorsqu'elle s'avère nécessaire, cette délimitation s'appuie sur une analyse au cas par cas proposée par l'exploitant ».

C'est pourquoi, pour chacun des événements accidentels retenus (chute d'éléments, chute de glace, effondrement et projection), deux valeurs de référence ont été retenues :

- 5% d'exposition : seuils d'exposition très forte
- 1% d'exposition : seuil d'exposition forte

Le degré d'exposition est défini comme le rapport entre la surface atteinte par un élément chutant ou projeté et la surface de la zone exposée à la chute ou à la projection.

Tableau 23 : Correspondance intensité – Degré d'exposition

Intensité	Degré d'exposition
Exposition très forte	Supérieur à 5 %
Exposition forte	Compris entre 1 % et 5 %
Exposition modérée	Inférieur à 1 %

Nota : Les zones d'effets sont définies pour chaque événement accidentel comme la surface exposée à cet événement.

11.1.3 Gravité

Par analogie aux niveaux de gravité retenus dans l'annexe 3 de l'arrêté du 29 septembre 2005 précité, les seuils de gravité sont déterminés en fonction du nombre équivalent de personnes permanentes dans chacune des zones d'effet définies dans le paragraphe précédent.

Tableau 24 : Définition des seuils de gravité

Intensité / Gravité	Zone d'effet d'un événement accidentel engendrant une exposition modérée	Zone d'effet d'un événement accidentel engendrant une exposition forte	Zone d'effet d'un événement accidentel engendrant une exposition très forte
« Désastreux »	Plus de 1000 personnes exposées	Plus de 100 personnes exposées	Plus de 10 personnes exposées
« Catastrophique »	Entre 100 et 1000 personnes exposées	Entre 10 et 100 personnes exposées	Moins de 10 personnes exposées
« Important »	Entre 10 et 100 personnes exposées	Entre 1 et 10 personnes exposées	Au plus 1 personne exposée
« Sérieux »	Moins de 10 personnes exposées	Au plus 1 personne exposée	Aucune personne exposée
« Modéré »	Présence humaine exposée inférieure à « une personne »	Pas de zone de létalité en dehors de l'établissement	Pas de zone de létalité en dehors de l'établissement

11.1.4 Probabilité

L'annexe 1 de l'arrêté du 29 septembre 2005 précité définit les classes de probabilité qui doivent être utilisées dans les études de dangers pour caractériser les scénarii d'accident majeur :

Tableau 25 : Classes de probabilité utilisées pour caractériser les scénarii d'accident majeur

Niveaux	Echelle qualitative	Echelle quantitative (probabilité annuelle)
A	Courant Se produit sur le site considéré et/ou peut se produire à plusieurs reprises pendant la durée de vie des installations, malgré d'éventuelles mesures correctives.	$P > 10^{-2}$
B	Probable S'est produit et/ou peut se produire pendant la durée de vie des installations.	$10^{-3} < P \leq 10^{-2}$
C	Improbable Événement similaire déjà rencontré dans le secteur d'activité ou dans ce type d'organisation au niveau mondial, sans que les éventuelles corrections intervenues depuis apportent une garantie de réduction significative de sa probabilité.	$10^{-4} < P \leq 10^{-3}$
D	Rare S'est déjà produit mais a fait l'objet de mesures correctives réduisant significativement la probabilité.	$10^{-5} < P \leq 10^{-4}$
E	Extrêmement rare Possible mais non rencontré au niveau mondial. N'est pas impossible au vu des connaissances actuelles.	$\leq 10^{-5}$

Dans le cadre de l'étude de dangers des parcs éoliens, la probabilité de chaque événement accidentel identifié pour une éolienne est déterminée en fonction :

- de la bibliographie relative à l'évaluation des risques pour des éoliennes
- du retour d'expérience français
- des définitions qualitatives de l'arrêté du 29 Septembre 2005

Il convient de noter que la probabilité qui sera évaluée pour chaque scénario d'accident correspond à la probabilité qu'un événement redouté se produise sur l'éolienne (probabilité de départ) et non à la probabilité que cet événement produise un accident suite à la présence d'un véhicule ou d'une personne au point d'impact (probabilité d'atteinte). En effet, l'arrêté du 29 septembre 2005 impose une évaluation des probabilités de départ uniquement.

Cependant, on pourra rappeler que la probabilité qu'un accident sur une personne ou un bien se produise est très largement inférieure à la probabilité de départ de l'événement redouté.

La probabilité d'accident est en effet le produit de plusieurs probabilités :

$$P_{\text{accident}} = P_{\text{ERC}} \times P_{\text{orientation}} \times P_{\text{rotation}} \times P_{\text{atteinte}} \times P_{\text{présence}}$$

P_{ERC} = probabilité que l'événement redouté central (défaillance) se produise = probabilité de départ

$P_{\text{orientation}}$ = probabilité que l'éolienne soit orientée de manière à projeter un élément lors d'une défaillance dans la direction d'un point donné (en fonction des conditions de vent notamment)

P_{rotation} = probabilité que l'éolienne soit en rotation au moment où l'événement redouté se produit (en fonction de la vitesse du vent notamment)

P_{atteinte} = probabilité d'atteinte d'un point donné autour de l'éolienne (sachant que l'éolienne est orientée de manière à projeter un élément en direction de ce point et qu'elle est en rotation)

$P_{\text{présence}}$ = probabilité de présence d'un enjeu donné au point d'impact sachant que l'élément est projeté en ce point donné

Dans le cadre des études de dangers des éoliennes, une approche majorante assimilant la probabilité d'accident (P_{accident}) à la probabilité de l'événement redouté central (P_{ERC}) a été retenue.

11.1.5 Criticité

La matrice de criticité ci-dessous, adaptée de la circulaire du 29 septembre 2005 reprise dans la circulaire du 10 mai 2010 mentionnée précédemment, sera utilisée pour conclure sur l'acceptabilité.

Conséquences	Classe de Probabilité				
	E	D	C	B	A
Désastreux	Yellow	Red	Red	Red	Red
Catastrophique	Yellow	Yellow	Red	Red	Red
Important	Yellow	Yellow	Yellow	Red	Red
Sérieux	Green	Green	Yellow	Yellow	Red
Modéré	Green	Green	Green	Green	Yellow

Légende de la matrice :

Niveau de risque	Couleur	Acceptabilité
Risque très faible	Green	Acceptable
Risque faible	Yellow	Acceptable
Risque important	Red	Non acceptable

11.2 CARACTERISATION DES SCENARII RETENUS

11.2.1 Effondrement de l'éolienne

Zone d'effet

La zone d'effet de l'effondrement d'une éolienne correspond à une surface circulaire de rayon égal à la hauteur totale maximale de l'éolienne en bout de pale, soit 178,5 m dans le cas des éoliennes du projet éolien de la Croix Dorée.

Cette méthodologie se rapproche de celles utilisées dans la bibliographie (références [5] et [6]). Les risques d'atteinte d'une personne ou d'un bien en dehors de cette zone d'effet sont négligeables et ils n'ont jamais été relevés dans l'accidentologie ou la littérature spécialisée.

Intensité

Pour le phénomène d'effondrement de l'éolienne, le degré d'exposition correspond au ratio entre la surface totale balayée par le rotor et la surface du mât non balayée par le rotor, d'une part, et la superficie de la zone d'effet du phénomène, d'autre part.

Le tableau ci-dessous permet d'évaluer l'intensité du phénomène d'effondrement de l'éolienne concernant le projet éolien de la Croix Dorée.

R est la longueur maximale de pale envisagée (R= 58,5 m), de forme triangulaire avec une base de largeur LB (LB= 4 m), H la hauteur maximale envisagée pour le mât (H= 120 m) et L la largeur maximale du mât (L= 4,3 m).

Nota : L'intensité du phénomène d'effondrement est nulle au-delà de la zone d'effondrement.

Effondrement de l'éolienne (dans un rayon inférieur ou égal à la hauteur totale de l'éolienne en bout de pale)			
Zone d'impact en m²	Zone d'effet du phénomène étudié en m²	Degré d'exposition du phénomène étudié en %	Intensité
$Z_I = (H) \times L + 3 \times R \times LB / 2$ $Z_I = 867$	$Z_E = \pi \times (H+R)^2$ $Z_E = 100\,098$	$d = Z_I / Z_E$ $d = 0,0086$ soit 0,86%	Exposition modérée

Gravité

En fonction de cette intensité et des définitions issues de l'arrêté du 29 septembre 2005 (voir paragraphe 8.1.3.), il est possible de définir les différentes classes de gravité pour le phénomène d'effondrement, dans le rayon inférieur ou égal à la hauteur totale de l'éolienne :

- ☞ Plus de 100 personnes exposées → « Désastreux »
- ☞ Entre 10 et 100 personnes exposées → « Catastrophique »
- ☞ Entre 1 et 10 personnes exposées → « Important »
- ☞ Au plus 1 personne exposée → « Sérieux »
- ☞ Pas de zone de létalité en dehors de l'établissement → « Modéré »

Le tableau suivant permet de calculer le nombre équivalent de personnes présentes sur le périmètre d'effondrement :

Éolienne	1 pers / 10 ha Chemin agricole et voie de circulation non structurante		1 pers / 100 ha champs et bois		Voie ferrée (200 trains de voyageurs par jour)		Total personnes exposées
	Surface (ha)	Nb pers	Surface (ha)	Nb pers	Linéaire (km)	Nb pers	
E1	0,16	0,02	9,85	0,10	0,00	0,00	0,11
E2	0,15	0,01	9,86	0,10	0,00	0,00	0,11
E3	0,11	0,01	9,90	0,10	0,00	0,00	0,11
E5	0,08	0,01	9,93	0,10	0,00	0,00	0,11
E6	0,00	0,00	10,01	0,10	0,00	0,00	0,10

Le tableau suivant indique, pour chaque aérogénérateur, le nombre de personnes exposées dans la zone d'effet du phénomène d'effondrement et la gravité associée :

Effondrement de l'éolienne (dans un rayon inférieur ou égal à la hauteur totale de l'éolienne en bout de pale (R=178,5m))		
Eolienne	Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)	Gravité
E1	0,11	Sérieux
E2	0,11	Sérieux
E3	0,11	Sérieux
E5	0,11	Sérieux
E6	0,10	Sérieux

Probabilité

Pour l'effondrement d'une éolienne, les valeurs retenues dans la littérature sont détaillées dans le tableau suivant :

Source	Fréquence	Justification
Guide for risk based zoning of wind turbines [5]	4,5 x 10 ⁻⁴	Retour d'expérience
Specification of minimum distances [6]	1,8 x 10 ⁻⁴ (effondrement de la nacelle et de la tour)	Retour d'expérience

Ces valeurs correspondent à une classe de probabilité « C » selon l'arrêté du 29 septembre 2005.

Le retour d'expérience français montre également une classe de probabilité « C ». En effet, il a été recensé seulement 7 événements pour 15 667 années d'expérience⁴, soit une probabilité de 4,47 x 10⁻⁴ par éolienne

⁴ Une année d'expérience correspond à une éolienne observée pendant une année. Ainsi, si on a observé une éolienne pendant 5 ans et une autre pendant 7 ans, on aura au total 12 années d'expérience.

et par an, comme indiqué dans le Guide technique « Elaboration de l'étude de danger dans le cadre des projets éoliens »⁵, (INERIS, 2012).

Ces événements correspondent également à la définition qualitative de l'arrêté du 29 septembre 2005 d'une probabilité « C », à savoir : « Événement similaire déjà rencontré dans le secteur d'activité ou dans ce type d'organisation au niveau mondial, sans que les éventuelles corrections intervenues depuis apportent une garantie de réduction significative de sa probabilité ». Une probabilité de classe « C » est donc retenue par défaut pour ce type d'événement.

Néanmoins, les dispositions constructives des éoliennes ayant fortement évolué, le niveau de fiabilité est aujourd'hui bien meilleur. Des mesures de maîtrise des risques supplémentaires ont été mises en place sur les machines récentes et permettent de réduire significativement la probabilité d'effondrement. Ces mesures de sécurité sont notamment :

- respect intégral des dispositions de la norme IEC 61 400-1 ;
- contrôles réguliers des fondations et des différentes pièces d'assemblages ;
- système de détection des survitesses et un système redondant de freinage ;
- système de détection des vents forts et un système redondant de freinage et de mise en sécurité des installations – un système adapté est installé en cas de risque cyclonique.

De manière générale, le respect des prescriptions de l'arrêté du 26 août 2011 relatif aux installations éoliennes soumises à autorisation permet de s'assurer que les éoliennes font l'objet de mesures réduisant significativement la probabilité d'effondrement.

Il est considéré que la classe de probabilité de l'accident est « D », à savoir : « s'est produit mais a fait l'objet de mesures correctrices réduisant significativement la probabilité ».

⁵ <https://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/sites/default/files/Guide%20EDD.pdf>

Acceptabilité

Le tableau suivant rappelle, pour chaque aérogénérateur du projet éolien de la Croix Dorée la gravité et le niveau de risque (acceptable/inacceptable) :

Effondrement de l'éolienne (dans un rayon inférieur ou égal à la hauteur totale de l'éolienne en bout de pale (R=178,5 m))		
Eolienne	Gravité	Niveau de risque
E1	Sérieux	Très faible (Acceptable)
E2	Sérieux	
E3	Sérieux	
E5	Sérieux	
E6	Sérieux	

Ainsi, pour le projet éolien de la Croix Dorée, le phénomène d'effondrement des éoliennes constitue un risque acceptable pour les personnes.



Carte 20 : Synthèse du risque effondrement

11.2.2 Chute de glace

Considérations générales

Les périodes de gel et l'humidité de l'air peuvent entraîner, dans des conditions de température et d'humidité de l'air bien particulières, une formation de givre ou de glace sur l'éolienne, ce qui induit des risques potentiels de chute de glace.

Selon l'étude WECO [15], une grande partie du territoire français (hors zones de montagne) est concernée par moins d'un jour de formation de glace par an. Certains secteurs du territoire comme les zones côtières affichent des moyennes variant entre 2 et 7 jours de formation de glace par an.

Lors des périodes de dégel qui suivent les périodes de grand froid, des chutes de glace peuvent se produire depuis la structure de l'éolienne (nacelle, pales). Normalement, le givre qui se forme en fine pellicule sur les pales de l'éolienne fond avec le soleil. En cas de vents forts, des morceaux de glace peuvent se détacher. Ils se désagrègent généralement avant d'arriver au sol. Ce type de chute de glace est similaire à ce qu'on observe sur d'autres bâtiments et infrastructures.

Zone d'effet

Le risque de chute de glace est cantonné à la zone de survol des pales, soit un disque de rayon égal à un demi-diamètre de rotor autour du mât de l'éolienne. Pour le projet éolien de la Croix Dorée, la zone d'effet a donc un rayon de 58.7 mètres qui correspond au rayon maximum envisagé pour l'éolienne. Cependant, il convient de noter que, lorsque l'éolienne est à l'arrêt, les pales n'occupent qu'une faible partie de cette zone.

Intensité

Pour le phénomène de chute de glace, le degré d'exposition correspond au ratio entre la surface d'un morceau de glace et la superficie de la zone d'effet du phénomène (zone de survol).

Le degré d'exposition est calculé pour un morceau de glace d'une surface d'1 m², de façon à majorer la zone d'impact, et donc, le degré d'exposition.

Le tableau ci-dessous permet d'évaluer l'intensité du phénomène de chute de glace dans le cas du projet éolien de la Croix Dorée.

Z_I est la zone d'impact, Z_E est la zone d'effet, R est la longueur de la pale pour laquelle la gravité est maximale parmi les longueurs envisagées (R=58,7m), SG est la surface du morceau de glace majorant (SG= 1 m²).

Nota : L'intensité est nulle hors de la zone de survol.

Chute de glace (dans un rayon inférieur ou égal à D/2 = zone de survol)			
Zone d'impact en m ²	Zone d'effet du phénomène étudié en m ²	Degré d'exposition du phénomène étudié en %	Intensité
Z _I = SG	Z _E = π x R ²	d=Z _I /Z _E	Exposition modérée
Z _I = 1	Z _E = 10 751	d= 0,009 %	

Gravité

En fonction de cette intensité et des définitions issues de l'arrêté du 29 septembre 2005 (voir paragraphe 8.1.3.), il est possible de définir les différentes classes de gravité pour le phénomène de chute de glace, dans la zone de survol de l'éolienne :

- ☞ Plus de 1000 personnes exposées → « Désastreux »
- ☞ Entre 100 et 1000 personnes exposées → « Catastrophique »
- ☞ Entre 10 et 100 personnes exposées → « Important »
- ☞ Moins de 10 personnes exposées → « Sérieux »
- ☞ Présence humaine exposée inférieure à « une personne » → « Modéré »

Le tableau suivant permet de calculer le nombre équivalent de personnes présentes sur le périmètre de chute de glace :

Éolienne	1 pers / 10 ha Chemin agricole et voie de circulation non structurante		1 pers / 100 ha champs et bois		Voie ferrée (200 trains de voyageurs par jour)		Total personnes exposées
	Surface (ha)	Nb pers	Surface (ha)	Nb pers	Linéaire (km)	Nb pers	
E1	0,00	0,00	1,08	0,01	0,00	0,00	0,01
E2	0,00	0,00	1,08	0,01	0,00	0,00	0,01
E3	0,05	0,00	1,02	0,01	0,00	0,00	0,01
E5	0,00	0,00	1,08	0,01	0,00	0,00	0,01
E6	0,00	0,00	1,08	0,01	0,00	0,00	0,01

Le tableau suivant indique, pour chaque aérogénérateur, le nombre de personnes exposées dans la zone d'effet du phénomène de chute de glace et la gravité associée :

Chute de glace (dans un rayon inférieur ou égal à D/2 = zone de survol)		
Eolienne	Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)	Gravité
E1	0,01	Modérée
E2	0,01	Modérée
E3	0,01	Modérée
E5	0,01	Modérée
E6	0,01	Modérée

Probabilité

De façon conservatrice, il est considéré que la probabilité est de classe « A », c'est-à-dire une probabilité supérieure à 10⁻².

Acceptabilité

Le tableau suivant rappelle, pour chaque aérogénérateur du projet éolien de la Croix Dorée la gravité et le niveau de risque (acceptable/inacceptable) :

Chute de glace (dans un rayon inférieur ou égal à D/2 = zone de survol)		
Eolienne	Gravité	Niveau de risque
E1	Modérée	Faible (Acceptable)
E2	Modérée	
E3	Modérée	
E5	Modérée	
E6	Modérée	

Nota : Il convient également de rappeler que, conformément à l'article 14 de l'arrêté du 26 août 2011 relatif aux installations éoliennes soumises à autorisation, un panneau informant le public des risques (et notamment des risques de chute de glace) sera installé sur le chemin d'accès de chaque aérogénérateur, c'est-à-dire en amont de la zone d'effet de ce phénomène. Cette mesure permettra de réduire les risques pour les personnes potentiellement présentes sur le site lors des épisodes de grand froid.

Ainsi, pour le projet éolien de la Croix Dorée, le phénomène de chute de glace des éoliennes constitue un risque acceptable pour les personnes.



Carte 21 : Synthèse du risque chute de glace

11.2.3 Chute d'éléments de l'éolienne

Zone d'effet

La chute d'éléments comprend la chute de tous les équipements situés en hauteur : trappes, boulons, morceaux de pales ou pales entières. Le cas majorant est ici le cas de la chute de pale. Il est retenu dans l'étude détaillée des risques pour représenter toutes les chutes d'éléments.

Le risque de chute d'élément est cantonné à la zone de survol des pales, c'est-à-dire une zone d'effet correspondant à un disque de rayon égal à un demi-diamètre de rotor.

Intensité

Pour le phénomène de chute d'éléments, le degré d'exposition correspond au ratio entre la surface d'un élément (cas majorant d'une pale entière se détachant de l'éolienne) et la superficie de la zone d'effet du phénomène (zone de survol).

Le tableau ci-dessous permet d'évaluer l'intensité du phénomène de chute d'éléments de l'éolienne dans le cas du projet éolien de la Croix Dorée.

d est le degré d'exposition, Z_I la zone d'impact, Z_E la zone d'effet, R la longueur de pale maximale envisagée ($R= 58,5$ m) de forme triangulaire avec une base de largeur LB ($LB= 4$ m).

Nota. : L'intensité en dehors de la zone de survol est nulle.

Chute d'éléments de l'éolienne (dans un rayon inférieur ou égal à $D/2 =$ zone de survol)			
Zone d'impact en m^2	Zone d'effet du phénomène étudié en m^2	Degré d'exposition du phénomène étudié en %	Intensité
$Z_I = R \cdot LB / 2$ $Z_I = 117$	$Z_E = \pi \times R^2$ $Z_E = 10\,751$	$d = Z_I / Z_E$ $d = 1,08\%$	Exposition forte

Gravité

En fonction de cette intensité et des définitions issues de l'arrêté du 29 septembre 2005 (voir paragraphe 9.1.3.), il est possible de définir les différentes classes de gravité pour le phénomène de chute d'éléments de l'éolienne, dans la zone de survol de l'éolienne :

Plus de 100 personnes exposées → « Désastreux »

- ☛ Entre 10 et 100 personnes exposées → « Catastrophique »
- ☛ Entre 1 et 10 personnes exposées → « Important »
- ☛ Au plus 1 personne exposée → « Sérieux »
- ☛ Pas de zone de létalité en dehors de l'établissement → « Modéré »

Le tableau suivant permet de calculer le nombre équivalent de personnes présentes sur le périmètre de chute d'éléments d'éolienne :

Éolienne	1 pers / 10 ha Chemin agricole et voie de circulation non structurante		1 pers / 100 ha champs et bois		Voie ferrée (200 trains de voyageurs par jour)		Total personnes exposées
	Surface (ha)	Nb pers	Surface (ha)	Nb pers	Linéaire (km)	Nb pers	
E1	0,00	0,00	1,08	0,01	0,00	0,00	0,01
E2	0,00	0,00	1,08	0,01	0,00	0,00	0,01
E3	0,05	0,00	1,02	0,01	0,00	0,00	0,01
E5	0,00	0,00	1,08	0,01	0,00	0,00	0,01
E6	0,00	0,00	1,08	0,01	0,00	0,00	0,01

Le tableau suivant indique, pour chaque aérogénérateur, le nombre de personnes exposées dans la zone d'effet du phénomène de chute d'éléments d'éolienne et la gravité associée :

Chute d'éléments de l'éolienne (dans un rayon inférieur ou égal à D/2 = zone de survol)		
Eolienne	Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)	Gravité
E1	0,01	Sérieuse
E2	0,01	Sérieuse
E3	0,01	Sérieuse
E5	0,01	Sérieuse
E6	0,01	Sérieuse

Probabilité

Peu d'éléments sont disponibles dans la littérature pour évaluer la fréquence des événements de chute de pales ou d'éléments d'éoliennes.

Le retour d'expérience connu en France montre que ces événements ont une classe de probabilité « C » (2 chutes et 5 incendies pour 15 667 années d'expérience, soit 4.47×10^{-4} événement par éolienne et par an).

Ces événements correspondent également à la définition qualitative de l'arrêté du 29 Septembre 2005 d'une probabilité « C » : « Événement similaire déjà rencontré dans le secteur d'activité ou dans ce type d'organisation au niveau mondial, sans que les éventuelles corrections intervenues depuis apportent une garantie de réduction significative de sa probabilité ».

Une probabilité de classe « C » est donc retenue par défaut pour ce type d'événement.

Acceptabilité

Le tableau suivant rappelle, pour chaque aérogénérateur du projet éolien de la Croix Dorée, la gravité associée et le niveau de risque (acceptable/inacceptable) :

Chute d'éléments de l'éolienne (dans un rayon inférieur ou égal à D/2 = zone de survol)		
Eolienne	Gravité	Niveau de risque
E1	Sérieuse	Faible (Acceptable)
E2	Sérieuse	
E3	Sérieuse	
E5	Sérieuse	
E6	Sérieuse	

Ainsi, pour le projet éolien de la Croix Dorée, le phénomène de chute d'éléments d'éoliennes constitue un risque acceptable pour les personnes.



Carte 22 : Synthèse du risque chute d'éléments de l'éolienne

11.2.4 Projection de pales ou de fragments de pales

Zone d'effet

Dans l'accidentologie française rappelée en annexe, la distance maximale relevée et vérifiée par le groupe de travail précédemment mentionné pour une projection de fragment de pale est de 380 mètres par rapport au mât de l'éolienne. On constate que les autres données disponibles dans cette accidentologie montrent des distances d'effet inférieures.

L'accidentologie éolienne mondiale manque de fiabilité car la source la plus importante (en termes statistiques) est une base de données tenue par une association écossaise majoritairement opposée à l'énergie éolienne [3].

Pour autant, des études de risques déjà réalisées dans le monde ont utilisé une distance de 500 mètres, en particulier les études [5] et [6].

Sur la base de ces éléments et de façon conservatrice, une distance d'effet de 500 mètres est considérée comme distance raisonnable pour la prise en compte des projections de pales ou de fragments de pales dans le cadre des études de dangers des parcs éoliens.

Intensité

Pour le phénomène de projection de pale ou de fragment de pale, le degré d'exposition correspond au ratio entre la surface d'un élément (cas majorant d'une pale entière) et la superficie de la zone d'effet du phénomène (500 m).

Le tableau ci-après permet d'évaluer l'intensité du phénomène de projection d'éléments de l'éolienne dans le cas du projet éolien de la Croix Dorée.

r est le rayon de la zone de projection de pale ou de fragment de pale (r= 500), d est le degré d'exposition, Z_i la zone d'impact, Z_E la zone d'effet, R la longueur de pale maximale envisagée (R= 58,5 m) et LB la largeur de la base de la pale (LB= 4 m).

Projection de pale ou de fragment de pale (zone de 500 m autour de chaque éolienne)			
Zone d'impact en m²	Zone d'effet du phénomène étudié en m²	Degré d'exposition du phénomène étudié en %	Intensité
Z _i =R*LB/2 Z _i =117	Z _E = π x r² Z _E = 785 398	d = Z _i / Z _E d= 0,014%	Exposition modérée

Gravité

En fonction de cette intensité et des définitions issues du paragraphe 8.1.3., il est possible de définir les différentes classes de gravité pour le phénomène de projection, dans la zone de 500 m autour de l'éolienne :

- ☛ Plus de 1000 personnes exposées → « Désastreux »
- ☛ Entre 100 et 1000 personnes exposées → « Catastrophique »
- ☛ Entre 10 et 100 personnes exposées → « Important »
- ☛ Moins de 10 personnes exposées → « Sérieux »
- ☛ Présence humaine exposée inférieure à « une personne » → « Modéré » Probabilité

Le tableau suivant permet de calculer le nombre équivalent de personnes présentes sur le périmètre de projection de pale :

Éolienne	1 pers / 10 ha Chemin agricole et voie de circulation non structurante		1 pers / 100 ha champs et bois		Voie ferrée (200 trains de voyageurs par jour)		Total personnes exposées
	Surface (ha)	Nb pers	Surface (ha)	Nb pers	Linéaire (km)	Nb pers	
E1	1,40	0,77	77,14	0,77	0,00	0,00	1,54
E2	1,05	0,10	77,49	0,77	0,00	0,00	0,88
E3	0,82	0,08	77,72	0,78	0,00	0,00	0,86
E5	0,95	0,09	77,35	0,77	0,25	19,60	20,47
E6	0,72	0,07	77,82	0,78	0,00	0,00	0,85

Le tableau suivant indique, pour chaque aérogénérateur, le nombre de personnes exposées dans la zone d'effet du phénomène de projection de pale et la gravité associée :

Projection de pale ou de fragment de pale (zone de 500 m autour de chaque éolienne)		
Eolienne	Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)	Gravité
E1	1,54	Sérieuse
E2	0,88	Modérée
E3	0,86	Modérée
E5	20,47	Important
E6	0,85	Modérée

Les valeurs retenues dans la littérature pour une rupture de tout ou partie de pale sont détaillées dans le tableau suivant :

Source	Fréquence	Justification
Site specific hazard assessment for a wind farm project [4]	1×10^{-6}	Respect de l'Eurocode EN 1990 – Basis of structural design
Guide for risk based zoning of wind turbines [5]	$1, 1 \times 10^{-3}$	Retour d'expérience au Danemark (1984-1992) et en Allemagne (1989-2001)
Specification of minimum distances [6]	$6,1 \times 10^{-4}$	Recherche Internet des accidents entre 1996 et 2003

Ces valeurs correspondent à des classes de probabilité de « B », « C » ou « E ».

Le retour d'expérience français montre également une classe de probabilité « C » (12 événements pour 15 667 années d'expérience, soit $7,66 \times 10^{-4}$ événement par éolienne et par an).

Ces événements correspondent également à la définition qualitative de l'arrêté du 29 Septembre 2005 d'une probabilité « C » : « Événement similaire déjà rencontré dans le secteur d'activité ou dans ce type d'organisation au niveau mondial, sans que les éventuelles corrections intervenues depuis apportent une garantie de réduction significative de sa probabilité ».

Une probabilité de classe « C » est donc retenue par défaut pour ce type d'événement.

Néanmoins, les dispositions constructives des éoliennes ayant fortement évolué, le niveau de fiabilité est aujourd'hui bien meilleur. Des mesures de maîtrise des risques supplémentaires ont été mises en place notamment :

- les dispositions de la norme IEC 61 400-1 ;
- les dispositions des normes IEC 61 400-24 et EN 62 305-3 relatives à la foudre ;
- système de détection des survitesses et un système redondant de freinage ;
- système de détection des vents forts et un système redondant de freinage et de mise en sécurité des installations – un système adapté est installé en cas de risque cyclonique ;
- utilisation de matériaux résistants pour la fabrication des pales (fibre de verre ou de carbone, résines, etc.).

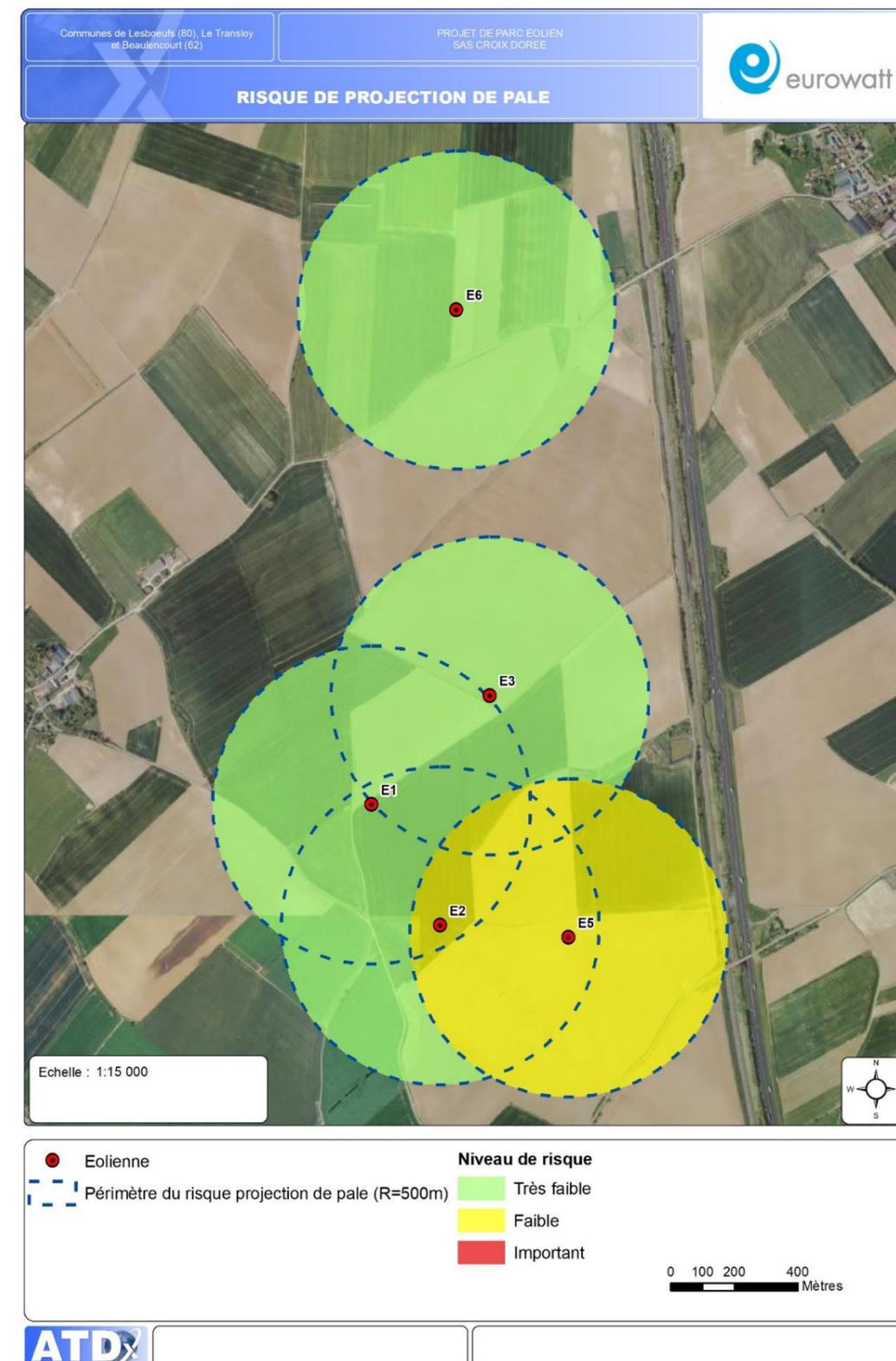
De manière générale, le respect des prescriptions de l'arrêté du 26 août 2011 relatif aux installations éoliennes soumises à autorisation permet de s'assurer que les éoliennes font l'objet de mesures réduisant significativement la probabilité de projection. Il est donc considéré que la classe de probabilité de l'accident est « D » : « S'est produit mais a fait l'objet de mesures correctrices réduisant significativement la probabilité ».

Acceptabilité

Le tableau suivant rappelle, pour chaque aérogénérateur du projet éolien de la Croix Dorée, la gravité associée et le niveau de risque (acceptable/inacceptable) :

Projection de pale ou de fragment de pale (zone de 500 m autour de chaque éolienne)		
Eolienne	Gravité	Niveau de risque
E1	Sérieuse	Très faible (Acceptable)
E2	Modérée	
E3	Modérée	
E5	Important	Faible (Acceptable)
E6	Modérée	Très faible (Acceptable)

Ainsi, pour le projet éolien de la Croix Dorée, le phénomène de projection de tout ou partie de pale des éoliennes constitue un risque acceptable pour les personnes.



Carte 23 : Synthèse du risque projection de pale

11.2.5 Projection de glace

Zone d'effet

L'accidentologie rapporte quelques cas de projection de glace. Ce phénomène est connu et possible, mais reste difficilement observable et n'a jamais occasionné de dommage sur les personnes ou les biens.

En ce qui concerne la distance maximale atteinte par ce type de projectiles, il n'existe pas d'information dans l'accidentologie. La référence [15] propose une distance d'effet fonction de la hauteur et du diamètre de l'éolienne, dans les cas où le nombre de jours de glace est important et où l'éolienne n'est pas équipée de système d'arrêt des éoliennes en cas de givre ou de glace :

Distance d'effet = 1,5 x (hauteur de moyeu + diamètre de rotor)

Cette distance de projection est jugée conservatrice dans des études postérieures [17]. A défaut de données fiables, il est proposé de considérer cette formule pour le calcul de la distance d'effet pour les projections de glace.

Intensité

Pour le phénomène de projection de glace, le degré d'exposition correspond au ratio entre la surface d'un morceau de glace (cas majorant de 1 m²) et la superficie de la zone d'effet du phénomène.

Le tableau ci-après permet d'évaluer l'intensité du phénomène de projection de glace dans le cas du projet éolien de la Croix Dorée.

d est le degré d'exposition, ZI la zone d'impact, ZE la zone d'effet, R la longueur de pale maximale envisagée (R= 58.5), H la hauteur maximale envisagée pour le moyeu (H= 120), et SG la surface majorante d'un morceau de glace.

Projection de morceaux de glace (dans un rayon de RPG = 1,5 x (H+2R) autour de l'éolienne)			
Zone d'impact en m ²	Zone d'effet du phénomène étudié en m ²	Degré d'exposition du phénomène étudié en %	Intensité
Z _I = SG	ZE = π x [1,5*(H+2*R)] ²	d = Z _I / Z _E	Exposition modérée
Z _I =1	Z _E = 397 035	d= 0,0002%	

Gravité

En fonction de cette intensité et des définitions issues du paragraphe 8.1.3., il est possible de définir les différentes classes de gravité pour le phénomène de projection de glace, dans la zone d'effet de ce phénomène :

- ☞ Plus de 1000 personnes exposées → « Désastreux »
- ☞ Entre 100 et 1000 personnes exposées → « Catastrophique »
- ☞ Entre 10 et 100 personnes exposées → « Important »
- ☞ Moins de 10 personnes exposées → « Sérieux »
- ☞ Présence humaine exposée inférieure à « une personne » → « Modéré » Probabilité

Au regard de la difficulté d'établir un retour d'expérience précis sur cet événement et considérant des éléments suivants :

- les mesures de prévention de projection de glace imposées par l'arrêté du 26 août 2011 ;
- le recensement d'aucun accident lié à une projection de glace ;

Une probabilité forfaitaire « B – événement probable » est proposé pour cet événement.

Le tableau suivant permet de calculer le nombre équivalent de personnes présentes sur le périmètre de projection de glace :

Éolienne	1 pers / 10 ha Chemin agricole et voie de circulation non structurante		1 pers / 100 ha champs et bois		Voie ferrée (200 trains de voyageurs par jour)		Total personnes exposées
	Surface (ha)	Nb pers	Surface (ha)	Nb pers	Linéaire (km)	Nb pers	
E1	0,73	0,07	38,98	0,39	0,00	0,00	0,46
E2	0,68	0,07	39,02	0,39	0,00	0,00	0,46
E3	0,32	0,03	39,38	0,39	0,00	0,00	0,43
E5	0,33	0,03	39,37	0,39	0,00	0,00	0,43
E6	0,27	0,03	39,43	0,39	0,00	0,00	0,42

Le tableau suivant indique, pour chaque aérogénérateur, le nombre de personnes exposées dans la zone d'effet du phénomène de projection de glace et la gravité associée :

Projection de morceaux de glace (dans un rayon de RPG = 1,5 x (H+2R) autour de l'éolienne)		
Eolienne	Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)	Gravité
E1	0,46	Modérée
E2	0,46	Modérée
E3	0,43	Modérée
E5	0,43	Modérée
E6	0,42	Modérée

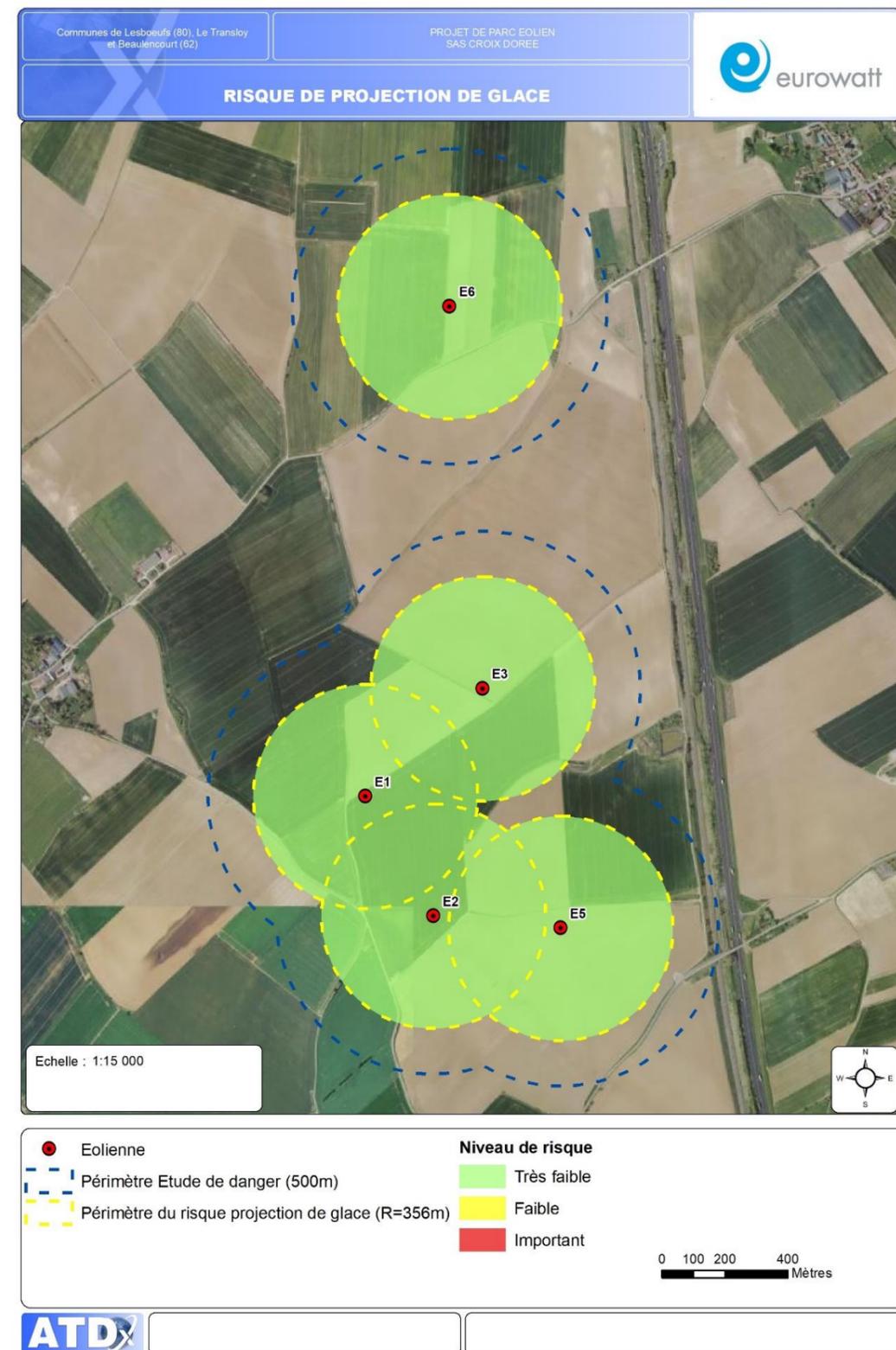
Acceptabilité

Le risque de projection pour chaque aérogénérateur est évalué comme acceptable dans le cas d'un niveau de gravité « sérieux ». Cela correspond pour cet événement à un nombre équivalent de personnes permanentes inférieures à 10 dans la zone d'effet.

Le tableau suivant rappelle, pour chaque aérogénérateur du projet éolien de la Croix Dorée la gravité et le niveau de risque (acceptable/inacceptable) :

Projection de morceaux de glace (dans un rayon de RPG = 1,5 x (H+2R) autour de l'éolienne)		
Eolienne	Gravité	Niveau de risque
E1	Sérieuse	Très faible
E2	Modérée	
E3	Modérée	(Acceptable)
E5	Sérieuse	
E6	Modérée	

Ainsi, pour le projet éolien de la Croix Dorée, le phénomène de projection de glace constitue un risque acceptable pour les personnes.



Carte 24 : Synthèse du risque projection de glace

11.3 SYNTHÈSE DE L'ÉTUDE DÉTAILLÉE DES RISQUES

11.3.1 Tableaux de synthèse des scénarii étudiés

Les tableaux présentés aux pages suivantes récapitulent, pour chaque événement redouté retenu, les paramètres de risques :

- la cinétique ;
- l'intensité ;
- la gravité ;
- la probabilité.

Scénario	Zone d'effet	Cinétique	Intensité	Probabilité	Gravité
Effondrement de l'éolienne (1)	Disque dont le rayon correspond à une hauteur totale de la machine en bout de pale = 178.5 m	Rapide	exposition modérée	D (pour des éoliennes récentes) ⁶	Sérieuse pour toutes les éoliennes
Chute de glace (2)	Zone de survol = 58.5 m	Rapide	exposition modérée	A	Modérée pour toutes les éoliennes
Chute d'élément de l'éolienne (3)	Zone de survol = 58.5 m	Rapide	exposition forte	C	Sérieuse pour toutes les éoliennes
Projection de pale (4)	=500 m	Rapide	exposition modérée	D (pour des éoliennes récentes) ⁷	Sérieuse pour 1 éolienne, Modérée pour 3 éoliennes et Importante pour 1 éolienne
Projection de glace (5)	1,5 x (H + 2R) autour de l'éolienne = 355.5 m	Rapide	exposition modérée	B	Modérée pour toutes les éoliennes

⁶ Voir paragraphe 8.2.1

⁷ Voir paragraphe 8.2.4

11.3.2 Synthèse de l'acceptation des risques

Enfin, la dernière étape de l'étude détaillée des risques consiste à rappeler l'acceptabilité des accidents potentiels pour chacun des phénomènes dangereux étudiés.

Pour conclure à l'acceptabilité, la matrice de criticité ci-dessous, adaptée de la circulaire du 29 septembre 2005 reprise dans la circulaire du 10 mai 2010 mentionnée précédemment sera utilisée.

Conséquences	Classe de Probabilité				
	D Effondrement de l'éolienne (178.5 m)	D Projection de pale ou de fragment de pale (500 m)	C Chute d'éléments (58.5 m)	B Projection de glace (355.5 m)	A Chute de glace (58.5 m)
Désastreux					
Catastrophique					
Important		E5			
Sérieux	Toutes les éoliennes	E1	Toutes les éoliennes		
Modéré		E2, E3, E6		Toutes les éoliennes	Toutes les éoliennes

Légende de la matrice

Niveau de risque	Couleur	Acceptabilité
Risque très faible		Acceptable
Risque faible		Acceptable
Risque important		Non acceptable

Il apparaît au regard de la matrice ainsi complétée que :

- ☞ aucun accident n'apparaît dans les cases rouges de la matrice
- ☞ certains accidents figurent en case jaune. Pour ces accidents, il convient de souligner que les fonctions de sécurité détaillées dans la partie 7.6 sont mises en place.

11.3.3 Cartographie des risques

Les cartes présentées aux pages suivantes font apparaître, pour les scénarii détaillés dans le tableau de synthèse :

- L'intensité des différents phénomènes dangereux dans la zone d'effet de chaque phénomène,
- Le nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes) exposées, par zone d'effet.

La méthode de comptage des enjeux humains dans chaque secteur est présentée en **Annexe 1**. Elle se base sur la fiche n°1 de la circulaire du 10 mai 2010 relative aux règles méthodologiques applicables aux études de dangers.

12 CONCLUSION

Aux vues du recensement de l'ensemble des accidents et incidents connus en France concernant la filière éolienne entre 2000 et janvier 2019, il apparaît que le risque est limité et qu'aucune victime n'a été à déplorer jusqu'à présent.

Les éoliennes sont aujourd'hui des structures de plus en plus sûres et fiables. Les constructeurs ont su profiter du retour d'expérience pour améliorer leurs technologies et ainsi limiter les risques d'incident et d'accident.

- Sur les installations récentes, c'est-à-dire mises en service après le 1^{er} janvier 2000, on dénombre :
 - 5 incendies, dont 2 liés à des actes de vandalisme
 - 1 chute de pale
 - 3 ruptures ou chutes de fragment de pale
 - 1 effondrement

Ces phénomènes ont été étudiés dans la présente étude de dangers.

- Les principaux accidents pris en compte dans l'étude sont résumés dans le tableau ci-dessous.

Scénario	Gravité	Probabilité	Niveau de risque	Acceptabilité
Effondrement de l'éolienne (1)	Sérieuse	D (pour des éoliennes récentes) ^[1]	Très faible	Acceptable
Chute de glace (2)	Modérée	A	Faible	Acceptable
Chute d'élément de l'éolienne (3)	Sérieuse	C	Faible	Acceptable

^[1] Voir paragraphe 8.2.1

Scénario	Gravité	Probabilité	Niveau de risque	Acceptabilité
Projection de pale (4)	Sérieuse pour 1 éolienne, Modérée pour 3 éoliennes et Important pour 1 éolienne	D (pour des éoliennes récentes) ^[2]	Très faible pour 4 éoliennes et Faible pour 1 éolienne	Acceptable
Projection de glace (5)	Modérée	B	Très faible	Acceptable

L'implantation des éoliennes telle que proposée par la SAS PARC ÉOLIEN DE LA CROIX DORÉE, ne pose pas, du point de vue probabiliste, de risque majeur particulier pour les usagers.

La prise de risque sera d'autant plus modérée que la SAS PARC ÉOLIEN DE LA CROIX DORÉE s'engage à installer exclusivement des éoliennes certifiées sur le plan européen (Norme CEI 61-400).

Pour l'ensemble des phénomènes étudiés sur le projet éolien Croix Dorée, le risque est considéré comme acceptable.

^[2] Voir paragraphe 8.2.4

13 ANNEXES

13.1 ANNEXE 1 – METHODE DE COMPTAGE DES PERSONNES POUR LA DETERMINATION DE LA GRAVITE POTENTIELLE D'UN ACCIDENT A PROXIMITE D'UNE EOLIENNE

La détermination du nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes) présentes dans chacune des zones d'effet se base sur la fiche n°1 de la circulaire du 10 mai 2010 relative aux règles méthodologiques applicables aux études de dangers. Cette fiche permet de compter aussi simplement que possible, selon des règles forfaitaires, le nombre de personnes exposées dans chacune des zones d'effet des phénomènes dangereux identifiés.

Dans le cadre de l'étude de dangers des parcs éoliens, cette méthode permet tout d'abord, au stade de la description de l'environnement de l'installation (partie 3), de comptabiliser les enjeux humains présents dans les ensembles homogènes (terrains non bâtis, voies de circulation, zones habitées, ERP, zones industrielles, commerces...) situés dans l'aire d'étude de l'éolienne considérée.

D'autre part, cette méthode permet ensuite de déterminer la gravité associée à chaque phénomène dangereux retenu dans l'étude détaillée des risques (partie 8).

Terrains non bâtis

- Terrains non aménagés et très peu fréquentés (champs, prairies, forêts, friches, marais...) : compter 1 personne par tranche de 100 ha.
- Terrains aménagés mais peu fréquentés (voies de circulation non structurantes, chemins agricoles, plateformes de stockage, vignes, jardins et zones horticoles, gares de triage...) : compter 1 personne par tranche de 10 hectares.
- Terrains aménagés et potentiellement fréquentés ou très fréquentés (parkings, parcs et jardins publics, zones de baignades surveillées, terrains de sport (sans gradin néanmoins...) : compter la capacité du terrain et a minima 10 personnes à l'hectare.

Voies de circulation

Les voies de circulation n'ont à être prises en considération que si elles sont empruntées par un nombre significatif de personnes. En effet, les voies de circulation non structurantes (< 2000 véhicule/jour) sont déjà comptées dans la catégorie des terrains aménagés mais peu fréquentés.

Voies de circulation automobiles

Dans le cas général, on comptera 0,4 personne permanente par kilomètre exposé par tranche de 100 véhicules/jour.

Exemple : 20 000 véhicules/jour sur une zone de 500 m = 0,4 x 0,5 x 20 000/100 = 40 personnes.

	Linéaire de route compris dans la zone d'effet (en m)									
	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000
2 000	0,8	1,6	2,4	3,2	4	4,8	5,6	6,4	7,2	8
3 000	1,2	2,4	3,6	4,8	6	7,2	8,4	9,6	10,8	12
4 000	1,6	3,2	4,8	6,4	8	9,6	11,2	12,8	14,4	16
5 000	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
7 500	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30
10 000	4	8	12	16	20	24	28	32	36	40
20 000	8	16	24	32	40	48	56	64	72	80
30 000	12	24	36	48	60	72	84	96	108	120
40 000	16	32	48	64	80	96	112	128	144	160
50 000	20	40	60	80	100	120	140	160	180	200
60 000	24	48	72	96	120	144	168	192	216	240
70 000	28	56	84	112	140	168	196	224	252	280
80 000	32	64	96	128	160	192	224	256	288	320
90 000	36	72	108	144	180	216	252	288	324	360
100 000	40	80	120	160	200	240	280	320	360	400

Voies ferroviaires

Train de voyageurs : compter 1 train équivalent à 100 véhicules (soit 0,4 personne exposée en permanence par kilomètre et par train), en comptant le nombre réel de trains circulant quotidiennement sur la voie.

Voies navigables

Compter 0,1 personne permanente par kilomètre exposé et par péniche/jour.

Chemins et voies piétonnes

Les chemins et voies piétonnes ne sont pas à prendre en compte, sauf pour les chemins de randonnée, car les personnes les fréquentant sont généralement déjà comptées comme habitants ou salariés exposés.

Pour les chemins de promenade, de randonnée : compter 2 personnes pour 1 km par tranche de 100 promeneurs/jour en moyenne.

Logements

Pour les logements : compter la moyenne INSEE par logement (par défaut : 2,5 personnes), sauf si les données locales indiquent un autre chiffre.

Etablissements recevant du public (ERP)

Compter les ERP (bâtiments d'enseignement, de service public, de soins, de loisir, religieux, grands centres commerciaux etc.) en fonction de leur capacité d'accueil (au sens des catégories du code de la construction et de l'habitation), le cas échéant sans compter leurs routes d'accès (cf. paragraphe sur les voies de circulation automobile).

Les commerces et ERP de catégorie 5 dont la capacité n'est pas définie peuvent être traités de la façon suivante :

– compter 10 personnes par magasin de détail de proximité (boulangerie et autre alimentation, presse et coiffeur) ;

– compter 15 personnes pour les tabacs, cafés, restaurants, supérettes et bureaux de poste.

Les chiffres précédents peuvent être remplacés par des chiffres issus du retour d'expérience local pour peu qu'ils restent représentatifs du maximum de personnes présentes et que la source du chiffre soit soigneusement justifiée.

Une distance d'éloignement de 500 m aux habitations est imposée par la loi. La présence d'habitations ou d'ERP ne se rencontrera peu en pratique.

Zones d'activité

Zones d'activités (industries et autres activités ne recevant pas habituellement de public) : prendre le nombre de salariés (ou le nombre maximal de personnes présentes simultanément dans le cas de travail en équipes), le cas échéant sans compter leurs routes d'accès.

13.2 ANNEXE 2 – TABLEAU DE L'ACCIDENTOLOGIE FRANÇAISE

Le tableau ci-dessous a été établi par le groupe de travail constitué pour la réalisation du guide d'élaboration des études de dangers des parcs éoliens en 2011, puis actualisé par le pétitionnaire. Il recense l'ensemble des accidents et incidents connus en France concernant la filière éolienne entre 2000 et janvier 2019. L'analyse de ces données est présentée dans la partie 6 de l'étude de dangers.

Type d'accident	Date	Nom du parc	Département	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information	Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude de dangers
Effondrement	Novembre 2000	Port la Nouvelle	Aude	0,5	1993	Non	Le mât d'une éolienne s'est plié lors d'une tempête suite à la perte d'une pale (coupure courant prolongée pendant 4 jours suite à la tempête)	Tempête avec foudre répétée	Rapport du CGM Site Vent de Colère	-
Rupture de pale	2001	Sallèles-Limousis	Aude	0,75	1998	Non	Bris de pales en bois (avec inserts)	?	Site Vent de Colère	Information peu précise
Effondrement	01/02/2002	Wormhout	Nord	0,4	1997	Non	Bris d'hélice et mât plié	Tempête	Rapport du CGM Site Vent du Bocage	-
Maintenance	01/07/2002	Port la Nouvelle - Sigean	Aude	0,66	2000	Oui	Grave électrisation avec brûlures d'un technicien	Lors de mesures pour cartériser la partie haute d'un transformateur 690V/20kV en tension. Le mètre utilisé par la victime, déroulé sur 1,46m, s'est soudainement plié et est entré dans la zone du transformateur, créant un arc électrique.	Rapport du CGM	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident sur le personnel de maintenance)
Effondrement	28/12/2002	Névian - Grande Garrigue	Aude	0,85	2002	Oui	Effondrement d'une éolienne suite au dysfonctionnement du système de freinage	Tempête + dysfonctionnement du système de freinage	Rapport du CGM Site Vent de Colère Article de presse (Midi Libre)	-
Rupture de pale	25/02/2002	Sallèles-Limousis	Aude	0,75	1998	Non	Bris de pale en bois (avec inserts) sur une éolienne bipale	Tempête	Article de presse (La Dépêche du 26/03/2003)	Information peu précise
Rupture de pale	05/11/2003	Sallèles-Limousis	Aude	0,75	1998	Non	Bris de pales en bois (avec inserts) sur trois éoliennes. Morceaux de pales disséminés sur 100 m.	Dysfonctionnement du système de freinage	Rapport du CGM Article de presse (Midi Libre du 15/11/2003)	-

Type d'accident	Date	Nom du parc	Département	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information	Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude de dangers
Effondrement	01/01/2004	Le Portel – Boulogne sur Mer	Pas de Calais	0,75	2002	Non	Cassure d'une pale, chute du mât et destruction totale. Une pale tombe sur la plage et les deux autres dérivent sur 8 km.	Tempête	Base de données ARIA Rapport du CGM Site Vent de Colère Articles de presse (Windpower Monthly May 2004, La Voix du Nord du 02/01/2004)	-
Effondrement	20/03/2004	Loon Plage – Port de Dunkerque	Nord	0,3	1996	Non	Couchage du mât d'une des 9 éoliennes suite à l'arrachement de la fondation	Rupture de 3 des 4 micropieux de la fondation, erreur de calcul (facteur de 10)	Base de données ARIA Rapport du CGM Site Vent de Colère Articles de presse (La Voix du Nord du 20/03/2004 et du 21/03/2004)	-
Rupture de pale	22/06/2004	Pleyber-Christ - Site du Télégraphe	Finistère	0,3	2001	Non	Survitesse puis éjection de bouts de pales de 1,5 et 2,5 m à 50 m, mât intact	Tempête + problème d'allongement des pales et retrait de sécurité (débridage)	Rapport du CGM Articles de presse (Le Télégramme, Ouest France du 09/07/2004)	-
Rupture de pale	08/07/2004	Pleyber-Christ - Site du Télégraphe	Finistère	0,3	2001	Non	Survitesse puis éjection de bouts de pales de 1,5 et 2,5m à 50m, mât intact	Tempête + problème d'allongement des pales et retrait de sécurité (débridage)	Rapport du CGM Articles de presse (Le Télégramme, Ouest France du 09/07/2004)	Incident identique à celui s'étant produit 15 jours auparavant
Rupture de pale	2004	Escales-Conilhac	Aude	0,75	2003	Non	Bris de trois pales		Site Vent de Colère	Information peu précise
Rupture de pale + incendie	22/12/2004	Montjoyer-Rochefort	Drôme	0,75	2004	Non	Bris des trois pales et début d'incendie sur une éolienne (survitesse de plus de 60 tr/min)	Survitesse due à une maintenance en cours, problème de régulation, et dysfonctionnement du système de freinage	Base de données ARIA Article de presse (La Tribune du 30/12/2004) Site Vent de Colère	-
Rupture de pale	2005	Wormhout	Nord	0,4	1997	Non	Bris de pale		Site Vent de Colère	Information peu précise

Type d'accident	Date	Nom du parc	Département	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information	Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude de dangers
Rupture de pale	08/10/2006	Pleyber-Christ - Site du Télégraphe	Finistère	0,3	2004	Non	Chute d'une pale de 20 m pesant 3 tonnes	Allongement des pales et retrait de sécurité (débridage), pas de REX suite aux précédents accidents sur le même parc	Site FED Articles de presse (Ouest France) Journal FR3	-
Incendie	18/11/2006	Roquetaillade	Aude	0,66	2001	Oui	Acte de malveillance : explosion de bonbonne de gaz au pied de 2 éoliennes. L'une d'entre elles a mis le feu en pieds de mât qui s'est propagé jusqu'à la nacelle.	Malveillance / incendie criminel	Communiqués de presse exploitant Articles de presse (La Dépêche, Midi Libre)	-
Effondrement	03/12/2006	Bondues	Nord	0,08	1993	Non	Sectionnement du mât puis effondrement d'une éolienne dans une zone industrielle	Tempête (vents mesurés à 137Kmh)	Article de presse (La Voix du Nord)	-
Rupture de pale	31/12/2006	Ally	Haute-Loire	1,5	2005	Oui	Chute de pale lors d'un chantier de maintenance visant à remplacer les rotors	Accident faisant suite à une opération de maintenance	Site Vent de Colère	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident pendant la phase chantier)
Rupture de pale	03/2007	Clitourps	Manche	0,66	2005	Oui	Rupture d'un morceau de pale de 4 m et éjection à environ 80 m de distance dans un champ	Cause pas éclaircie	Site FED Interne exploitant	-
Chute d'élément	11/10/2007	Plouvien	Finistère	1,3	2007	Non	Chute d'un élément de la nacelle (trappe de visite de 50 cm de diamètre)	Défaut au niveau des charnières de la trappe de visite. Correctif appliqué et retrofit des boulons de charnières effectué sur toutes les machines en exploitation.	Article de presse (Le Télégramme)	-
Emballement	03/2008	Dinéault	Finistère	0,3	2002	Non	Emballement de l'éolienne mais pas de bris de pale	Tempête + système de freinage hors service (boulon manquant)	Base de données ARIA	Non utilisable directement dans l'étude de dangers (événement unique et sans répercussion potentielle sur les personnes)

Type d'accident	Date	Nom du parc	Département	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information	Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude de dangers
Collision avion	04/2008	Plouguin	Finistère	2	2004	Non	Léger choc entre l'aile d'un bimoteur Beechcraftch (liaison Ouessant-Brest) et une pale d'éolienne à l'arrêt. Perte d'une pièce de protection au bout d'aile. Mise à l'arrêt de la machine pour inspection.	Mauvaise météo, conditions de vol difficiles (sous le plafond des 1000m imposé par le survol de la zone) et faute de pilotage (altitude trop basse)	Articles de presse (Le Télégramme, Le Post)	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident aéronautique)
Rupture de pale	19/07/2008	Erize-la-Brûlée - Voie Sacrée	Meuse	2	2007	Oui	Chute de pale et projection de morceaux de pale suite à un coup de foudre	Foudre + défaut de pale	Communiqué de presse exploitant Article de presse (l'Est Républicain 22/07/2008)	-
Incendie	28/08/2008	Vauvillers	Somme	2	2006	Oui	Incendie de la nacelle	Problème au niveau d'éléments électroniques	Dépêche AFP 28/08/2008	-
Rupture de pale	26/12/2008	Raival - Voie Sacrée	Meuse	2	2007	Oui	Chute de pale		Communiqué de presse exploitant Article de presse (l'Est Républicain)	-
Maintenance	26/01/2009	Clastres	Aisne	2,75	2004	Oui	Accident électrique ayant entraîné la brûlure de deux agents de maintenance	Accident électrique (explosion d'un convertisseur)	Base de données ARIA	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident sur le personnel de maintenance)
Rupture de pale	08/06/2009	Bollène	Vaucluse	2,3	2009	Oui	Bout de pale d'une éolienne ouvert	Coup de foudre sur la pale	Interne exploitant	Non utilisable dans les chutes ou les projections (la pale est restée accrochée)
Incendie	21/10/2009	Froidfond - Espinassière	Vendée	2	2006	Oui	Incendie de la nacelle	Court-circuit dans transformateur sec embarqué en nacelle ?	Article de presse (Ouest-France) Communiqué de presse exploitant Site FED	-
Incendie	30/10/2009	Freyssenet	Ardèche	2	2005	Oui	Incendie de la nacelle	Court-circuit faisant suite à une opération de maintenance (problème sur une armoire électrique)	Base de données ARIA Site FED Article de presse (Le Dauphiné)	-

Type d'accident	Date	Nom du parc	Département	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information	Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude de dangers
Maintenance	20/04/2010	Toufflers	Nord	0,15	1993	Non	Décès d'un technicien au cours d'une opération de maintenance	Crise cardiaque	Article de presse (La Voix du Nord 20/04/2010)	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident sur le personnel de maintenance)
Effondrement	30/05/2010	Port la Nouvelle	Aude	0,2	1991	Non	Effondrement d'une éolienne	Le rotor avait été endommagé par l'effet d'une survitesse. La dernière pale (entière) a pris le vent créant un balourd. Le sommet de la tour a plié et est venu buter contre la base entraînant la chute de l'ensemble.	Interne exploitant	-
Incendie	19/09/2010	Montjoyer-Rochefort	Drôme	0,75	2004	Non	Emballement de deux éoliennes et incendie des nacelles.	Maintenance en cours, problème de régulation, freinage impossible, évacuation du personnel, survitesse de +/- 60 tr/min	Articles de presse Communiqué de presse SER-FEE	-
Maintenance	15/12/2010	Pouillé-les-Côteaux	Loire Atlantique	2,3	2010	Oui	Chute de 3 m d'un technicien de maintenance à l'intérieur de l'éolienne. L'homme de 22 ans a été secouru par le GRIMP de Nantes. Aucune fracture ni blessure grave.		Interne SER-FEE	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident sur le personnel de maintenance)
Transport	31/05/2011	Mesvres	Saône-et-Loire	-	-	-	Collision entre un train régional et un convoi exceptionnel transportant une pale d'éolienne, au niveau d'un passage à niveau Aucun blessé		Article de presse (Le Bien Public 01/06/2011)	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident de transport hors site éolien)
Rupture de pale	14/12/2011	Non communiqué	Non communiqué	2,5	2003	Oui	Pale endommagée par la foudre. Fragments retrouvés par l'exploitant agricole à une distance n'excédant pas 300 m.	Foudre	Interne exploitant	Information peu précise sur la distance d'effet

Type d'accident	Date	Nom du parc	Département	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information	Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude de dangers
Incendie	03/01/2012	Non communiqué	Non communiqué	2,3	2006	Oui	Départ de feu en pied de tour. Acte de vandalisme : la porte de l'éolienne a été découpée pour y introduire des pneus et de l'huile que l'on a essayé d'incendier. Le feu ne s'est pas propagé, dégâts très limités et restreints au pied de la tour.	Malveillance / incendie criminel	Interne exploitant	Non utilisable directement dans l'étude de dangers (pas de propagation de l'incendie)
Rupture de pale	05/01/2012	Widehem	Pas-de-Calais	0,75	2000	Non	Bris de pales, dont des fragments ont été projetés jusqu'à 380 m. Aucun blessé et aucun dégât matériel (en dehors de l'éolienne).	Tempête + panne d'électricité	Article de presse (La Voix du Nord 06/01/2012) Vidéo DailyMotion Interne exploitant	-
Maintenance	06/02/2012	Lehaucourt	Aisne	2,5	2007	Non	Un arc électrique (690 V) blesse deux sous-traitants, l'un gravement (brûlures aux mains et au visage) et l'autre légèrement (brûlures aux mains).	Arc électrique		Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident sur le personnel de maintenance)
Rupture de pale	11/04/2012	Sigean	Aude	0,66	2000	Non	Les techniciens constatent la présence d'un impact sur le mât et la projection à 20 m d'un débris de pale long de 15 m	Foudre		
Chute de pale	18/05/2012	Chemin d'Ablis	Eure et Loir	2	2008	Non	L'équipe de maintenance d'astreinte constate à 8 h la chute d'une pale (9 t, 46 m) au pied de l'installation et la rupture du roulement qui raccordait la pale au hub.	Corrosion et fort vent.	Actu-environnement	-
Effondrement	30/05/2012	Port-la-Nouvelle	Aude	0,2	1991	non	Des rafales de vent à 130 km/h observées durant la nuit ont provoqué l'effondrement de la tour en treillis de 30 m de haut.	Vents forts		
Chute d'élément	01/11/2012	Vieillespesse	Cantal	2,5	2011	non	Un élément de 400 g constitutif d'une pale d'éolienne est projeté à 70 m du mât, à l'intérieur de la parcelle clôturée du parc			

Type d'accident	Date	Nom du parc	Département	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information	Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude de dangers
Incendie	05/11/2012	Sigean	Aude	0,66	2000	Non	Un feu se déclare sur une éolienne de 660 kW au sein d'un parc éolien. Des projections incandescentes enflamment 80 m ² de garrigue environnante. A la suite de la chute d'une pale, un gardiennage 24 h / 24 est mis en place.	Court-circuit dans l'armoire électrique en pied d'éolienne		
Rupture de pale	06/03/2013	Conilhac-de-la-Montagne	Aude	0,66	2001	Non	A la suite d'un défaut de vibration détecté, une éolienne se met automatiquement à l'arrêt. Sur place le lendemain, des techniciens du constructeur trouvent au sol l'une des 3 pales qui s'est décrochée avant de percuter le mât.	Echauffement du frein et vitesse de rotation excessive		
Incendie	17/03/2013	Euvy	Marne	2,5	2011	Non	Un feu dans la nacelle d'une éolienne Le sinistre émet une importante fumée. Une des pales tombe au sol, une autre menace de tomber. 450 l d'huile de boîte de vitesse s'écoulent, conduisant l'exploitant à faire réaliser une étude de pollution des sols	Défaillance électrique		
Rupture de pale	20/06/2013	Labastide-sur-Besorgues	Ardèche	0,9	2008	Non	Un impact de foudre endommage une éolienne : une pale est déchirée sur 6 m de longueur, le boîtier basse tension et le parafoudre en tête d'installation au poste de livraison sont détruits.	Foudre		
Maintenance	01/07/2013	Cambon-et-Salvergues	Hérault	1,3	2006	Non	Au cours d'une opération de maintenance dans le hub d'une éolienne (nez qui sert de local technique), un opérateur est blessé par la projection d'une partie amovible de l'équipement sur lequel il intervient.	Dépressurisation d'un accumulateur d'azote sous pression		Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident sur le personnel de maintenance)

Type d'accident	Date	Nom du parc	Département	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information	Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude de dangers
Maintenance	03/08/2013	Moreac	Morbihan	-	-	-	Perte de 270 L d'huile hydraulique d'une nacelle élévatrice utilisée pour une intervention de maintenance. 25 t de terres polluées sont excavées et envoyées en filière spécialisée.	Défaillance technique	Base ARIA	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident sur le personnel de maintenance)
Incendie	09/01/2014	Antheny	Ardennes	2,5	2013	Non	Départ de feu en nacelle à 18h. Suite à l'isolement électrique du parc éolien le feu s'éteint de lui-même à 20h. Le rotor est resté intact mais la nacelle a été détruite, balisage aéronautique inclus. L'aviation civile en a donc été informée. L'éolienne fut par la suite démantelée.	Incident électrique	Base ARIA et presse	-
Rupture de pale	14/11/2014	Saint-Cirgues-en-Montagne	Ardèche	2,05	2011	Non	La pale d'une éolienne chute lors d'un orage. Des rafales de vent atteignent les 130 km/h. L'élément principal chute au pied de l'éolienne. Certains débris sont projetés à 150 m.	Tempête		
Rupture de pale	05/12/2014	Fitou	Aude	1,3	2002	Non	A leur arrivée dans un parc éolien, des techniciens de maintenance constatent que l'extrémité d'une pale d'une éolienne est au sol. Il s'agit d'une des 2 parties de l'aérofrein de la pale	Défaillance matérielle ou décollage sur les plaques de fibre de verre		
Incendie	29/01/2015	Remigny	Aisne	2,3	2015	Oui	Un feu se déclare dans une éolienne. Celle-ci est automatiquement mise à l'arrêt sur alarme du détecteur de fumée.	Défaut d'isolation au niveau des connexions des conducteurs de puissance		
Incendie	06/02/2015	Lusseray	Deux-Sèvres	2	2011	Non	Un feu se déclare dans une éolienne, au niveau d'une armoire électrique où interviennent 2 techniciens.	Défaillance électrique		
Incendie	24/08/2015	Santilly	Eure-et-Loire	2,5	2007	Non	Un feu se déclare sur le moteur d'une éolienne situé à 90 m de hauteur.			

Type d'accident	Date	Nom du parc	Département	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information	Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude de dangers
Chute de pales	10/11/2015	Ménil-la-Horgne	Meuse	1,5	2007	Non	Chute d'un rotor et des trois pales au pied de l'éolienne.	« Défaut dans l'arbre primaire à l'origine de la rupture » du rotor et des pales.	Est Républicain	-
Chute d'éléments	07/02/2016	Conilhac-Corbieres	Aude	2.3	2014	Non	Rupture et chute au sol de l'aérofrein de l'une des pales. Arrêt à distance de l'ensemble du parc suivi d'une campagne de contrôle des pales, aérofreins et chaînes de sécurité de chaque éolienne.	Rupture d'un point d'attache du système mécanique de commande de l'aérofrein entraînant l'ouverture de l'aérofrein. Rupture de l'axe maintenant l'aérofrein à la pale en raison des fortes charges présentes sur le rotor	Base ARIA	
Rupture de pale	08/02/2016	Dineault	Finistère	0,3	1999	Non	Lors d'une tempête, des vents à 160 km/h endommagent une éolienne. Une pale chute au sol et une autre se déchire. La pale rompue est retrouvée à 40 m du pied du mat.	Tempête		
Chute de pale	05/03/2016	Calanhel	Côtes d'Armor	0,85	2009	Non	Chute de la pale au sol après une nuit de fort vent. Aucun blessé à déplorer, ni homme ni animaux	Défaillance du système d'orientation de la pale	L'Echo de l'Armor et l'Argoat	-
Maintenance	28/05/2016	Janville	Eure-et-Loire	2,3	2005	Non	un employé constate un écoulement d'huile sous la nacelle d'une éolienne. L'écoulement d'huile est récupéré avant d'avoir atteint le sol.	Défaillance d'un raccord sur le circuit de refroidissement de l'huile de la boîte de vitesse		Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident sur le personnel de maintenance)
Incendie	10/08/2016	Hescamps	Somme	1	2008	Non	Un feu se déclare dans la partie haute d'une éolienne, au niveau du rotor.	Défaillance électrique		
Incendie	18/08/2016	Dargies	Oise	2	2014	Non	Un technicien de maintenance d'un parc éolien constate qu'une éolienne ne tourne plus. Il découvre que de la fumée s'échappe de la tête de l'éolienne, à 80 m de haut	Défaillance électrique		

Type d'accident	Date	Nom du parc	Département	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information	Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude de dangers
Maintenance	14/09/2016	Les Grandes Chapelles	Aube	2,3	2009	Non	Un employé est électrisé alors qu'il intervient dans le nez d'une éolienne			Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident sur le personnel de maintenance)
Fissure sur une pale	11/01/2017	Le Quesnoy	Nord	-	-	-	Une fissure est constatée sur une pale. L'exploitant arrête l'installation. Réparation de la pale en place.		Base ARIA BARPI, mot clef « éolienne »	
Rupture de pale	12/01/2017	Tuchan	Aude	0.6	2002	Non	Lors d'un épisode de vents violents (25m/s) les 3 pales d'une éolienne chutent au sol. Des morceaux de fibre de carbone sont récupérés à 40 m de l'éolienne. L'éolienne était à l'arrêt pour maintenance suite à la casse de son arbre lent.	Tempête	Base ARIA BARPI, mot clef « mat »	
Chute d'une pale	18/01/2017	Nurlu	Somme	-	-	-	Rupture de 2/3 de la pale. Des débris sont retrouvés à 90 m du mat, les débris les plus lourds sont à moins de 27 m. L'accident est constaté par un particulier. L'exploitant arrête les machines, met le site en sécurité et met en place un périmètre de sécurité autour de la zone.	Tempête	Base ARIA BARPI, mot clef « éolienne »	
Rupture de pale	27/02/2017	Lavallée	Meuse	0,2			La pointe d'une pale d'éolienne se rompt L'extrémité, de 7 à 10 m, est retrouvée au sol, en 3 morceaux, à 200 m de l'éolienne	Un orage violent		
Rupture de pale	27/02/2017	Trayes	Deux-Sèvres				Les 7 derniers mètres d'une pale de 44 m, se sont désolidarisés. Plusieurs fragments de la pale sont projetés jusqu'à 150 m du mât, haut lui-même de 78 m.	Impact de la foudre et vent violent		

Type d'accident	Date	Nom du parc	Département	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information	Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude de dangers
Incendie	06/06/2017	-	Eure et Loir	-	-	-	Un incendie se déclare dans la nacelle d'une éolienne. L'incendie s'éteint seul, à la fin de la combustion de la nacelle. L'incendie a été causé par un défaut électrique dans la nacelle.	Défaut électrique	Base ARIA BARPI, mot clef « éolienne »	
Rupture de pale	08/06/2017	-	Charente	-	-	-	Chute d'une partie d'une pale d'une éolienne suite à un impact de foudre (à 35 cm de l'extrémité, il a entraîné la rupture du bord de fuite puis une déchirure du fragment). Les débris sont tombés dans une zone de 50 à 100m autour du mât de l'éolienne.	Impact de foudre	Base ARIA BARPI, mot clef « éolienne »	
Chute de pale	24/06/2017	-	Pas de calais	-	-	-	Rupture d'une pale d'une éolienne au niveau de la jonction avec le rotor. La pale chute à la verticale, au pied du mât. Les quelques débris projetés sont présents dans un rayon de 20 m.		Base ARIA BARPI, mot clef « éolienne »	
Chute d'éléments	17/07/2017	-	Seine-Maritime	-	-	-	Un aérofrein se détache d'une pale d'éolienne au pied du mât de 49 m. L'aérofrein défectueux est remplacé. L'exploitant conclut que le desserrage d'une vis anti-rotation a provoqué la chute de l'aérofrein. Un problème de montage, ou des vibrations en fonctionnement, en serait à l'origine.	Desserrage d'une vis anti rotation ayant entraîné la chute de l'aérofrein Problème de montage ou vibration	Base ARIA BARPI, mot clef « éolienne »	
Rupture d'une pale	05/08/2017	-	Aisne	-	-	-	Une pale d'éolienne se brise en son milieu et tombe au sol.	-	Base ARIA BARPI, mot clef « éolienne »	

Type d'accident	Date	Nom du parc	Département	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information	Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude de dangers
Effondrement	03/01/2018	Bouin	Vendée	2,5	2003	Non	Suite au passage de la tempête Carmen, l'une des éoliennes du parc a été fracturée à la base de son mât ce qui a entraîné l'effondrement total de l'aérogénérateur.	Tempête Carmen	Ouest-France	
Rupture d'une pale	04/01/2018	Rampont 1	Nixéville-Blécourt	2.0	2008	-	L'extrémité d'une pale d'éolienne se rompt et tombe au sol.	Episode venteux	https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/accident/50905/	
Rupture d'une pale	10/04/2018	Dio-et-Valquières	Hérault	1,7	2006	Non	La pale d'une éolienne s'est tordue jusqu'à casser sous l'effet d'un orage de pluie et de grêle.	Probablement vent violent ou foudre.	https://france3-regions.francetvinfo.fr	
Incendie éolienne	01/06/2018	Marsanne	Drôme	2.0	2008		Une éolienne a été entièrement détruite par l'incendie volontaire, et une deuxième semble avoir été également visée par une tentative de mise à feu	Acte criminel	https://www.francebleu.fr	
Incendie éolienne	03/08/2018	Izenave	Ain	2.0	2018	Oui	Une éolienne a été endommagée par l'incendie volontaire. Le feu a totalement ravagé une nacelle d'éolienne.	Acte criminel	https://france3-regions.francetvinfo.fr/auvergne-rhone-alpes/ain/bourg-bresse/incendie-parc-eolien-monts-ain-nouvel-acte-volontaire-1521548.html	
Incendie éolienne	28/09/2018	Sauveterre	Tarn	2.0	2009	Non	L'accident a provoqué la destruction du rotor d'une éolienne et d'une pale, ainsi que de 4 hectares de broussailles situés au-dessous.	EDF EN communique sur un dysfonctionnement électrique. La piste criminelle est étudiée, une enquête a été lancée.	https://france3-regions.francetvinfo.fr/occitanie/tarn/albi/tarn-eolienne-partie-brulee-incendie-1549324.html	
Effondrement	06/11/2018	La Mardelle	Loiret	3.0	2010	Oui	Une des éoliennes du parc s'est effondrée. La réhausse en béton n'a pas été touchée.	Défaillance mécanique menant à une rotation trop rapide des pales, ce qui a provoqué une surcharge.	https://www.francebleu.fr/infos/climat-environnement/eolienne-effondree-en-beauce-c-etait-un-probleme-mecanique-1545320529	
Incendie éolienne	03/01/2019	La Limouzinière	Loire Atlantique	2.05	2010	Oui	Le moteur de l'éolienne a pris feu. Le feu a endommagé la nacelle.		https://www.ouest-france.fr/pays-de-la-loire/nantes-44000/au-sud-de-nantes-le-moteur-d-une-eolienne-prend-feu-6157734	

Type d'accident	Date	Nom du parc	Département	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information	Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude de dangers
Rupture d'une pale	17/01/2019	Bambesch	Moselle	2.0	2007		Bris et projection de morceaux de pales.		https://www.republicain-lorrain.fr/edition-de-saint-avold-creutzwald/2019/01/30/bambiderstroff-parc-eolien-a-l-arret-suite-a-la-chute-d-un-bout-de-pale	
Effondrement	23/01/2019	Boutavent	Oise	1.0	2011	Oui	Lors d'une coupure de réseau, les pâles ne se sont pas mises en drapeau alors que le système de freinage était éteint, entraînant survitesse jusqu'à ce qu'une des pales commence à se délaminer, provoquant un balourd suffisant pour fatiguer le mât au point de finir par le plier en deux	Défaillance menant à une rotation trop rapide des pales, ce qui a provoqué une surcharge	http://www.courrier-picard.fr/161828/article/2019-01-23/le-mat-dune-eolienne-se-plie-en-deux https://actu.fr/hauts-de-france/boutavent_60096/le-mat-dune-eolienne-se-casse-deux-dans-loise-debris-retrouves-dans-rayon-300-m_21026616.html	
Chute de pale	30/01/2019	Roquetaillade	Aude	0.8	2008	Oui	Une pale d'éolienne se rompt et chute au sol		https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/accident/53139/	
Incendie	25/06/2019	Ambon	Morbihan	1.67	2008	Non	Un incendie s'est déclenché dans la nacelle de l'éolienne à la suite d'une opération de maintenance au niveau du tableau électrique.	Un court-circuit s'est produit dans la nacelle.	https://france3-regions.francetvinfo.fr/bretagne/morbihan/vannes/ambon-eolienne-80-m-feu-1690654.html https://www.ouest-france.fr/bretagne/vannes-56000/morbihan-le-feu-d-eolienne-d-origine-accidentelle-6417997	

13.3 ANNEXE 3 – SCENARII GENERIQUES ISSUS DE L'ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES

Cette partie apporte un certain nombre de précisions par rapport à chacun des scénarii étudiés par le groupe de travail technique dans le cadre de l'analyse préliminaire des risques.

Le tableau générique issu de l'analyse préliminaire des risques est présenté dans la partie 8.4. de la trame type de l'étude de dangers. Il peut être considéré comme représentatif des scénarii d'accident pouvant potentiellement se produire sur les éoliennes et pourra par conséquent être repris à l'identique dans les études de dangers.

La numérotation des scénarii ci-dessous reprend celle utilisée dans le tableau de l'analyse préliminaire des risques, avec un regroupement des scénarii par thématique, en fonction des typologies d'événement redoutés centraux identifiés grâce au retour d'expérience par le groupe de travail précédemment cité (« G » pour les scénarii concernant la glace, « I » pour ceux concernant l'incendie, « F » pour ceux concernant les fuites, « C » pour ceux concernant la chute d'éléments de l'éolienne, « P » pour ceux concernant les risques de projection, « E » pour ceux concernant les risques d'effondrement).

Scénarii relatifs aux risques liés à la glace (G01 et G02)

Scénario G01

En cas de formation de glace, les systèmes de préventions intégrés stopperont le rotor. La chute de ces éléments interviendra donc dans l'aire surplombée par le rotor, le déport induit par le vent étant négligeable.

Plusieurs procédures/systèmes permettront de détecter la formation de glace :

Système de détection de glace

Arrêt préventif en cas de déséquilibre du rotor

Arrêt préventif en cas de givrage de l'anémomètre.

Note : Si les enjeux principaux seront principalement humains, il conviendra d'évoquer les enjeux matériels, avec la présence éventuelle d'éléments internes au parc éolien (poste de livraisons, sous-stations), ou extérieurs sous le surplomb de la machine.

Scénario G02

La projection de glace depuis une éolienne en mouvement interviendra lors d'éventuels redémarrage de la machine encore « glacée », ou en cas de formation de glace sur le rotor en mouvement simultanément à une défaillance des systèmes de détection de givre et de balourd.

Aux faibles vitesses de vents (vitesse de démarrage ou « cut in »), les projections resteront limitées au surplomb de l'éolienne. A vitesse de rotation nominale, les éventuelles projections seront susceptibles d'atteindre des distances supérieures au surplomb de la machine.

Scénarii relatifs aux risques d'incendie (I01 à I07)

Les éventuels incendies interviendront dans le cas où plusieurs conditions seraient réunies (Ex : Foudre + défaillance du système parafoudre = Incendie).

Le moyen de prévention des incendies consiste en un contrôle périodique des installations.

Dans l'analyse préliminaire des risques seulement quelques exemples vous sont fournis. La méthodologie suivante pourra aider à déterminer l'ensemble des scénarios devant être regardé :

- Découper l'installation en plusieurs parties : rotor, nacelle, mât, fondation et poste de livraison ;
- Déterminer à l'aide de mot clé les différentes causes (cause 1, cause 2) d'incendie possibles.

L'incendie peut aussi être provoqué par l'échauffement des pièces mécaniques en cas d'emballement du rotor (survitesse). Plusieurs moyens sont mis en place en matière de prévention :

- Concernant le défaut de conception et fabrication : Contrôle qualité
- Concernant le non-respect des instructions de montage et/ou de maintenance : Formation du personnel intervenant, Contrôle qualité (inspections)
- Concernant les causes externes dues à l'environnement : Mise en place de solutions techniques visant à réduire l'impact. Suivant les constructeurs, certains dispositifs sont de série ou en option. Le choix des options est effectué par l'exploitant en fonction des caractéristiques du site.

L'emballement peut notamment intervenir lors de pertes d'utilités. Ces pertes d'utilités peuvent être la conséquence de deux phénomènes :

- Perte de réseau électrique : l'alimentation électrique de l'installation est nécessaire pour assurer le fonctionnement des éoliennes (orientation, appareils de mesures et de contrôle, balisage, ...);
- Perte de communication : le système de communication entre le parc éolien et le superviseur à distance du parc peut être interrompu pendant une certaine durée.

Concernant la perte du réseau électrique, celle-ci peut être la conséquence d'un défaut sur le réseau d'alimentation du parc éolien au niveau du poste source. En fonction de leurs caractéristiques techniques,

le comportement des éoliennes face à une perte d'utilité peut être différent (fonction du constructeur).

Cependant, deux systèmes sont couramment rencontrés :

- Déclenchement au niveau du rotor du code de freinage d'urgence, entraînant l'arrêt des éoliennes ;
- Basculement automatique de l'alimentation principale sur l'alimentation de secours (batteries) pour arrêter les aérogénérateurs et assurer la communication vers le superviseur.

Concernant la perte de communication entre le parc éolien et le superviseur à distance, celle-ci n'entraîne pas d'action particulière en cas de perte de la communication pendant une courte durée.

En revanche, en cas de perte de communication pendant une longue durée, le superviseur du parc éolien concerné dispose de plusieurs alternatives dont deux principales :

- Mise en place d'un réseau de communication alternatif temporaire (faisceau hertzien, agent technique local...);
- Mise en place d'un système autonome d'arrêt à distance du parc par le superviseur.

Les solutions aux pertes d'utilités étant diverses, les porteurs de projets pourront apporter dans leur étude de dangers une description des protocoles qui seront mis en place en cas de pertes d'utilités.

Scénarii relatifs aux risques de fuites (F01 à F02)

Les fuites éventuelles interviendront en cas d'erreur humaine ou de défaillance matérielle.

Une attention particulière est à porter aux mesures préventives des parcs présents dans des zones protégées au niveau environnemental, notamment en cas de présence de périmètres de protection de captages d'eau potable (identifiés comme enjeux dans le descriptif de l'environnement de l'installation). Dans ce dernier cas, un hydrogéologue agréé devra se prononcer sur les mesures à prendre en compte pour préserver la ressource en eau, tant au niveau de l'étude d'impact que de l'étude de dangers. Plusieurs mesures pourront être mises en place (photographie du fond de fouille des fondations pour montrer que la nappe phréatique n'a pas été atteinte, comblement des failles karstiques par des billes d'argile, utilisation de graisses végétales pour les engins, ...).

Scénario F01

En cas de rupture de flexible, perçage d'un contenant ..., il peut y avoir une fuite d'huile ou de graisse ... alors que l'éolienne est en fonctionnement. Les produits peuvent alors s'écouler hors de la nacelle, couler le long du mât et s'infiltrer dans le sol environnant l'éolienne.

Plusieurs procédures/actions permettront d'empêcher l'écoulement de ces produits dangereux :

- Vérification des niveaux d'huile lors des opérations de maintenance
- Détection des fuites potentielles par les opérateurs lors des maintenances
- Procédure de gestion des situations d'urgence
- Deux événements peuvent être aggravants :

Écoulement de ces produits le long des pales de l'éolienne, surtout si celle-ci est en fonctionnement. Les produits seront alors projetés aux alentours.

Présence d'une forte pluie qui dispersa rapidement les produits dans le sol.

Scénario F02

Lors d'une maintenance, les opérateurs peuvent accidentellement renverser un bidon d'huile, une bouteille de solvant, un sac de graisse ... Ces produits dangereux pour l'environnement peuvent s'échapper de l'éolienne ou être renversés hors de cette dernière et infiltrer les sols environnants.

- Plusieurs procédures/actions permettront d'empêcher le renversement et l'écoulement de ces produits :
- Kits anti-pollution associés à une procédure de gestion des situations d'urgence
- Sensibilisation des opérateurs aux bons gestes d'utilisation des produits
- Ce scénario est à adapter en fonction des produits utilisés.
- Événement aggravant : fortes pluies qui disperseront rapidement les produits dans le sol.

Scénarii relatifs aux risques de chute d'éléments (C01 à C03)

Les scénarii de chutes concernent les éléments d'assemblage des aérogénérateurs : ces chutes sont déclenchées par la dégradation d'éléments (corrosion, fissures, ...) ou des défauts de maintenance (erreur humaine).

Les chutes sont limitées à un périmètre correspondant à l'aire de survol.

Scénarii relatifs aux risques de projection de pales ou de fragments de pales (P01 à P06)

Les événements principaux susceptibles de conduire à la rupture totale ou partielle de la pale sont liés à 3 types de facteurs pouvant intervenir indépendamment ou conjointement :

- Défaut de conception et de fabrication
- Non-respect des instructions de montage et/ou de maintenance
- Causes externes dues à l'environnement : glace, tempête, foudre...

Si la rupture totale ou partielle de la pale intervient lorsque l'éolienne est à l'arrêt on considère que la zone d'effet sera limitée au surplomb de l'éolienne

L'emballlement de l'éolienne constitue un facteur aggravant en cas de projection de tout ou partie d'une pale. Cet emballlement peut notamment être provoqué par la perte d'utilité décrite au 2.2 de la présente partie C (scénarii incendies).

Scénario P01

En cas de défaillance du système d'arrêt automatique de l'éolienne en cas de survitesse, les contraintes importantes exercées sur la pale (vent trop fort) pourraient engendrer la casse de la pale et sa projection.

Scénario P02

Les contraintes exercées sur les pales - contraintes mécaniques (vents violents, variation de la répartition de la masse due à la formation de givre...), conditions climatiques (averses violentes de grêle, foudre...) - peuvent entraîner la dégradation de l'état de surface et à terme l'apparition de fissures sur la pale.

Prévention : Maintenance préventive (inspections régulières des pales, réparations si nécessaire)

Facteur aggravant : Infiltration d'eau et formation de glace dans une fissure, vents violents, emballement de l'éolienne

Scénarii P03

Un mauvais serrage de base ou le desserrage avec le temps des goujons des pales pourrait amener au décrochage total ou partiel de la pale, dans le cas de pale en plusieurs tronçons.

Scénarii relatifs aux risques d'effondrement des éoliennes

Les événements pouvant conduire à l'effondrement de l'éolienne sont liés à 3 types de facteurs pouvant intervenir indépendamment ou conjointement :

- Erreur de dimensionnement de la fondation : Contrôle qualité, respect des spécifications techniques du constructeur de l'éolienne, étude de sol, contrôle technique de construction ;
- Non-respect des instructions de montage et/ou de maintenance : Formation du personnel intervenant
- Causes externes dues à l'environnement : séisme, ...

13.4 ANNEXE 4 – PROBABILITE D’ATTEINTE ET RISQUE INDIVIDUEL

Le risque individuel encouru par un nouvel arrivant dans la zone d’effet d’un phénomène de projection ou de chute est appréhendé en utilisant la probabilité de l’atteinte par l’élément chutant ou projeté de la zone fréquentée par le nouvel arrivant. Cette probabilité est appelée probabilité d’accident.

Cette probabilité d’accident est le produit de plusieurs probabilités :

$$P_{\text{accident}} = P_{\text{ERC}} \times P_{\text{orientation}} \times P_{\text{rotation}} \times P_{\text{atteinte}} \times P_{\text{présence}}$$

P_{ERC} = probabilité que l’événement redouté central (défaillance) se produise = probabilité de départ

$P_{\text{orientation}}$ = probabilité que l’éolienne soit orientée de manière à projeter un élément lors d’une défaillance dans la direction d’un point donné (en fonction des conditions de vent notamment)

P_{rotation} = probabilité que l’éolienne soit en rotation au moment où l’événement redouté se produit (en fonction de la vitesse du vent notamment)

P_{atteinte} = probabilité d’atteinte d’un point donné autour de l’éolienne (sachant que l’éolienne est orientée de manière à projeter un élément en direction de ce point et qu’elle est en rotation)

$P_{\text{présence}}$ = probabilité de présence d’un enjeu donné au point d’impact sachant que l’élément est projeté en ce point donné

Par souci de simplification, la probabilité d’accident sera calculée en multipliant la borne supérieure de la classe de probabilité de l’événement redouté central par le degré d’exposition. Celui-ci est défini comme le ratio entre la surface de l’objet chutant ou projeté et la zone d’effet du phénomène.

Le tableau ci-dessous récapitule les probabilités d’atteinte en fonction de l’événement redouté central.

Évènement redouté central	Borne supérieure de la classe de probabilité de l'ERC (pour les éoliennes récentes)	Degré d'exposition	Probabilité d'atteinte
Effondrement	10 ⁻⁴	10 ⁻²	10 ⁻⁶ (E)
Chute de glace	1	5*10 ⁻²	5 10 ⁻² (A)
Chute d'éléments	10 ⁻³	1,8*10 ⁻²	1,8 10 ⁻⁵ (D)
Projection de tout ou partie de pale	10 ⁻⁴	10 ⁻²	10 ⁻⁶ (E)
Projection de morceaux de glace	10 ⁻²	1,8*10 ⁻⁶	1,8 10 ⁻⁸ (E)

Les seuls ERC pour lesquels la probabilité d’atteinte n’est pas de classe E sont ceux qui concernent les phénomènes de chutes de glace ou d’éléments dont la zone d’effet est limitée à la zone de survol des pales et où des panneaux sont mis en place pour alerter le public de ces risques.

De plus, les zones de survol sont comprises dans l’emprise des baux signés par l’exploitant avec le propriétaire du terrain ou à défaut dans l’emprise des autorisations de survol si la zone de survol s’étend sur plusieurs parcelles. La zone de survol ne peut donc pas faire l’objet de constructions nouvelles pendant l’exploitation de l’éolienne.

13.5 ANNEXE 5 – GLOSSAIRE

Les définitions ci-dessous sont reprises de la circulaire du 10 mai 2010. Ces définitions sont couramment utilisées dans le domaine de l'évaluation des risques en France.

Accident : Evénement non désiré, tel qu'une émission de substance toxique, un incendie ou une explosion résultant de développements incontrôlés survenus au cours de l'exploitation d'un établissement qui entraîne des conséquences/ dommages vis à vis des personnes, des biens ou de l'environnement et de l'entreprise en général. C'est la réalisation d'un phénomène dangereux, combinée à la présence d'enjeux vulnérables exposés aux effets de ce phénomène.

Cinétique : Vitesse d'enchaînement des événements constituant une séquence accidentelle, de l'événement initiateur aux conséquences sur les éléments vulnérables (cf. art. 5 à 8 de l'arrêté du 29 septembre 2005). Dans le tableau APR proposé, la cinétique peut être lente ou rapide. Dans le cas d'une cinétique lente, les enjeux ont le temps d'être mis à l'abri. La cinétique est rapide dans le cas contraire.

Danger : Cette notion définit une propriété intrinsèque à une substance (butane, chlore...), à un système technique (mise sous pression d'un gaz...), à une disposition (élévation d'une charge...), à un organisme (microbes), etc., de nature à entraîner un dommage sur un « élément vulnérable » (sont ainsi rattachées à la notion de « danger » les notions d'inflammabilité ou d'explosivité, de toxicité, de caractère infectieux, etc. inhérentes à un produit et celle d'énergie disponible [pneumatique ou potentielle] qui caractérisent le danger).

Efficacité (pour une mesure de maîtrise des risques) ou capacité de réalisation : Capacité à remplir la mission/fonction de sécurité qui lui est confiée pendant une durée donnée et dans son contexte d'utilisation. En général, cette efficacité s'exprime en pourcentage d'accomplissement de la fonction définie. Ce pourcentage peut varier pendant la durée de sollicitation de la mesure de maîtrise des risques. Cette efficacité est évaluée par rapport aux principes de dimensionnement adapté et de résistance aux contraintes spécifiques.

Événement initiateur : Événement, courant ou anormal, interne ou externe au système, situé en amont de l'événement redouté central dans l'enchaînement causal et qui constitue une cause directe dans les cas simples ou une combinaison d'événements à l'origine de cette cause directe.

Événement redouté central : Événement conventionnellement défini, dans le cadre d'une analyse de risque, au centre de l'enchaînement accidentel. Généralement, il s'agit d'une perte de confinement pour les fluides et d'une perte d'intégrité physique pour les solides. Les événements situés en amont sont conventionnellement appelés « phase pré-accidentelle » et les événements situés en aval « phase post-accidentelle ».

Fonction de sécurité : Fonction ayant pour but la réduction de la probabilité d'occurrence et/ou des effets et conséquences d'un événement non souhaité dans un système. Les principales actions assurées

par les fonctions de sécurité en matière d'accidents majeurs dans les installations classées sont : empêcher, éviter, détecter, contrôler, limiter. Les fonctions de sécurité identifiées peuvent être assurées à partir d'éléments techniques de sécurité, de procédures organisationnelles (activités humaines), ou plus généralement par la combinaison des deux.

Gravité : On distingue l'intensité des effets d'un phénomène dangereux de la gravité des conséquences découlant de l'exposition d'enjeux de vulnérabilités données à ces effets. La gravité des conséquences potentielles prévisibles sur les personnes, prises parmi les intérêts visés à l'article L. 181-3 du code de l'environnement, résulte de la combinaison en un point de l'espace de l'intensité des effets d'un phénomène dangereux et de la vulnérabilité des enjeux potentiellement exposés.

Indépendance d'une mesure de maîtrise des risques : Faculté d'une mesure, de par sa conception, son exploitation et son environnement, à ne pas dépendre du fonctionnement d'autres éléments et notamment d'une part d'autres mesures de maîtrise des risques, et d'autre part, du système de conduite de l'installation, afin d'éviter les modes communs de défaillance ou de limiter leur fréquence d'occurrence.

Intensité des effets d'un phénomène dangereux : Mesure physique de l'intensité du phénomène (thermique, toxique, surpression, projections). Parfois appelée gravité potentielle du phénomène dangereux (mais cette expression est source d'erreur). Les échelles d'évaluation de l'intensité se réfèrent à des seuils d'effets moyens conventionnels sur des types d'éléments vulnérables [ou enjeux] tels que « homme », « structures ». Elles sont définies, pour les installations classées, dans l'arrêté du 29/09/2005. L'intensité ne tient pas compte de l'existence ou non d'enjeux exposés. Elle est cartographiée sous la forme de zones d'effets pour les différents seuils.

Mesure de maîtrise des risques (ou barrière de sécurité) : Ensemble d'éléments techniques et/ou organisationnels nécessaires et suffisants pour assurer une fonction de sécurité. On distingue parfois :

les mesures (ou barrières) de prévention : mesures visant à éviter ou limiter la probabilité d'un événement indésirable, en amont du phénomène dangereux

les mesures (ou barrières) de limitation : mesures visant à limiter l'intensité des effets d'un phénomène dangereux

les mesures (ou barrières) de protection : mesures visant à limiter les conséquences sur les enjeux potentiels par diminution de la vulnérabilité.

Phénomène dangereux : Libération d'énergie ou de substance produisant des effets, au sens de l'arrêté du 29 septembre 2005, susceptibles d'infliger un dommage à des enjeux (ou éléments vulnérables) vivantes ou matérielles, sans préjuger l'existence de ces dernières. C'est une « Source potentielle de dommages »

Potentiel de dangers (ou « source de dangers », ou « élément dangereux », ou « élément porteur de dangers ») : Système (naturel ou créé par l'homme) ou disposition adoptée et comportant un (ou plusieurs) « danger(s) » ; dans le domaine des risques technologiques, un « potentiel de dangers » correspond à un ensemble technique nécessaire au fonctionnement du processus envisagé.

Prévention : Mesures visant à prévenir un risque en réduisant la probabilité d'occurrence d'un phénomène dangereux.

Protection : Mesures visant à limiter l'étendue ou/et la gravité des conséquences d'un accident sur les éléments vulnérables, sans modifier la probabilité d'occurrence du phénomène dangereux correspondant.

Probabilité d'occurrence : Au sens du code de l'environnement, la probabilité d'occurrence d'un accident est assimilée à sa fréquence d'occurrence future estimée sur l'installation considérée. Elle est en général différente de la fréquence historique et peut s'écarter, pour une installation donnée, de la probabilité d'occurrence moyenne évaluée sur un ensemble d'installations similaires.

Attention aux confusions possibles :

1. Assimilation entre probabilité d'un accident et celle du phénomène dangereux correspondant, la première intégrant déjà la probabilité conditionnelle d'exposition des enjeux. L'assimilation sous-entend que les enjeux sont effectivement exposés, ce qui n'est pas toujours le cas, notamment si la cinétique permet une mise à l'abri ;
2. Probabilité d'occurrence d'un accident x sur un site donné et probabilité d'occurrence de l'accident x, en moyenne, dans l'une des N installations du même type (approche statistique).

Réduction du risque : Actions entreprises en vue de diminuer la probabilité, les conséquences négatives (ou dommages), associés à un risque, ou les deux. [FD ISO/CEI Guide 73]. Cela peut être fait par le biais de chacune des trois composantes du risque, la probabilité, l'intensité et la vulnérabilité :

Réduction de la probabilité : par amélioration de la prévention, par exemple par ajout ou fiabilisation des mesures de sécurité

Réduction de l'intensité :

par action sur l'élément porteur de dangers (ou potentiel de dangers), par exemple substitution par une substance moins dangereuse, réduction des vitesses de rotation, etc.

réduction des dangers: la réduction de l'intensité peut également être accomplie par des mesures de limitation

La réduction de la probabilité et/ou de l'intensité correspond à une réduction du risque « à la source ».

Réduction de la vulnérabilité : par éloignement ou protection des éléments vulnérables (par exemple par la maîtrise de l'urbanisation, ou par des plans d'urgence).

Risque : « Combinaison de la probabilité d'un événement et de ses conséquences » (ISO/CEI 73), « Combinaison de la probabilité d'un dommage et de sa gravité » (ISO/CEI 51).

Scénario d'accident (majeur) : Enchaînement d'événements conduisant d'un événement initiateur à un accident (majeur), dont la séquence et les liens logiques découlent de l'analyse de risque. En général, plusieurs scénarii peuvent mener à un même phénomène dangereux pouvant conduire à un accident (majeur) : on dénombre autant de scénarii qu'il existe de combinaisons possibles d'événements y aboutissant. Les scénarii d'accident obtenus dépendent du choix des méthodes d'analyse de risque utilisées et des éléments disponibles.

Temps de réponse (pour une mesure de maîtrise des risques) : Intervalle de temps requis entre la sollicitation et l'exécution de la mission/fonction de sécurité. Ce temps de réponse est inclus dans la cinétique de mise en œuvre d'une fonction de sécurité, cette dernière devant être en adéquation [significativement plus courte] avec la cinétique du phénomène qu'elle doit maîtriser.

Les définitions suivantes sont issues de l'arrêté du 26 août 2011 relatif aux installations de production d'électricité utilisant l'énergie mécanique du vent au sein d'une installation soumise à autorisation au titre de la rubrique 2980 de la législation des installations classées pour la protection de l'environnement :

Aérogénérateur : Dispositif mécanique destiné à convertir l'énergie du vent en électricité, composé des principaux éléments suivants : un mât, une nacelle, le rotor auquel sont fixées les pales, ainsi que, le cas échéant, un transformateur

Survitesse : Vitesse de rotation des parties tournantes (rotor constitué du moyeu et des pales ainsi que la ligne d'arbre jusqu'à la génératrice) supérieure à la valeur maximale indiquée par le constructeur.

Enfin, quelques sigles utiles employés dans le présent guide sont listés et explicités ci-dessous :

ICPE : Installation Classée pour la Protection de l'Environnement

SER : Syndicat des Énergies Renouvelables

FEE : France Énergie Éolienne

INERIS : Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques

EDD : Etude de dangers

APR : Analyse Préliminaire des Risques

ERP : Etablissement Recevant du Public

13.6 ANNEXE 6 – BIBLIOGRAPHIE ET REFERENCES UTILISEES

[1] L'évaluation des fréquences et des probabilités à partir des données de retour d'expérience (ref DRA-11-117406-04648A), INERIS, 2011

NF EN 61400-1 Eoliennes – Partie 1 : Exigences de conception, Juin 2006

Wind Turbine Accident data to 31 March 2011, Caithness Windfarm Information Forum

Site Specific Hazard Assessment for a wind farm project – Case study – Germanischer Lloyd, Windtest Kaiser-Wilhelm-Koog GmbH, 2010/08/24

Guide for Risk-Based Zoning of wind Turbines, Energy research centre of the Netherlands (ECN), H. Braam, G.J. van Mulekom, R.W. Smit, 2005

Specification of minimum distances, Dr-ing. Veenker ingenieurgesellschaft, 2004

Permitting setback requirements for wind turbine in California, California Energy Commission – Public Interest Energy Research Program, 2006

Oméga 10: Evaluation des barrières techniques de sécurité, INERIS, 2005

Arrêté du 26 août 2011 relatif aux installations de production d'électricité utilisant l'énergie mécanique du vent au sein d'une installation soumise à autorisation au titre de la rubrique 2980 de la législation des installations classées pour la protection de l'environnement

Arrêté du 29 Septembre 2005 relatif à l'évaluation et à la prise en compte de la probabilité d'occurrence, de la cinétique, de l'intensité des effets et de la gravité des conséquences des accidents potentiels dans les études de dangers des installations classées soumises à autorisation

Circulaire du 10 mai 2010 récapitulant les règles méthodologiques applicables aux études de dangers, à l'appréciation de la démarche de réduction du risque à la source et aux plans de prévention des risques technologiques (PPRT) dans les installations classées en application de la loi du 30 Juillet 2003

Bilan des déplacements en Val-de-Marne, édition 2009, Conseil Général du Val-de-Marne

Arrêté du 29 Septembre 2005 relatif à l'évaluation et à la prise en compte de la probabilité d'occurrence, de la cinétique, de l'intensité des effets et de la gravité des conséquences des accidents potentiels dans les études de dangers des installations classées soumises à autorisation

Alpine test site Gütisch : monitoring of a wind turbine under icing conditions- R. Cattin et al.

Wind energy production in cold climate (WECO), Final report - Bengt Tammelin et al. – Finnish Meteorological Institute, Helsinki, 2000

Rapport sur la sécurité des installations éoliennes, Conseil Général des Mines - Guillet R., Leteutrois J.-P. - juillet 2004

Risk analysis of ice throw from wind turbines, Seifert H., Westerhellweg A., Kröning J. - DEWI, avril 2003

Wind energy in the BSR: impacts and causes of icing on wind turbines, Narvik University College, novembre 2005

13.7 ANNEXE 7 : REPONSE A CONSULTATION DE GRTGAZ



Direction des Opérations
Pôle Exploitation Nord Est
Département Maintenance, Données et Travaux Tiers
Boulevard de la République
BP 34
62232 Annezin

Eurowatt Développement
8 rue Auber
75009 PARIS

Affaire suivie par : Madame BICCHIERAY Victoria

VOS RÉF. mail du 23.11.2021

NOS RÉF. P2020-008405

INTERLOCUTEUR Centre Travaux Tiers et Urbanisme (03.21.64.79.29)

OBJET Demande distance E1

LOCALISATION DU POJET BEAULENCOURT (62), LESBOEUFS (80)

Annezin, le 22 décembre 2021

Madame,

Nous avons bien pris note du projet de création de Parc Éolien sur le territoire des communes citées en référence.

Nous confirmons la proximité de notre ouvrage de transport de gaz naturel haute pression :

Canalisation	DN	PMS (bar)	Largeur des effets dominos (1) - 8 kW/m ² (m)
DN800-1996-BUS-LA-MESIERE-ARLEUX-EN-GOHELLE (GOURNAY ARLEUX)	800	67.7	250

(1) Bande des effets dominos, située de part et d'autre des ouvrages, associée au phénomène dangereux de référence majorant.

Le Maître d'ouvrage du projet doit tenir compte, dans l'Étude De Dangers de son installation, de l'existence de nos ouvrages de transport de gaz et prévoir toutes dispositions afin qu'un incident ou un accident de son Installation Classée pour la Protection de l'Environnement (ICPE) n'ait pas d'impact sur nos ouvrages.

Les projets éoliens sont classés ICPE (Installations Classées pour la Protection de l'Environnement), et doivent être conformes à la norme IEC 61400-1 qui fixe les prescriptions relatives à la sécurité de la structure de l'éolienne, de ses parties mécaniques et électriques et de son système de commande.

Pour information afin d'élaborer ses études de dangers, comme mentionnée à l'article R. 555-39 du code de l'environnement, GRTgaz s'appuie entre autres sur le Guide professionnel du GESIP intitulé « Guide méthodologique pour la réalisation d'une étude de dangers » qui traite notamment le sujet suivant en son article 10 :

SA au capital de 620 424 930 euros
RCS Nanterre 440 117 620
www.grtgaz.com

Page 1 sur 3



– la distance minimale et les mesures de sécurité vis-à-vis des installations classées pour la protection de l'environnement, notamment celles susceptibles de produire des interactions en fonctionnement normal ou en cas d'accident (par exemple d'autres canalisations parallèles ou en croisement, ou des lignes électriques, ou des éoliennes).

De ce fait, en ce qui concerne l'implantation de parc éolien au regard des ouvrages de transport de gaz naturel existants, la distance minimale à respecter entre nos ouvrages et une éolienne doit être supérieure ou égale à 2 fois la hauteur totale de l'aérogénérateur (longueur d'une pale ajoutée à la hauteur de la tour).

Cette distance minimale d'éloignement préconisée, permet de garantir que les vibrations générées par l'impact sur le sol en cas de chute de l'éolienne ou du rotor ne remettent pas en cause l'intégrité de la canalisation et éviter ainsi son éclatement.

Les conséquences d'un tel incident généreraient une zone à risques d'effets DOMINO de part et d'autre de l'ouvrage et impliqueraient l'arrêt du transit de gaz, par conséquence l'arrêt de la livraison de gaz sur les postes de distribution publics et industriels.

Par notre courrier du 07/12/2020, nous vous informions que les éoliennes E2, E3, E5 et E6 ont une distance compatible avec nos préconisations.

Cette réponse concerne donc uniquement l'implantation de l'éolienne E1, dont les coordonnées GPS et caractéristiques techniques sont reprises ci-dessous :

Coordonnées de l'éolienne E1

Eolienne	WGS 84		COMMUNES
	N	E	
E1	N 50°03'23,1"	E 002°51'30,2"	Lesboeufs

Caractéristiques de l'éolienne E1 :

	E1 / E2 / E3 / E5
Hauteur de la tour (m)	120
Masse de la tour (t)	467
Masse du rotor(t)	35
Masse de la nacelle (t)	61
Masse d'une pale	12
Rayon du rotor (m)	58,5

L'éolienne E1 se situe à une distance inférieure à 2 fois sa hauteur (tour + pale) de notre réseau. Nous avons donc réalisé une étude de compatibilité prenant en compte les caractéristiques ci-dessous qui a donné une distance minimale d'éloignement de nos ouvrages ramenés à 211 m.

Cette distance n'est pas compatible avec nos préconisations, nous émettons un avis défavorable sur le schéma d'implantation de cette éolienne.

En cas de maintien de votre projet en l'état, il appartiendra à la DREAL (DRIEE) de se positionner lors de l'instruction du dossier ICPE.

Nous attirons votre attention sur le fait que notre réponse concerne uniquement l'implantation des éoliennes par rapport à nos ouvrages. Cette réponse ne prend pas en compte le raccordement du projet éolien au réseau de distribution publique d'électricité le plus proche.

Ainsi, d'une manière générale, le porteur du projet devra veiller au respect de la norme européenne NF EN 50443 concernant les effets des perturbations électromagnétiques causées par les systèmes de traction électrique et/ou les réseaux électriques H.T. en courant alternatif.



Il conviendra que les aménagements et constructions connexes (voiries incluses) respectent les recommandations techniques jointes en annexe au courrier et fassent l'objet d'une concertation avec nos services afin d'éviter toute atteinte à nos ouvrages.

Vous trouverez également en pièce-jointe un plan approximatif de nos ouvrages. En cas de nécessité, notre interlocuteur technique du secteur de AVION (03.23.68.07.00) et de GAUCHY (03.91.84.72.75), peut effectuer à titre gracieux, à la demande du maître d'ouvrage ou du maître d'œuvre, le repérage de notre canalisation sur le terrain et la matérialisation de la bande de servitude.

Enfin, d'une manière générale pour tous les projets et travaux, le Code de l'Environnement – Livre V – Titre V – Chapitre IV impose à tout responsable d'un projet de travaux, sur le domaine public comme dans les propriétés privées, de consulter le Guichet Unique des réseaux (téléservice www.reseaux-et-canalisation.ineris.fr) afin de prendre connaissance des nom et adresse des exploitants de réseaux présents à proximité de son projet, puis de leur adresser une Déclaration de projet de Travaux (DT).

Les exécutants de travaux doivent également consulter le Guichet Unique des réseaux et adresser aux exploitants s'étant déclarés concernés par le projet une Déclaration d'Intention de Commencement de Travaux (DICT).

Cette obligation concerne également les accès au chantier, notamment le passage des convois au-dessus de nos ouvrages qui sont susceptibles de créer des contraintes nécessitant la pose de protections mécaniques.

Conformément à l'article R.554-26 du Code de l'Environnement, lorsque le nom de GRTgaz est indiqué en réponse à la consultation du Guichet Unique des réseaux, les travaux ne peuvent être entrepris tant que GRTgaz n'a pas répondu à la DICT.

De plus, tout travail de terrassement au droit de notre canalisation ne pourra être réalisé qu'en présence d'un représentant de GRTgaz.

Nous restons à votre disposition pour tout renseignement complémentaire et vous prions d'agréer, Madame, l'expression de notre considération distinguée.

Yann VAILLAND
Responsable du Département Maintenance, Données et Travaux Tiers

- P.J. : - Recommandations techniques applicables pour les projets d'aménagements ou de travaux à proximité de nos ouvrages de transport de gaz naturel
- Plan de situation approximative de nos ouvrages

14 RESUME NON TECHNIQUE

14.1 OBJECTIF DE L'ETUDE DE DANGER

La présente étude de dangers a pour objectif de démontrer, dans le cadre d'un projet de parc éolien, la maîtrise du risque par l'exploitant du parc.

S'agissant du projet éolien de la Croix Dorée, l'étude rendra compte de la prise en considération par la Société de la Croix Dorée de l'examen effectué par ATDx pour caractériser, analyser, évaluer, prévenir et réduire les risques du parc, que leurs causes soient intrinsèques aux substances ou matières utilisées, liées aux procédés mis en œuvre ou dues à la proximité d'autres risques d'origine interne ou externe à l'installation.

L'étude de dangers est proportionnée aux risques présentés par les éoliennes du projet éolien de la Croix Dorée. Le choix de la méthode d'analyse utilisée et la justification des mesures de prévention, de protection et d'intervention sont adaptées à la nature et à la complexité des installations et de leurs risques.

Ainsi, l'étude comporte une analyse des risques présentant les différents scénarii d'accidents majeurs susceptibles d'intervenir. Ces scénarii sont caractérisés en fonction de leur probabilité d'occurrence, de leur cinétique, de leur intensité et de la gravité des accidents potentiels.

Elle justifie que le projet permet d'atteindre, dans des conditions économiquement acceptables, un niveau de risque aussi bas que possible, compte tenu de l'état des connaissances et des pratiques ainsi que de la vulnérabilité de l'environnement de l'installation.

Enfin, elle précise l'ensemble des mesures de maîtrise des risques mises en œuvre sur le projet éolien de la Croix Dorée, qui réduisent le risque, à l'intérieur et à l'extérieur des éoliennes, à un niveau jugé acceptable par l'exploitant.

L'étude de dangers permet une approche rationnelle et objective des risques encourus par les personnes ou l'environnement, en satisfaisant les principaux objectifs suivants :

- améliorer la réflexion sur la sécurité à l'intérieur de l'entreprise afin de réduire les risques et d'optimiser la politique de prévention ;
- favoriser le dialogue technique avec les autorités d'inspection pour la prise en compte des parades techniques et organisationnelles dans l'arrêté d'autorisation ;
- informer le public dans la meilleure transparence possible en lui fournissant des éléments d'appréciation clairs sur les risques.

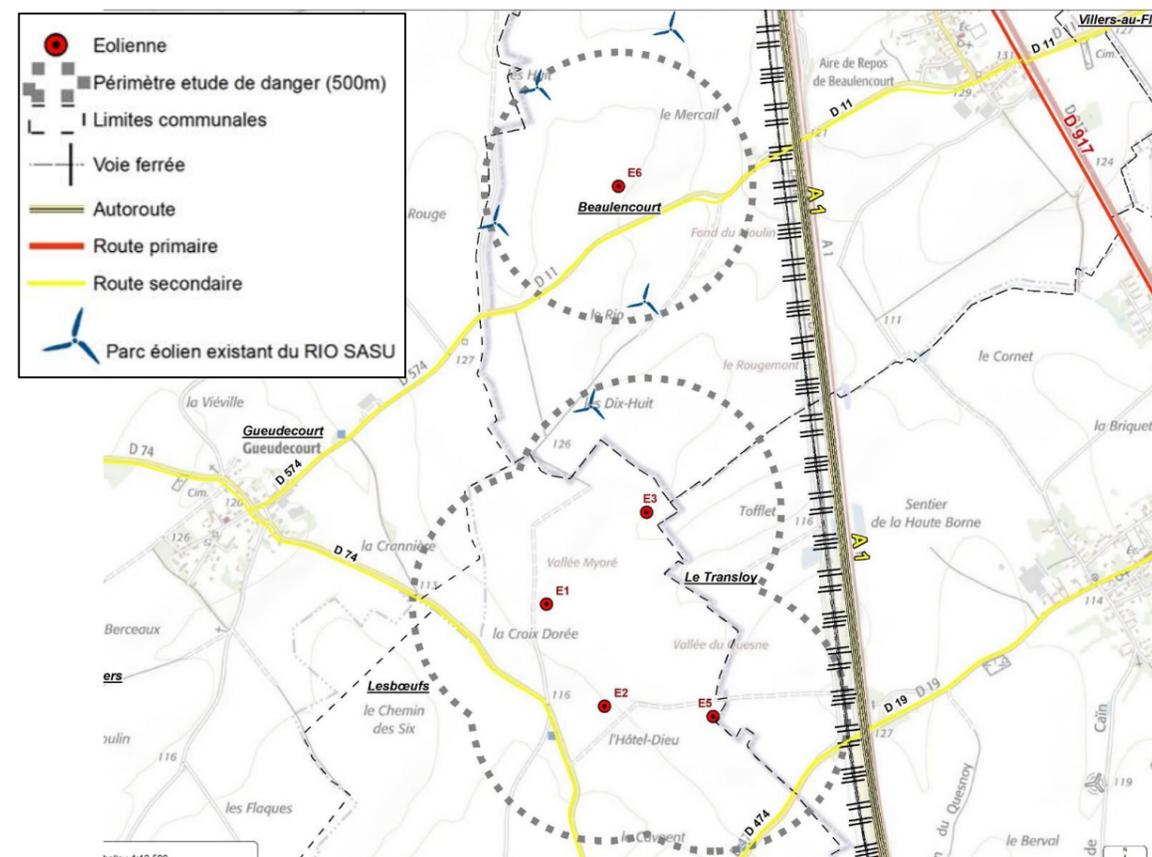
14.2 DEFINITION DU PERIMETRE D'ETUDE DE DANGER

Compte tenu des spécificités de l'organisation spatiale d'un parc éolien, composé de plusieurs éléments disjoints, le périmètre sur lequel porte l'étude de dangers est constitué d'une aire d'étude par éolienne.

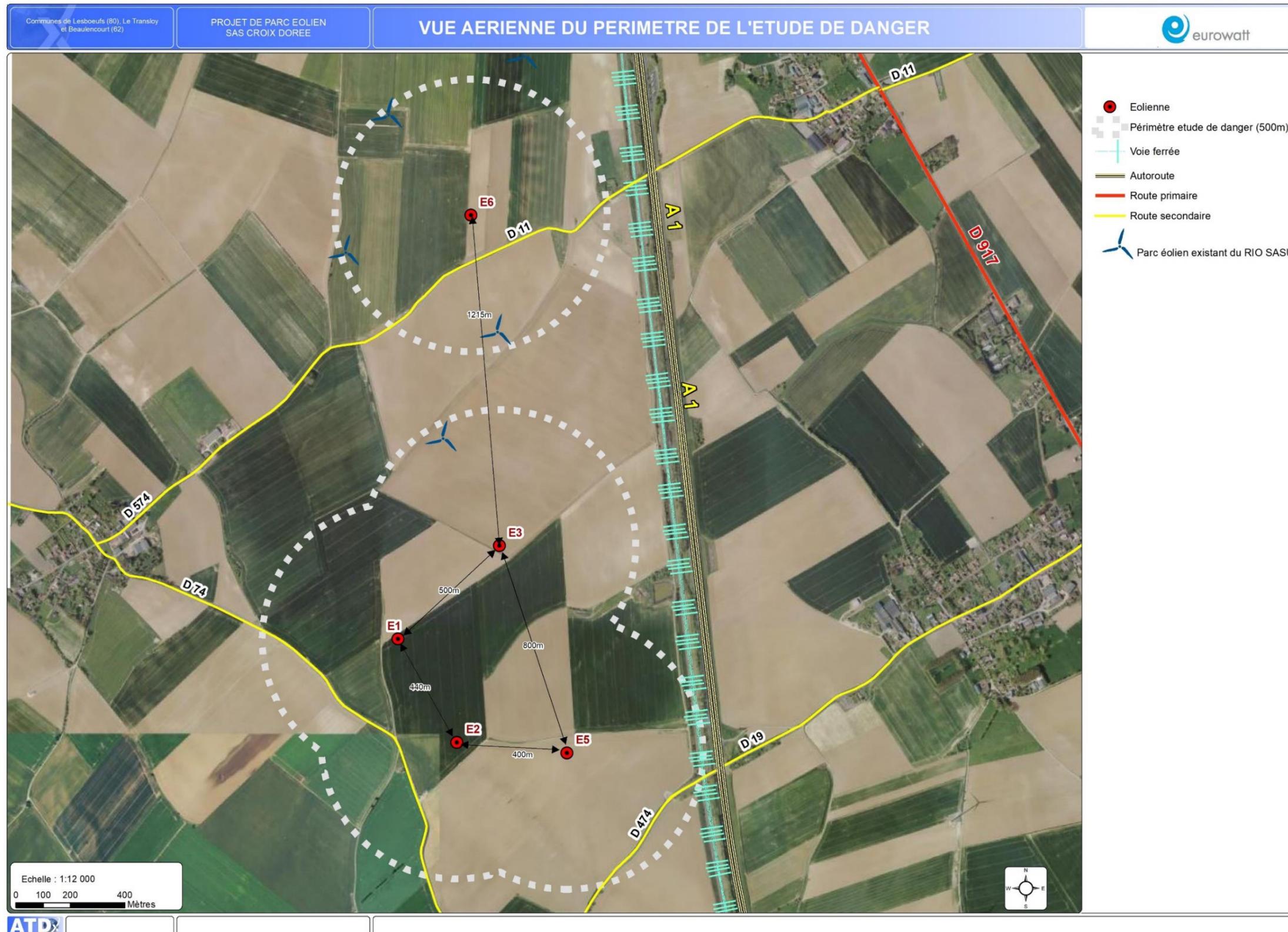
Chaque aire d'étude correspond à l'ensemble des points situés à une distance inférieure ou égale à 500 m à partir de l'emprise du mât de l'aérogénérateur. Cette distance équivaut à la distance d'effet retenue pour les phénomènes de projection. L'aire d'étude n'intègre pas les environs des postes de livraison. Les expertises réalisées dans le cadre de la présente étude ont en effet montré l'absence d'effet à l'extérieur des postes de livraison pour chacun des phénomènes dangereux potentiels pouvant l'affecter. Les communes concernées par le périmètre d'étude de danger sont Beaulencourt, Le Transloy, Lesbœufs et Gueudecourt. Plusieurs éléments s'inscrivent dans le périmètre de l'étude de danger :

- Des terrains exclusivement agricoles ;
- La ligne LGV Paris/Lille
- Les RD11, RD74 et RD 474 ;
- Des chemins agricoles ;

Une carte de situation de l'installation est présentée ci-dessous.



Carte 25 : Périmètre de l'étude de danger



Carte 26 : Vue aérienne du périmètre de l'étude de danger

14.3 ANALYSE DES RISQUES

14.3.1 Synthèse de l'analyse préliminaire des risques

Dans le cadre de l'analyse préliminaire des risques génériques des parcs éoliens, quatre catégories de scénarios ont été exclues de l'étude détaillée, en raison de leur faible intensité :

Nom du scénario exclu	Justification
Incendie de l'éolienne (effets thermiques)	En cas d'incendie de nacelle, et en raison de la hauteur des nacelles, les effets thermiques ressentis au sol seront mineurs. Par exemple, dans le cas d'un incendie de nacelle (située à 50 mètres de hauteur), la valeur seuil de 3 kW/m ² n'est pas atteinte. Dans le cas d'un incendie au niveau du mât les effets sont également mineurs et l'arrêté du 26 Août 2011 encadre déjà largement la sécurité des installations. Ces effets ne sont donc pas étudiés dans l'étude détaillée des risques. Néanmoins il peut être redouté que des chutes d'éléments (ou des projections) interviennent lors d'un incendie. Ces effets sont étudiés avec les projections et les chutes d'éléments.
Incendie du poste de livraison ou du transformateur	En cas d'incendie de ces éléments, les effets ressentis à l'extérieur des bâtiments (poste de livraison) seront mineurs ou inexistant du fait notamment de la structure en béton. De plus, la réglementation encadre déjà largement la sécurité de ces installations (l'arrêté du 26 août 2011 [9] et impose le respect des normes NFC 15-100, NFC 13-100 et NFC 13-200)
Chute et projection de glace dans les cas particuliers où les températures hivernales ne sont pas inférieures à 0°C	Lorsqu'un aérogénérateur est implanté sur un site où les températures hivernales ne sont pas inférieures à 0°C, il peut être considéré que le risque de chute ou de projection de glace est nul. Des éléments de preuves doivent être apportés pour identifier les implantations où de telles conditions climatiques sont applicables.
Infiltration d'huile dans le sol	En cas d'infiltration d'huiles dans le sol, les volumes de substances libérées dans le sol restent mineurs. Ce scénario peut ne pas être détaillé dans le chapitre de l'étude détaillée des risques sauf en cas d'implantation dans un périmètre de protection rapproché d'une nappe phréatique.

Les cinq catégories de scénarios étudiées dans l'étude détaillée des risques sont les suivantes :

- Effondrement de l'éolienne ;
- Chute de glace ;
- Chute d'éléments de l'éolienne ;
- Projection de pales ou de fragments de pales ;
- Projection de glace.

14.3.2 Synthèse de l'analyse détaillée des risques

Pour conclure à l'acceptabilité, la matrice de criticité ci-dessous, adaptée de la circulaire du 29 septembre 2005 reprise dans la circulaire du 10 mai 2010 mentionnée précédemment sera utilisée.

Conséquences	Classe de Probabilité				
	D Effondrement de l'éolienne (178.5 m)	D Projection de pale ou de fragment de pale (500 m)	C Chute d'éléments (58.5 m)	B Projection de glace (355.5 m)	A Chute de glace (58.5 m)
Désastreux					
Catastrophique					
Important		E5			
Sérieux	Toutes les éoliennes	E1	Toutes les éoliennes		
Modéré		E2, E3, E6		Toutes les éoliennes	Toutes les éoliennes

Légende de la matrice

Niveau de risque	Couleur	Acceptabilité
Risque très faible		Acceptable
Risque faible		Acceptable
Risque important		Non acceptable

Il apparaît au regard de la matrice ainsi complétée que :

- L'ensemble des risques sont acceptables ;
- Certains risques figurent dans la case jaune de la matrice. Pour ces risques, il convient de souligner que des fonctions de sécurité détaillées sont mises en place (voir chapitre suivant) ;
- Les niveaux de risques générés sont faibles à très faibles ;

14.4 MESURES DE SECURITE

De nombreuses mesures de sécurité seront installées sur et à proximité des aérogénérateurs afin de prévenir ou limiter les éventuels phénomènes dangereux, et leurs conséquences, identifiés dans l'analyse préliminaire des risques. Certaines de ces mesures sont prises en amont de l'exploitation du parc et concernent :

- Les exigences de conception et de fabrication des éoliennes, ainsi que leur installation et leur certification, conformément à la norme CEI 61-400-1 ;
- Les exigences essentielles de sécurité de la Directive Européenne 98/37/CE ou des normes harmonisées ;
- La mise à disposition d'une déclaration de conformité délivrée par le fabricant attestant de la conformité de la machine aux prescriptions techniques la concernant ;
- Le respect des bonnes pratiques de construction notamment en matière de travaux de génie civil et de réalisation des infrastructures électriques ;
- La vérification, en fin de chantier et avant la mise en service du parc éolien et avec l'aide d'organismes de contrôle agréés, de la conformité des installations vis-à-vis de la directive machine 2006/42/CE du 17 mai 2006, ainsi que de la réglementation électrique (Consuel).

Les mesures de sécurité présentées dans le tableau suivant seront mises en place sur chacune des éoliennes du parc de la Croix Dorée :

Mesure de sécurité	Fonction de sécurité	Description de la mesure
1	Prévenir la mise en mouvement de l'éolienne lors de la formation de glace	Système de déduction redondant de la formation de glace permettant une mise à l'arrêt immédiate de l'aérogénérateur Le redémarrage peut ensuite se faire soit automatiquement après disparition des conditions de givre, soit manuellement après inspection visuelle sur site.
2	Prévenir l'atteinte des personnes par la chute de glace	Mise en place de panneaux informant de la possible formation de glace au niveau de l'accès aux installations
3	Prévenir l'échauffement significatif des pièces mécaniques	Capteurs de température des pièces mécaniques. Définition de seuils critiques de températures pour chaque type de composant avec alarmes. Mise à l'arrêt ou bridage jusqu'à refroidissement.
4	Prévenir la survitesse	Systèmes de coupure s'enclenchant en cas de dépassement des seuils de vitesse prédéfinis, indépendamment du système de contrôle commande. NB : Le système de freinage est généralement constitué d'un frein aérodynamique principal (mise en drapeau des pales) et / ou d'un frein mécanique auxiliaire.
5	Prévenir les courts-circuits	Les organes et armoires électriques de l'éolienne sont équipés d'organes de coupures et de protection adéquats et correctement dimensionnés. Tout fonctionnement anormal des composants électriques est suivi d'une coupure de la transmission électrique et à la transmission d'un signal d'alerte vers l'exploitant qui prend alors les mesures appropriées.
6	Prévenir les effets de la foudre	Respect de la norme IEC 61 400 – 24 (juin 2010) / Dispositif de capture + mise à la terre / Parasurtenseurs sur les circuits électriques
7	Protection et intervention incendie	Détecteur de fumée qui lors de leur déclenchement conduisent à la mise à l'arrêt de la machine et au découplage du réseau électrique. De manière concomitante, un message d'alarme est envoyé au centre de télésurveillance. L'éolienne est également équipée d'extincteurs qui peuvent être utilisés par mes personnels d'intervention (cas d'un incendie se produisant en période de maintenance).

Mesure de sécurité	Fonction de sécurité	Description de la mesure
8	Prévention et rétention des fuites	<p>Nombreux détecteurs de niveau d'huile permettant de détecter les éventuelles fuites d'huile et d'arrêter l'éolienne en cas d'urgence.</p> <p>Les opérations de vidange font l'objet de procédures spécifiques. Dans tous les cas, le transfert d'huiles s'effectue de manière sécurisée via un système de tuyauterie et de pompes directement entre l'élément à vidanger et le camion de vidange.</p> <p>Des kits de dépollution d'urgence composés de grandes feuilles de textile absorbant pourront être utilisés afin :</p> <ul style="list-style-type: none"> - de contenir et arrêter la propagation de la pollution - d'absorber jusqu'à 20 litres de déversements accidentels de liquides (huile, eau, alcools, ...) et produits chimiques (acides, bases, solvants, ...) - de récupérer les déchets absorbés. <p>Si ces kits de dépollution s'avèrent insuffisants, une société spécialisée récupèrera et traitera le gravier souillé via les filières adéquates, puis le remplacera par un nouveau revêtement.</p>
9	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation)	<p>La norme IEC 61400-1 « Exigence pour la conception des aérogénérateurs » fixe les prescriptions propres à fournir « un niveau approprié de protection contre les dommages résultant de tout risque durant la durée de vie » de l'éolienne.</p> <p>Ainsi la nacelle, le moyeu, les fondations et la tour répondent aux standards IEC 61400-1. Les pales respecteront le standard IEC 61400 -1 ; 12 ; 23.</p> <p>Les éoliennes sont protégées contre la corrosion due à l'humidité de l'air, selon la norme ISO 9223.</p>
10	Prévenir les erreurs de maintenance	<p>Préconisation du manuel de maintenance</p> <p>Formation du personnel</p>
11	Prévenir les risques de dégradation de l'éolienne en cas de vent fort	<p>Classe d'éolienne adaptée au site et au régime de vents</p> <p>Détection et prévention des vents forts et tempêtes</p> <p>Arrêt automatique et diminution de la prise au vent de l'éolienne (mise en drapeau progressive des pâles) par le système de conduite.</p>

Tableau 3 : Tableau de mesures de sécurité

14.5 CONCLUSION

Aux vues du recensement de l'ensemble des accidents et incidents connus en France concernant la filière éolienne entre 2000 et 2019, il apparaît que le risque est limité et qu'aucune victime n'a été à déplorer jusqu'à présent.

Les éoliennes sont aujourd'hui des structures de plus en plus sûres et fiables. Les constructeurs ont su profiter du retour d'expérience pour améliorer leurs technologies et ainsi limiter les risques d'incident et d'accident.

➤ Sur les installations récentes, c'est-à-dire mises en service après le 1^{er} janvier 2000, on dénombre :

- 5 incendies, dont 2 liés à des actes de vandalisme
- 1 chute de pale

- 3 ruptures ou chutes de fragment de pale
- 1 effondrement

Ces phénomènes ont été étudiés dans la présente étude de dangers.

➤ Les principaux accidents pris en compte dans l'étude sont résumés dans le tableau ci-dessous.

Scénario	Zone d'effet	Gravité	Probabilité	Niveau de risque	Acceptabilité
Effondrement de l'éolienne	178.5 m	Sérieuse	D (pour des éoliennes récentes)	Très faible	Acceptable
Chute de glace	58.5 m	Modérée	A	Faible	Acceptable
Chute d'élément de l'éolienne	58.5 m	Sérieuse	C	Faible	Acceptable
Projection de pale	500 m	Sérieuse pour 1 éolienne, Modérée pour 3 éoliennes et Important pour 1 éolienne	D (pour des éoliennes récentes)	Très faible pour 4 éoliennes et Faible pour 1 éolienne	Acceptable
Projection de glace	355.5 m	Modérée	B	Très faible	Acceptable

L'implantation des éoliennes, ne pose pas, du point de vue probabiliste, de risque majeur particulier pour les usagers.

La prise de risque sera d'autant plus modérée que la SAS PARC ÉOLIEN DE LA CROIX DORÉE s'engage à installer exclusivement des éoliennes certifiées sur le plan européen (Norme CEI 61-400).