



# PARC EOLIEN DE LA CRAYERE

Communes de Courcemain et Faux-Fresnay (51)



**DOSSIER D'AUTORISATION ENVIRONNEMENTALE**  
**Etude de dangers**



# **VOLUME 5.2**

## **ETUDE DE DANGERS**

# **Parc éolien de la Crayère**

**Communes de Courcemain et Faux-Fresnay**

**Département : MARNE (51)**

**Janvier 2018 – VERSION N°1**





**ATER Environnement**

RCS de Compiègne n° 534 760 517 – Code APE : 7112B

Siège : 38, rue de la Croix Blanche – 60680 GRANDFRESNOY

Tél : 03 60 40 67 16 – Mail : [elise.wauquier@ater-environnement.fr](mailto:elise.wauquier@ater-environnement.fr)

Rédacteur : Elise WAUQUIER

# SOMMAIRE

<b>1</b>	<b>PREAMBULE .....</b>	<b>5</b>	<b>7</b>	<b>ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES .....</b>	<b>47</b>
1.1.	Objectif de l'étude de dangers .....	5	7.1.	Objectif de l'analyse préliminaire des risques .....	47
1.2.	Contexte législatif et réglementaire .....	5	7.2.	Recensement des évènements exclus de l'analyse des risques .....	47
1.3.	Nomenclature des installations classées .....	6	7.3.	Recensement des agressions externes potentielles .....	47
<b>2</b>	<b>INFORMATIONS GENERALES CONCERNANT L'INSTALLATION .....</b>	<b>7</b>	7.4.	Tableau d'analyse générique des risques .....	48
2.1.	Renseignements administratifs .....	7	7.5.	Effets dominos .....	50
2.2.	Localisation du site .....	9	7.6.	Mise en place des mesures de sécurité .....	50
2.3.	Définition du périmètre de l'étude .....	11	7.7.	Conclusion de l'analyse préliminaire des risques .....	54
<b>3</b>	<b>DESCRIPTION DE L'ENVIRONNEMENT DE L'INSTALLATION .....</b>	<b>13</b>	<b>8</b>	<b>ETUDE DETAILLEE DES RISQUES .....</b>	<b>55</b>
3.1.	Environnement lié à l'activité humaine .....	13	8.1.	Rappel des définitions .....	55
3.2.	Environnement naturel .....	14	8.2.	Caractérisation des scénarios retenus .....	57
3.3.	Environnement matériel .....	19	8.3.	Synthèse de l'étude détaillée des risques .....	65
3.4.	Cartographie de synthèse .....	22	<b>9</b>	<b>CONCLUSION.....</b>	<b>67</b>
<b>4</b>	<b>DESCRIPTION DE L'INSTALLATION .....</b>	<b>27</b>	<b>10</b>	<b>ANNEXES .....</b>	<b>69</b>
4.1.	Caractéristiques de l'installation .....	27	10.1.	Scénarios génériques issus de l'analyse .....	69
4.2.	Fonctionnement de l'installation .....	28	10.2.	Probabilité d'atteinte et risque individuel .....	71
4.3.	Fonctionnement des réseaux de l'installation .....	35	10.3.	Glossaire .....	71
<b>5</b>	<b>IDENTIFICATION DES POTENTIELS DE DANGERS DE L'INSTALLATION .....</b>	<b>39</b>	10.4.	Bibliographie .....	73
5.1.	Potentils de dangers liés aux produits .....	39	10.5.	Table des illustrations .....	74
5.2.	Potentils de dangers liés au fonctionnement de l'installation .....	40	10.6.	Coordonnées géographiques des éoliennes et des postes de livraison .....	75
5.3.	Réduction des potentiels de dangers à la source .....	40			
<b>6</b>	<b>ANALYSE DES RETOURS D'EXPERIENCE .....</b>	<b>43</b>			
6.1.	Inventaire des accidents et incidents en France .....	43			
6.2.	Inventaire des accidents et incidents à l'international .....	45			
6.3.	Inventaire des accidents et incidents survenus sur les sites de l'exploitant .....	46			
6.4.	Synthèse des phénomènes dangereux redoutés issus du retour d'expérience .....	46			
6.5.	Limites d'utilisation de l'accidentologie .....	46			



# 1 PREAMBULE

## 1.1. OBJECTIF DE L'ETUDE DE DANGERS

La présente étude de dangers a pour objet de rendre compte de l'examen effectué par la société SAS ELICIO la Crayère, maître d'ouvrage et futur exploitant du parc éolien de la Crayère, pour caractériser, analyser, évaluer, prévenir et réduire les risques du parc éolien de la Crayère situé sur les communes de Courcemain et Faux-Fresnay, autant que technologiquement réalisable et économiquement acceptable, et 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.

Cette étude est proportionnée aux risques présentés par les éoliennes du parc de la Crayères. Le choix de la méthode d'analyse utilisée et la justification des mesures de prévention, de protection et d'intervention sont adaptés à la nature et la complexité des installations et de leurs risques.

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

Ainsi, cette étude 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 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.

**Cette étude a été réalisée à partir du guide de l'étude de dangers de Mai 2012 élaboré par l'INERIS, en étroite collaboration avec la DGPR, le SER et la FEE** (sigles définis dans le glossaire chapitre 10.3).

## 1.2. CONTEXTE LEGISLATIF ET REGLEMENTAIRE

Les objectifs et le contenu de l'étude de dangers sont définis dans la partie du Code de l'environnement relative aux installations classées. Selon l'article L. 512-1, l'étude de dangers expose les risques que peut présenter l'installation pour les intérêts visés à l'article L. 511-1 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, fournit un cadre méthodologique pour les évaluations des scénarios d'accident 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.

Ainsi, l'étude de dangers a pour objectif de démontrer la maîtrise du risque par l'exploitant. Elle comporte une analyse des risques qui présente les différents scénarios d'accidents majeurs susceptibles d'intervenir. Ces scénarios 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 et de la vulnérabilité de l'environnement de l'installation.

Selon le principe de proportionnalité, 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. Ce contenu est défini par l'article R. 512-9 du Code de l'environnement :

- description de l'environnement et du voisinage,
- description des installations et de leur fonctionnement,
- identification et caractérisation des potentiels de danger,
- estimation des conséquences de la concrétisation des dangers,
- réduction des potentiels de danger,
- enseignements tirés du retour d'expérience (des accidents et incidents représentatifs),
- analyse préliminaire des risques,
- étude détaillée de réduction des risques,
- quantification et hiérarchisation des différents scénarios en terme de gravité, de probabilité et de cinétique de développement en tenant compte de l'efficacité des mesures de prévention et de protection,
- représentation cartographique,
- résumé non technique de l'étude des dangers.

De même, 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 précise le contenu attendu de l'étude de dangers et apporte des éléments d'appréciation des dangers pour les installations classées soumises à autorisation.

D'autres textes législatifs et réglementaires, relatifs aux ICPE soumises à autorisation, s'appliquent aux études de dangers :

- Loi n°2003-699 du 30 juillet 2003 relative à la prévention des risques technologiques et naturels et à la réparation des dommages ;
- Décret n°2005-1170 du 13 septembre 2005 modifiant le décret n°77-1133 du 21 septembre 1977 pris pour application de la loi n°76-663 du 19 juillet 1976 relative aux Installations Classées pour la Protection de l'Environnement.
- Arrêté du 10 mai 2000 relatif à la prévention des accidents majeurs impliquant des substances ou des préparations dangereuses présentes dans certaines catégories d'Installations Classées pour la Protection de l'Environnement soumises à autorisation.
- Arrêté du 29 septembre 2005 modifiant l'arrêté du 10 mai 2000 relatif à la prévention des accidents majeurs impliquant des substances ou des préparations dangereuses présentes dans certaines catégories d'Installations Classées pour la Protection de l'Environnement soumises à autorisation.

### 1.3. NOMENCLATURE DES INSTALLATIONS CLASSEES

Conformément à l'article R. 511-9 du Code de l'environnement, modifié par le décret n°2011-984 du 23 août 2011, les parcs éoliens sont soumis à la rubrique 2980 de la nomenclature des installations classées :

N°	A – Nomenclature des installations classées		
	Désignation de la rubrique.	A, E, D, S, C (1)	Rayon (2)
2980	Production d'électricité à partir de l'énergie mécanique du vent (ensemble des machines d'un site) :		
	1. Comprenant au moins un aérogénérateur dont le mât a une hauteur supérieure ou égale à 50 m ; 2. Comprenant uniquement des aérogénérateurs dont le mât à une hauteur inférieure à 50 m et au moins un aérogénérateur dont le mât a une hauteur maximale supérieure ou égale à 12 m et pour une puissance totale installée : a) supérieure ou égale à 20 MW..... b) inférieure à 20 MW.....	A	6
		A D	6

(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

Tableau 1 : Nomenclature ICPE pour l'éolien terrestre (source : décret n°2011-984 du 23 août 2011)

Le parc éolien de la Crayère comprend au moins un aérogénérateur dont le mât a une hauteur supérieure ou égale à 50 m (102 à 125 m à hauteur de moyeu pour ce site) : 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 Environnementale Unique.

Pour mémoire : De manière plus précise, le parc éolien de la Crayère est constitué de 9 éoliennes. Les caractéristiques techniques précises des aérogénérateurs ne sont pas connues à la date de dépôt du présent dossier. Le maître d'ouvrage a cependant limité son choix aux huit modèles décrits dans le tableau suivant.

Nom de la machine	Constructeur	Puissance nominale	Hauteur au moyeu	Diamètre de rotor	Hauteur totale en bout de pale
V110	VESTAS	2,2 MW	125 m	110 m	180 m
V126	VESTAS	3,3 MW	114 m	126 m	177 m
N117	NORDEX	2,4 MW	120 m	117 m	178,5 m
MM122	SENVION	3 MW	119 m	122 m	180 m
G114	GAMESA	2,1 MW	123 m	114 m	180 m
G126	GAMESA	2,625 MW	102 m	126 m	165 m
E115	ENERCON	3 MW	122 m	115 m	179,5 m
GE2.75	GENERAL ELECTRICS	2,75 MW	120 m	120 m	180 m

Tableau 2 : Caractéristiques techniques des éoliennes étudiées pour le projet de la Crayère (source : ELICIO FRANCE, 2017)

⇒ Ainsi pour le projet éolien de la Crayère, la hauteur maximale en bout de pale des éoliennes sera de 180 m, pour une puissance totale maximale de 29,7 MW.

## 2 INFORMATIONS GENERALES CONCERNANT L'INSTALLATION

### 2.1. RENSEIGNEMENTS ADMINISTRATIFS

Le demandeur est la SAS ELICIO la Crayère, Maître d'Ouvrage du projet et futur exploitant du parc. Cette société est une filiale de la société ELICIO France, ayant réalisé les études nécessaires à l'obtention de l'autorisation environnementale unique.

L'objectif final de la SAS ELICIO la Crayère est la construction du parc avec les éoliennes les plus adaptées au site, la mise en service, l'exploitation et la maintenance du parc pendant la durée de vie du parc éolien.

La société du parc éolien de la Crayère sollicite l'ensemble des autorisations liées à ce projet et prend l'ensemble des engagements en tant que future société exploitante du parc éolien.

<b>Raison sociale</b>	Parc éolien de la Crayère
<b>Forme juridique</b>	SAS (Société par Actions Simplifiée)
<b>Capital social</b>	37 000 €
<b>Siège social</b>	30, boulevard Richard Lenoir 75011 PARIS
<b>Registre du Commerce et des Sociétés</b>	Paris
<b>SIRET (siège)</b>	834 780 710 00010
<b>Code NAF</b>	3511 Z

*Tableau 3 : Références administratives de la société du parc éolien de la Crayère (source : ELICIO France, 2017)*

<b>Nom</b>	DUMONT
<b>Prénom</b>	Emile
<b>Nationalité</b>	Française
<b>Qualité</b>	Président

*Tableau 4 : Références du signataire pouvant engager la société du parc éolien de la Crayère (source : ELICIO France, 2017)*

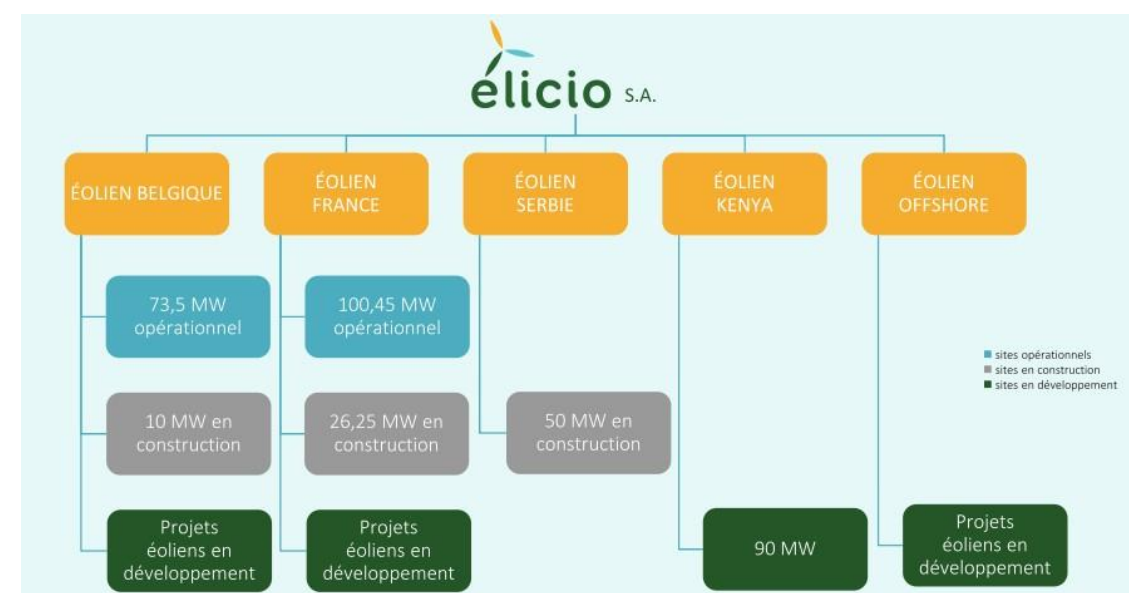
La présente étude de dangers a été rédigée par Elise WAUQUIER, du bureau d'études ATER Environnement, dont l'ensemble des coordonnées administratives se trouve au recto de la page de garde.

#### 2.1.1. Présentation de la société ELICIO France

ELICIO FRANCE est une société par actions simplifiée au capital de 8 680 000 €, dont le siège social est situé à Paris. C'est la branche française de l'entreprise d'énergie belge ELICIO NV, dont le siège est à Ostende.

ELICIO est un producteur d'électricité verte principalement issue de l'éolien. La société possède un véritable savoir-faire dans le développement, la conception, la réalisation et la mise en service de parcs éoliens. Près de 173 MW de parcs éoliens sont actuellement en exploitation et près de 1 200 MW sont en cours de développement (éolien onshore et offshore) dans quatre pays : la Belgique, la France, la Serbie et le Kenya.

ELICIO est une filiale du groupe NETHYS, acteur majeur dans le domaine de l'énergie et des télécommunications en Belgique (Wallonie).



*Figure 1 : Structure de la société ELICIO (source : ELICIO FRANCE, 2017)*

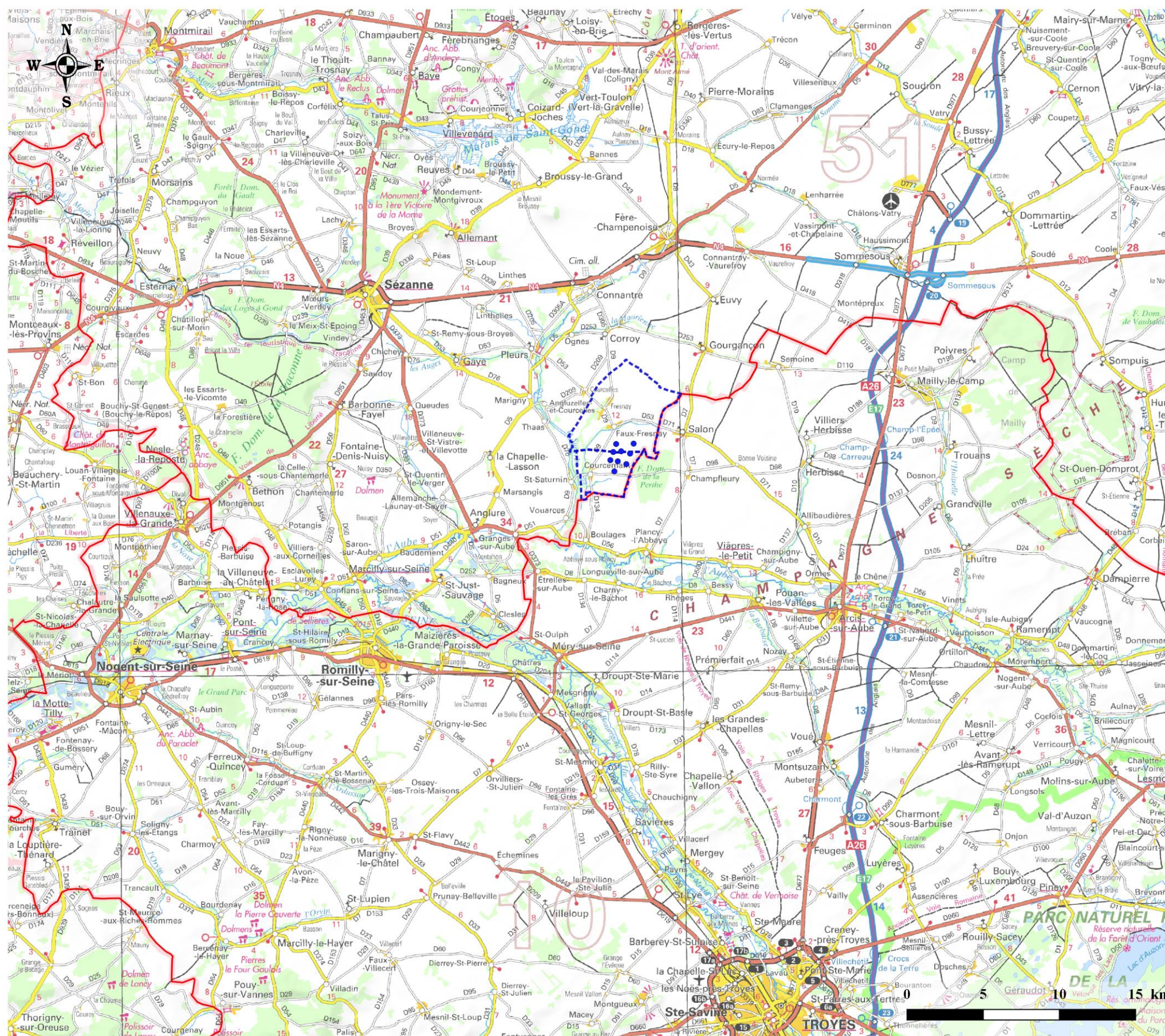
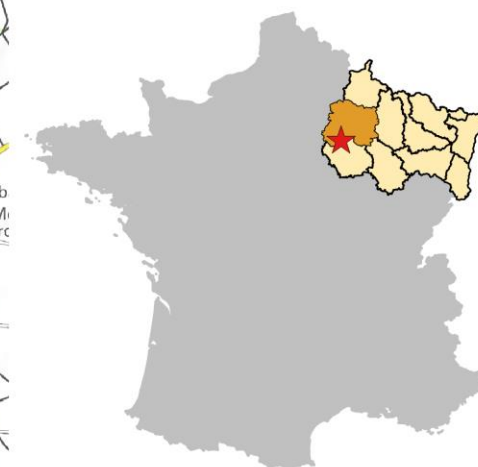


# Localisation du projet

**ATER** Environnement  
Aménagement du Territoire - Energies Renouvelables

Décembre 2017

Source : IGN 100®  
Copie et reproduction interdites



- Légende**
- Eoliennes
  - Limites communales
  - Limites départementales
  - ★ Localisation du projet

Carte 1 : Localisation géographique de l'installation

## 2.1.2. Le groupe NETHYS

NETHYS est un groupe industriel wallon de premier plan et un opérateur historique dans les réseaux de gaz et d'électricité. Dépendant de l'intercommunale PUBLIFIN SCiRL, le groupe a la particularité d'être 100% public. Les actionnaires principaux du groupe, constitué en 1923 et basé à Liège, sont la Province de Liège et 76 communes de la province de Liège.

NETHYS occupe aujourd'hui des positions fortes dans 3 secteurs clés :

- L'énergie : la distribution d'énergie et la production d'énergie renouvelable ;
- Les médias et télécommunications ;
- La prise de participation dans des secteurs à haute valeur ajoutée.

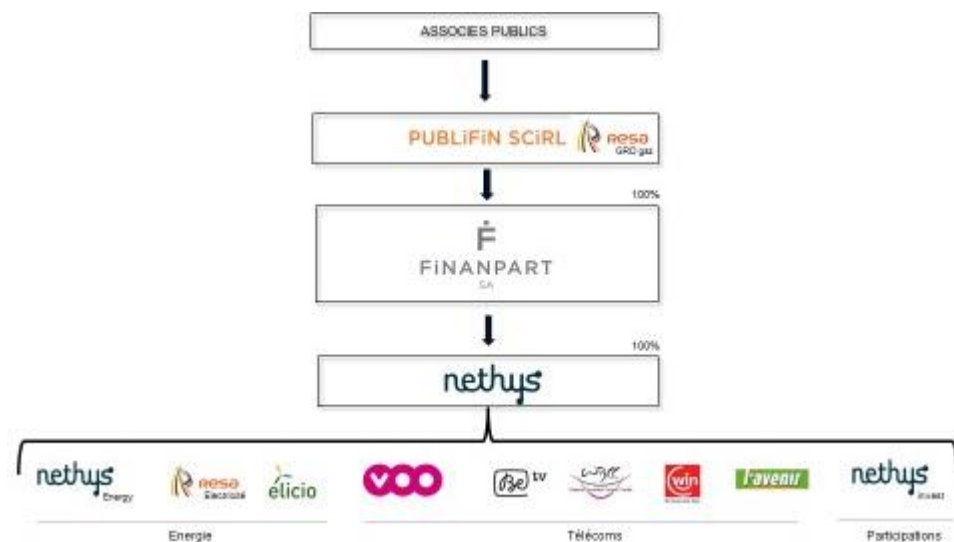


Figure 2 : Structure du groupe NETHYS (source : ELICIO FRANCE, 2017)

C'est au sein de NETHYS, l'entité industrielle et opérationnelle majeure du groupe, qu'est centralisé l'ensemble des activités issues de ces trois secteurs-clés :

- RESA, opérateur historique de la distribution de gaz et d'électricité ;
- NETHYS Energy, prestataire de services auprès des collectivités dans le domaine des économies d'énergie et du développement durable ;
- ELICIO, producteur d'énergie renouvelable ;
- VOO et BEtv, opérateurs de téléphonie, Internet et télévision pour les particuliers ;
- WIN, opérateur télécom à destination des professionnels ;
- L'AVENIR, média d'information à destination du grand public ;
- NETHYS Invest, portefeuille de participations dans les secteurs porteurs.

## 2.2. LOCALISATION DU SITE

### 2.2.1. Localisation générale

Le parc éolien de la Crayère, composé de 9 aérogénérateurs, est localisé sur les territoires communaux de Courcemain et Faux-Fresnay, appartenant aux Communautés de Communes de Sézanne Sud-Ouest Marnais et du Sud Marnais, dans la région Grand Est, département de la Marne (voir Carte 1 de localisation géographique).

Ce site se trouve en limite départementale avec le département de l'Aube, à environ 38 km au Nord-Est de Nogent-sur-Seine, 41 km au Nord de Troyes et 61 km au Sud de Châlons-en-Champagne.

### 2.2.2. Identification cadastrale

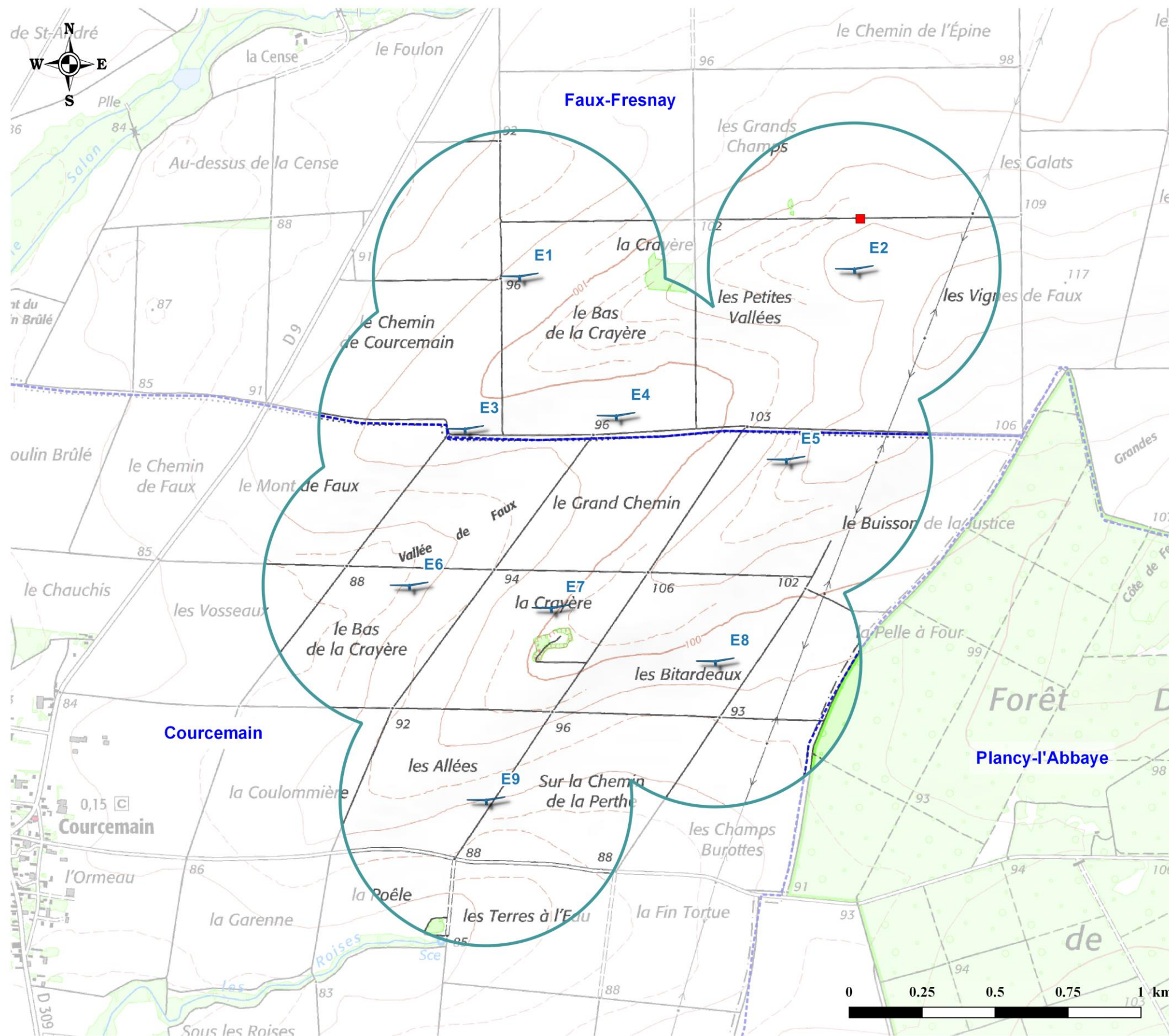
Les parcelles concernées par l'activité de production d'électricité à partir de l'énergie mécanique du vent sont présentées dans le tableau suivant. Toutes ces parcelles sont maîtrisées par le Maître d'Ouvrage via des promesses de bail emphytéotique et/ou des promesses de constitution de servitudes (accès, câblage, survol).

Remarque : L'attestation de maîtrise foncière se trouve dans le dossier intitulé « Description de la Demande », joint au présent Dossier de Demande d'Autorisation Environnementale Unique.

Les limites de propriété de l'installation correspondent aux mâts des éoliennes et aux postes de livraison.

Construction	Commune	Lieu-Dit	Section	Numéro	Superficie de la parcelle
E1	Faux-Fresnay	Le Bas de la Crayère	ZP	6	54 030 m <sup>2</sup>
E2	Faux-Fresnay	Les Vignes de Faux	ZO	12-13	35 730 m <sup>2</sup>
E3	Faux-Fresnay	Le chemin de Courcemain	ZP	26	50 856 m <sup>2</sup>
E4	Faux-Fresnay	Le Bas de la Crayère	ZP	12	75 200 m <sup>2</sup>
E5	Courcemain	Les Vignes	ZK	6	77 670 m <sup>2</sup>
E6	Courcemain	Chemin des foins	ZA	20	34 960 m <sup>2</sup>
E7	Courcemain	La Crayère	ZB	38-39	102 030 m <sup>2</sup>
E8	Courcemain	Les Bitardeaux	ZB	33-34	132 310 m <sup>2</sup>
E9	Courcemain	Les Allées	ZC	4	83 140 m <sup>2</sup>
PdL	Faux-Fresnay	Les Vignes de Faux	ZO	15	113 730 m <sup>2</sup>

Tableau 5 : Identification des parcelles cadastrales (source : ELICIO, 2017)







## Périmètre d'étude de dangers

**ATER** Environnement  
Aménagement du Territoire - Energies Renouvelables

Décembre 2017

Source : IGN 25®  
Copie et reproduction interdites

### Légende

-  Eoliennes
-  Postes de livraison
-  Périmètre d'étude de dangers (500 m)
-  Limites communales

Carte 2 : Périmètre d'étude de dangers

## 2.3. DEFINITION DU PERIMETRE DE L'ETUDE

---

Compte tenu des spécificités de l'organisation spatiale d'un parc éolien, composé de plusieurs éléments disjoints, la zone sur laquelle porte l'étude de dangers est constituée 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 8.2.5.

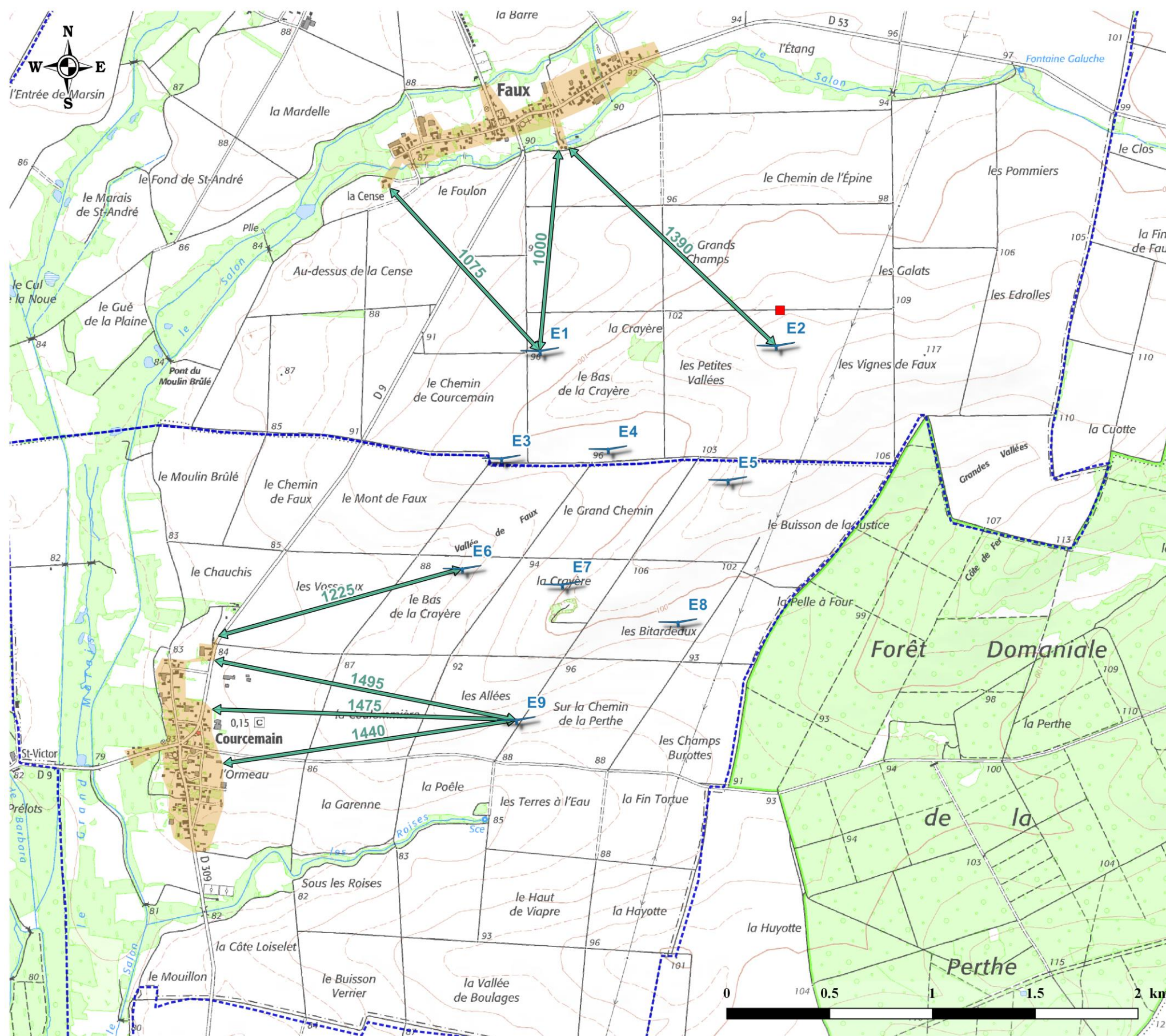
La zone d'étude n'intègre pas les environs des postes de livraison, qui seront néanmoins représentés sur les cartes. Les expertises réalisées dans le cadre de la présente étude, ainsi que dans le cadre des études réalisées par l'INERIS et le SER/FEE, ont en effet montré l'absence d'effets à l'extérieur du poste de livraison pour chacun des phénomènes dangereux potentiels pouvant l'affecter.

# Distance aux habitations

**ATER** Environnement  
Aménagement du Territoire - Energies Renouvelables

Janvier 2018

Source : IGN 25®  
Copie et reproduction interdites



### Légende

- Eoliennes
- Postes de livraison
- Distance aux habitations (en m)
- Zones urbanisées
- Limites communales

Carte 3 : Distance des éoliennes par rapport aux premières habitations

## 3 DESCRIPTION DE L'ENVIRONNEMENT DE L'INSTALLATION

Ce chapitre a pour objectif de décrire l'environnement dans le périmètre 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).

### 3.1. ENVIRONNEMENT LIE A L'ACTIVITE HUMAINE

#### 3.1.1. Zones urbanisées

L'habitat est relativement concentré dans la zone d'étude autour des communes de Courcemain et Faux-Fresnay. Ainsi, le parc projeté est éloigné des zones urbanisées de :

- Territoire de Courcemain :
  - Premières habitations du village à 1 225 m au plus proche de l'éolienne E6 et 1 440 m de E9 ;
- Territoire de Faux-Fresnay :
  - Premières habitations du village à 1 000 m au plus proche de l'éolienne E1 et 1 390 m de E2.

Les abords du site d'étude se situent dans un contexte très agricole et présentent donc une majorité de parcelles cultivées.

- ⇒ Dans le périmètre d'étude de dangers, aucune habitation ou zone urbanisée ou à urbaniser n'est présente ;
- ⇒ La zone urbanisée la plus proche est une maison du bourg de Faux-Fresnay, située à 1 000 m de l'éolienne E1.

#### Focus démographique sur les communes de Courcemain et Faux-Fresnay

Le périmètre d'étude de dangers intègre les communes d'implantation des éoliennes, à savoir Courcemain et Faux-Fresnay, ainsi qu'une petite portion boisée de la commune de Plancy-l'Abbaye.

L'estimation de la population de ces communes est indiquée dans le tableau ci-dessous (source : Recensement INSEE 2013).

Commune	Nb Habitants	Densité (Hab. /km <sup>2</sup> )	Nb de logements	Maisons individuelles
Courcemain	124	12,4	73	100%
Faux-Fresnay	346	12,7	183	100%
Plancy-l'Abbaye	947	22,9	524	92,9%

Tableau 6 : Indicateurs de population et de logement (source : INSEE, Recensement de population 2013)

La densité de population à l'échelle des communes intégrant le périmètre d'étude de dangers est bien inférieure à celle du département de la Marne (69,7 hab. /km<sup>2</sup>).

De manière générale, l'habitat est constitué de maisons individuelles.

#### Document d'urbanisme

L'urbanisation des territoires communaux de Courcemain et Faux-Fresnay est régie par le Règlement National d'Urbanisme, dans lequel il n'est pas défini de zonages particuliers. Les éoliennes étant situées à plus de 500 m des habitations existantes sont donc compatibles avec ce document.

- ⇒ Le parc éolien de la Crayère est compatible avec le règlement national d'urbanisme en vigueur sur les communes de Courcemain et Faux-Fresnay.

Les communes du périmètre d'étude de dangers sont comprises dans le SCoT de Brie-en-Champagne. Son élaboration est en cours. Son périmètre a été arrêté en début d'année 2017.

#### 3.1.2. Etablissement recevant du public (ERP)

Aucun établissement recevant du public n'est présent sur le périmètre d'étude de dangers.

#### 3.1.3. Risques technologiques

##### Installation nucléaire de base

Aucune centrale nucléaire ne se situe dans le département de la Marne. La plus proche est celle de Nogent-sur-Seine dans le département de l'Aube. Elle est située à environ 45 km au Sud du projet.

- ⇒ Aucune installation nucléaire de base n'intègre le périmètre d'étude de dangers.

##### Etablissement SEVESO

L'établissement classé SEVESO le plus proche est situé à environ 14,3 km au Nord du projet.

- ⇒ Aucun établissement SEVESO n'intègre le périmètre d'étude de dangers.

##### Etablissement ICPE – hors éolien

Une Installation Classée pour la Protection de l'Environnement (ICPE) est inventoriée sur la commune de Faux-Fresnay (sources : georisques.gouv.fr et installationsclassees.gouv.fr, 2017). Il s'agit d'une distillerie dont l'état d'activité n'est pas renseigné, située à 500 m du hameau de Fresnay, soit plus d'un kilomètre de l'éolienne la plus proche. Cinq ICPE sont également recensées sur la commune de Plancy-l'Abbaye. La plus proche est une installation de stockage de céréales et engrais, située à 5 km au Sud-Est de l'éolienne E8. A noter l'absence d'ICPE inventoriée sur la commune de Courcemain.

- ⇒ Aucun établissement ICPE n'intègre le périmètre d'étude de dangers.

##### Etablissement ICPE éolien

Le parc éolien ayant obtenu un avis de l'autorité environnementale le plus proche est situé à 3,5 km au Nord de l'éolienne E2, la plus proche. Il s'agit du parc éolien Sud Marne, autorisé, composé de 30 éoliennes pour une puissance totale de 90 MW.

- ⇒ Aucun parc éolien n'intègre le périmètre d'étude de dangers.

### Risque de rupture de barrage

D'après le Dossier Départemental des Risques Majeurs (DDRM) de la Marne, la commune de Courcemain est concernée par le risque de rupture de la digue de Giffaumont, située au Sud du lac-réservoir Marne (ou lac du Der-Chantecocq) à 60 km à l'Est du projet. La commune se situe dans la zone de propagation de l'onde principale vers la vallée de la Seine via la Droye, classée en Zone d'Inondation Spécifique (ZIS), c'est-à-dire zone dans laquelle l'élévation du niveau des eaux serait supérieure au niveau des plus fortes crues connues.

La commune de Plancy-l'Abbaye est également soumise au risque de rupture de barrage d'après le DDRM de l'Aube, lié aux lacs réservoirs de l'Aube et de la Marne.

Aucun risque n'est en revanche identifié pour la commune de Faux-Fresnay.

- ⇒ Un risque de rupture de barrage existe sur Courcemain et Plancy-l'Abbaye.
- ⇒ Le périmètre d'étude de dangers étant à distance des cours d'eau et en position sommitale, le risque y est modéré.

### 3.1.4. Autres activités

Le périmètre d'étude de dangers, recouvre principalement des champs où une activité agricole est exercée (cultures de plateau). **Aucune autre activité n'est recensée dans le périmètre d'étude de dangers.**

## 3.2. ENVIRONNEMENT NATUREL

### 3.2.1. Contexte climatique

Deux natures de climat peuvent être observées dans l'ancienne région Champagne-Ardenne. En effet, la partie **Est de la Champagne-Ardenne est soumise à un climat continental**, tandis que la partie **Ouest possède un climat influencé par l'océan Atlantique**. L'amplitude thermique annuelle est forte et les pluies fréquentes. **Le périmètre d'étude de dangers est ainsi soumis à un climat océanique dégradé.**

La station de référence la plus proche est celle de Vatry Aero à 34 km au Nord-Est de la zone d'implantation du projet. Cependant, cette station n'est active que depuis 2013, ainsi une grande partie des données ne sont pas disponibles. Le choix s'est donc reporté sur la station la plus proche possédant des données : celle de Troyes-Barbery. Elle est située à 112 mètres d'altitude, à côté de l'aéroport de Troyes, à environ 38 kilomètres au Sud de la zone d'implantation du projet.

#### Températures

L'amplitude thermique moyenne entre l'hiver et l'été avoisine les 20°C. Les températures moyennes mensuelles ne chutent pas en-dessous de 0°C l'hiver, et ne dépassent pas en moyenne les 19°C l'été.

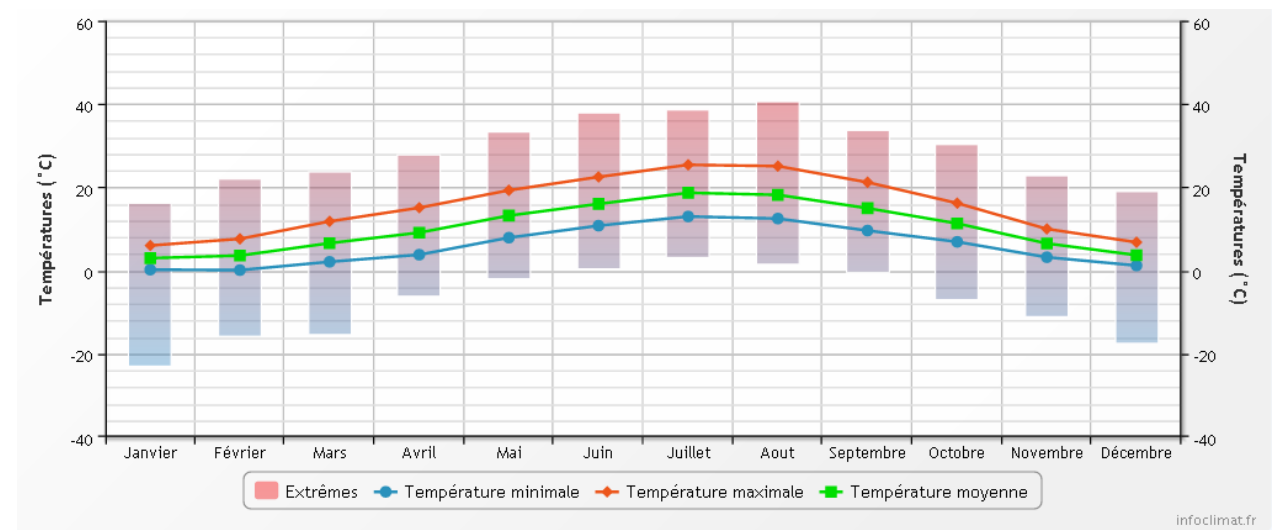


Figure 3 : Illustration des températures de 1975 à 2017 – Station de Troyes-Barbery (source : infoclimat.fr, 2017)

## Pluviométrie

A Troyes, les pluies sont réparties assez régulièrement tout au long de l'année, entre 36 mm (valeur moyenne du mois de février) et 55 millimètres mensuels (valeur moyenne du mois d'octobre). L'automne est la saison la plus arrosée. Cependant les averses orageuses peuvent apporter plus de 60 millimètres d'eau en une journée ; le record étant de 68 millimètres pour la journée du 28 octobre 1992.

Le total annuel des précipitations est relativement faible avec 651 mm annuel en moyenne à Troyes pour la période 1971-2000 (source : Météo France, normale 1971-2000).

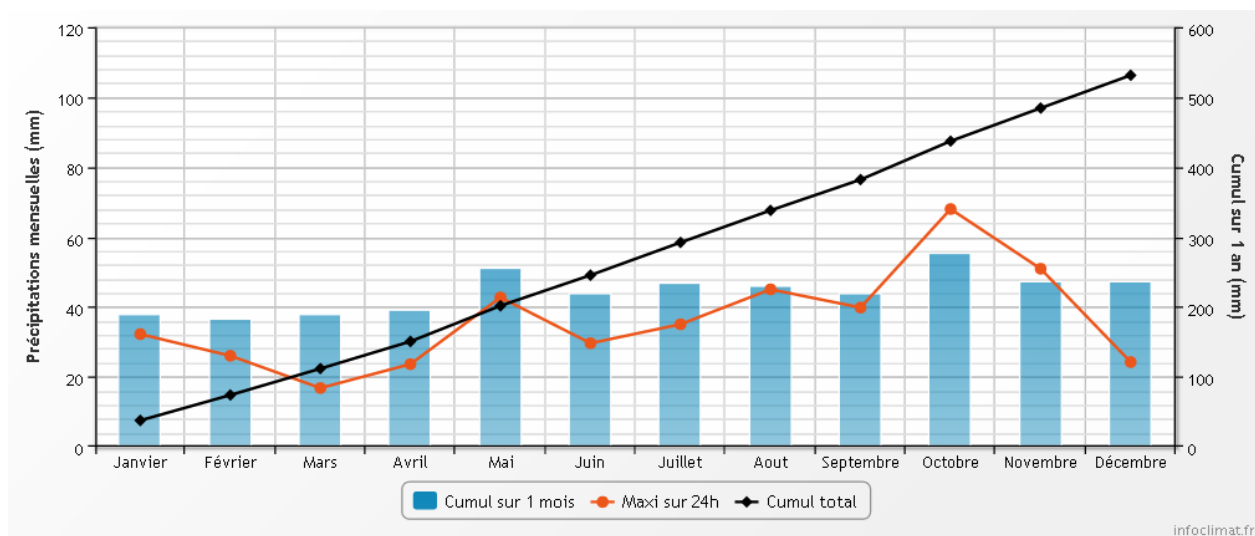


Figure 4 : Illustration des précipitations de 1975 à 2017 – Station de Troyes-Barberey (source : infoclimat.fr, 2017)

## Neige, gel

La ville de Troyes compte 14 jours de neige par an, chiffre identique à la moyenne nationale. Elle connaît également 71 jours avec gel par an, pour une moyenne nationale de 50 jours environ.

## Orage, grêle, brouillard, tempête

L'activité orageuse est définie par le niveau kéraunique, c'est-à-dire par le nombre de jours par an où l'on entend gronder le tonnerre. Dans l'Aube, on compte environ 20 à 25 jours d'orage par an, survenant principalement d'avril à septembre.

La densité de foudroiement (Ng) est le nombre de coups de foudre au sol par km<sup>2</sup> et par an. A l'échelle du département de la Marne, la densité de foudroiement est de 1,9 impacts par km<sup>2</sup> et par an, la moyenne nationale étant de 2 impacts par km<sup>2</sup> par an. Le climat est donc moyennement orageux.

La ville de Troyes connaît également 38 jours de brouillard contre 40 jours par an pour la moyenne nationale (source : Météo France, normales 1971-2000).

Enfin, la ville de Troyes compte, en moyenne, 1,8 jours de grêle par an.

Le vent est dit fort lorsque les rafales dépassent 57,6 km/h (soit 16 m/s). A Troyes, le nombre de jours annuels de vent fort est de 50. On parle de tempête quand le vent dépasse 100,8 km/h (soit 28 m/s). A Troyes, le nombre de jours annuels de tempête est de 1,6.

## Ensoleillement

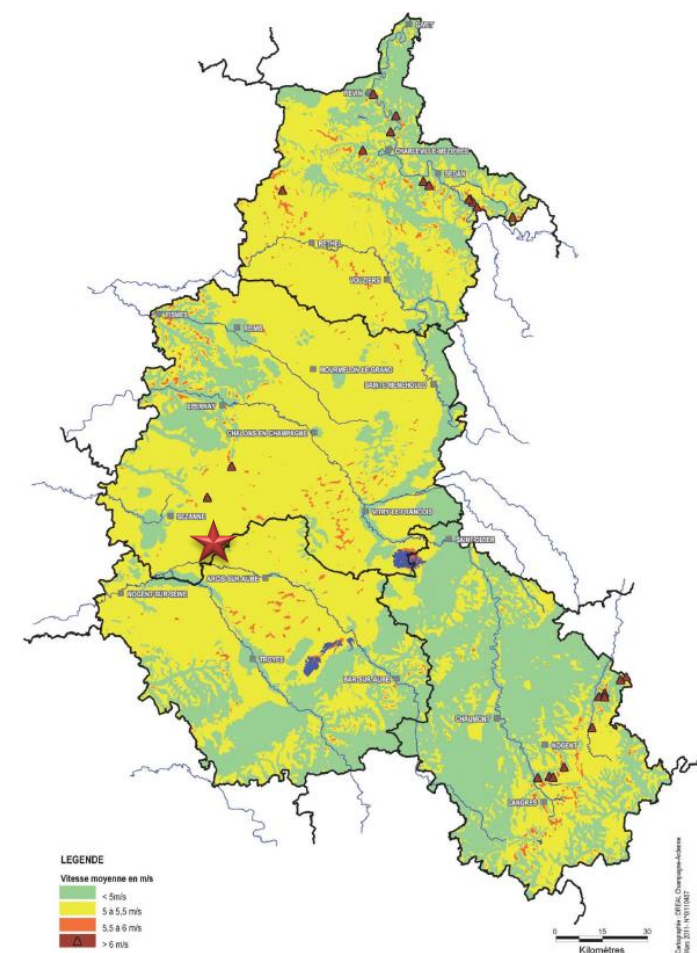
Avec en moyenne 1 771 heures annuelles, la durée d'insolation à Troyes est relativement faible (moyenne nationale de 1 973 heures). Le mois le plus ensoleillé est août, tandis que décembre est le mois le moins ensoleillé.

## Projet éolien de la Crayère – Communes de Courcemain et Faux-Fresnay (51)

Dossier de Demande d'Autorisation Environnementale Unique

## Analyse des vents

D'après le Schéma Régional Eolien de l'ancienne région Champagne-Ardenne, le secteur du projet de la Crayère se situe dans une zone assez ventée. Les vitesses de vent sont estimées entre 5 et 5,5 m/s à 50 mètres de hauteur.



Carte 4 : Gisement éolien en Champagne-Ardenne (source : Schéma Régional Eolien de la Champagne-Ardenne, 2013)

- ⇒ Le climat du site d'étude peut être qualifié d'océanique dégradé.
- ⇒ La vitesse des vents et la densité d'énergie observées à proximité du site définissent aujourd'hui ce dernier comme correctement venté.



### 3.2.2. Risques naturels

L'information préventive sur les risques majeurs naturels et technologiques est essentielle, à la fois pour renseigner la population sur ces risques, mais aussi sur les mesures de sauvegarde mises en œuvre par les pouvoirs publics.

Le droit à cette information, institué en France par la loi du 22 juillet 1987 et inscrit à présent dans le Code de l'Environnement, a conduit à la rédaction dans les départements de la Marne et de l'Aube de Dossiers Départementaux des Risques Majeurs (DDRM), approuvés tous deux en 2012. C'est sur ces rapports que s'appuie l'analyse suivante.

- ⇒ L'arrêté préfectoral de la Marne de 2016 fixant la liste des communes concernées par un ou plusieurs risques majeurs n'en identifie aucun sur les territoires communaux de Courcemain et Faux-Fresnay.
- ⇒ Concernant la commune de Plancy-l'Abbaye, le DDRM de l'Aube identifie l'existence d'un risque d'inondation et d'un barrage, ayant chacun fait l'objet d'un plan de prévention des risques d'inondation, et d'un risque lié au transport de matières dangereuses par canalisation de gaz.

#### Arrêté de catastrophes naturelles

Les communes incluses dans le périmètre d'étude de dangers ont fait l'objet d'arrêtés de catastrophe naturelle (source : georisques.gouv.fr, 2017) pour cause de :

Commune	Nature de la catastrophe naturelle	Date arrêté
Courcemain	Inondations, coulées de boue et mouvements de terrain	29/12/1999
Faux-Fresnay	Inondations, coulées de boue et mouvements de terrain	29/12/1999
Plancy-l'Abbaye	Inondations, coulées de boue et mouvements de terrain	29/12/1999

Tableau 7 : Arrêtés de catastrophe naturelle sur les territoires d'étude de dangers (source : georisques.gouv.fr, 2017)

### Inondation

#### Définition

Une inondation est une submersion, rapide ou lente, d'une zone habituellement hors d'eau.

On distingue trois types d'inondations :

- la montée lente des eaux par débordement d'un cours d'eau ou remontée de la nappe phréatique,
- la formation rapide de crues torrentielles consécutives à des averses violentes,
- Le ruissellement pluvial renforcé par l'imperméabilisation des sols et les pratiques culturales limitant l'infiltration des précipitations.

#### Sur le territoire d'étude

##### Inondation par débordement de cours d'eau

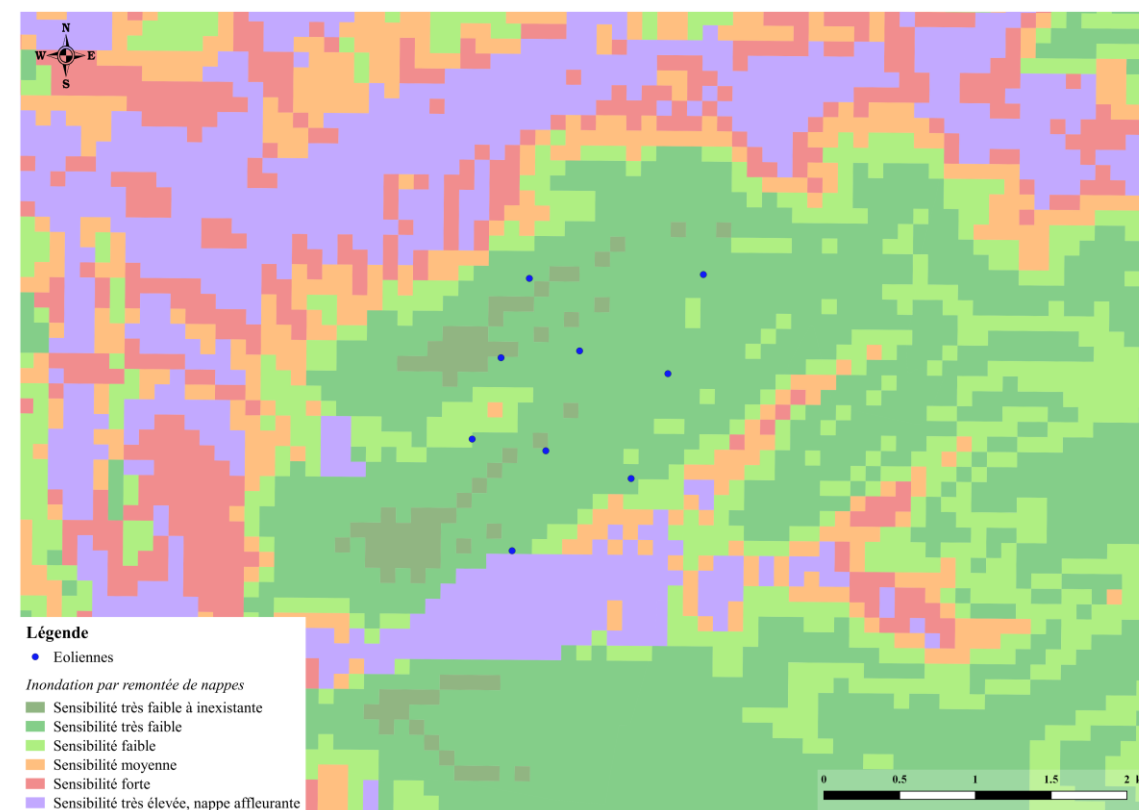
Aucun Plan de Prévention de Risque inondation (PPRi) ou Atlas des Zones Inondables (AZI) n'est inventorié sur les communes de Courcemain et Faux-Fresnay. En revanche la commune de Plancy-l'Abbaye est incluse dans le PPRi Aube Aval. Cependant, les zonages relatifs aux risques d'inondation sont limités aux abords de la rivière Aube, à plus de 5 km de l'éolienne la plus proche.

⇒ Le projet se situe en dehors de tout zonage réglementaire relatif aux inondations.

##### Inondation par remontée de nappe

Les communes de Courcemain et Faux-Fresnay présentent une sensibilité très élevée au risque de remontée de nappes dans les vallées de la Superbe et des ruisseaux du Moulin et de Salon, au sein desquelles la nappe est sub-affleurante. En s'éloignant de ces vallées la sensibilité à ce risque diminue progressivement.

Au droit des éoliennes, la sensibilité aux remontées de nappes est très faible. L'éolienne E9 la plus au Sud se situe néanmoins en limite de sensibilité très élevée (source : georisques.gouv.fr, 2017).



Carte 5 : Sensibilité des territoires d'accueil aux phénomènes d'inondations par remontée de nappe (source : inondationsnappes.fr, 2017)

⇒ La sensibilité aux risques d'inondation par remontées de nappe au droit des éoliennes est très faible.

## Mouvements de terrain

### Définition

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 jeu 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).

### Sur le territoire d'étude

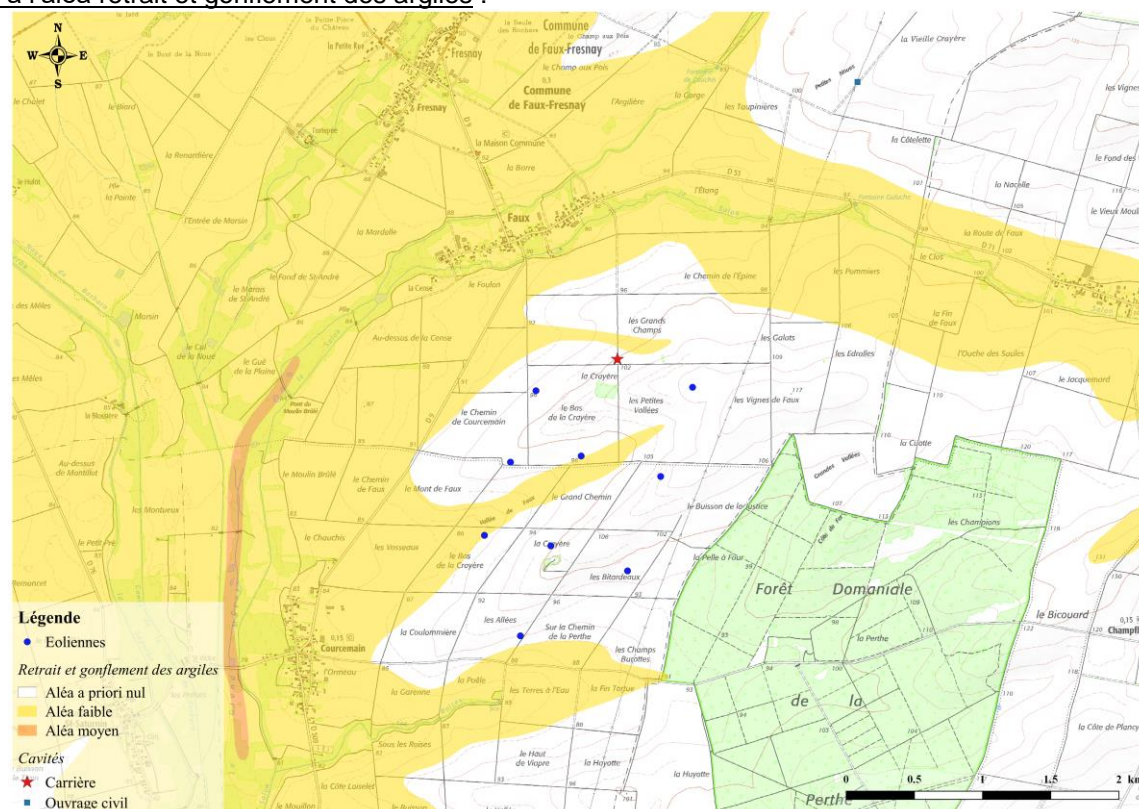
Deux cavités sont présentes sur la commune de Faux-Fresnay, recensées dans le tableau suivant. Aucune cavité n'est recensée sur les territoires communaux de Courcemain et Plancy-l'Abbaye (source : georisques.gouv.fr, 2017).

Identifiant	Nom	Type	Distance à la ZIP
CHAAW0002684	Les Petites Noues	Ouvrage civil	2,5 km NE E2
CHAAW0025361	Parcelle ZP 15	Carrière	0,59 km O E2

Tableau 8 : Cavités présentes sur le territoire communal de Faux-Fresnay (source : georisques.gouv.fr, 2017)

⇒ Aucune cavité n'est répertoriée dans le périmètre d'étude de dangers.  
 ⇒ La cavité la plus proche est située à 590 m à l'Ouest de l'éolienne E2, la plus proche. Il s'agit d'une carrière.

Relatif à l'aléa retrait et gonflement des argiles :



Carte 6 : Aléa retrait-gonflement des argiles du projet (source : www.argiles.fr, 2017)

⇒ Les éoliennes sont implantées dans des zones soumises à un aléa a priori nul à faible pour le retrait et gonflement des argiles. Ce point sera confirmé ou infirmé par la réalisation de sondages lors de la phase de travaux.

## Risque sismique

### Définition

Un séisme est une fracturation brutale des roches en profondeur créant des failles dans le sol et parfois en surface, et se traduisant par des vibrations du sol transmises aux bâtiments. Les dégâts observés sont fonction de l'amplitude, de la durée et de la fréquence des vibrations.

Le séisme est le risque naturel majeur qui cause le plus de dégâts. Depuis le 22 octobre 2010, la France dispose d'un nouveau zonage sismique divisant le territoire national en cinq zones de sismicité croissante en fonction de la probabilité d'occurrence des séismes (source : planseisme.fr).

### Sur le territoire d'étude

L'actuel zonage sismique classe les territoires d'accueil du projet en zone de sismicité 1 (très faible). Il n'y a pas de prescription particulière pour les bâtiments à risque normal.

⇒ Les territoires communaux intégrant le périmètre d'étude de dangers sont soumis à un risque sismique très faible.

## Feux de forêt et de culture

### Définition

Les feux de forêts sont des incendies qui se déclarent et se propagent sur une surface d'au moins un demi-hectare de forêt, de lande, de maquis, ou de garrigue.

Pour se déclencher et progresser, le feu a besoin des trois conditions suivantes :

- **Une source de chaleur** (flamme, étincelle) : très souvent l'homme est à l'origine des feux de forêts par imprudence (travaux agricoles et forestiers, cigarettes, barbecue, dépôts d'ordures...), accident ou malveillance,
- **Un apport d'oxygène** : le vent active la combustion,
- **Un combustible** (végétation) : le risque de feu est lié à différents paramètres : sécheresse, état d'entretien de la forêt, composition des différentes strates de végétation, essences forestières constituant les peuplements, relief, etc.

### Sur le territoire d'étude

Les Dossiers Départementaux des Risques Majeurs de la Marne et de l'Aube ne qualifient pas le risque incendie de forêt. Il peut donc être considéré comme faible, d'autant plus que le périmètre d'étude de dangers ne recoupe quasiment que des cultures (excepté une petite portion de la forêt de la Perthé à l'extrémité Sud-Ouest du périmètre, située à plus de 400 m de l'éolienne la plus proche).

⇒ Le risque de feux de forêt et de cultures est faible.

## Tempête

### Définition

L'atmosphère est un mélange de gaz et de vapeur d'eau, répartie en couches concentriques autour de la Terre. Trois paramètres principaux caractérisent l'état de l'atmosphère :

- **la pression** : les zones de basses pressions sont appelées **dépressions** celles où les pressions sont élevées, **anticyclones** ;
- **la température** ;
- **le taux d'humidité** : une tempête correspond à l'évolution d'une perturbation atmosphérique ou dépression, où se confrontent deux masses d'air aux caractéristiques bien distinctes (température – humidité).

Cette confrontation engendre un gradient de pression très élevé, à l'origine de vents violents et/ou de précipitations intenses. On parle de tempêtes pour des vents moyens supérieurs à 89 km/h (degré 10 de l'échelle de Beaufort qui en comporte 12).

Les tempêtes d'hiver sont fréquentes en Europe, car les océans sont encore chauds et l'air polaire déjà froid. Venant de l'Atlantique, elles traversent généralement la France en trois jours, du Sud-Ouest au Nord-Est, leur vitesse de déplacement étant de l'ordre de 50 km/h.

### Sur le territoire d'étude

En France, ce sont en moyenne chaque année quinze tempêtes qui affectent nos côtes, dont une à deux peuvent être qualifiées de " fortes " selon les critères utilisés par Météo France. Bien que le risque tempête intéresse plus spécialement le quart Nord-Ouest du territoire métropolitain et la façade atlantique dans sa totalité, les tempêtes survenues en décembre 1999 ont souligné qu'aucune partie du territoire n'est à l'abri du phénomène. Le risque tempête est qualifié dans le dossier Départemental des Risques Majeurs de la Marne, le département est qualifié de vulnérable. A Troyes, selon Météo-France, le nombre de jours annuels de tempête (vitesse supérieure à 100 km/h) est de 1,6. Dans le DDRM de l'Aube, le risque de tempête n'est pas qualifié.

⇒ Le risque de tempête est modéré.

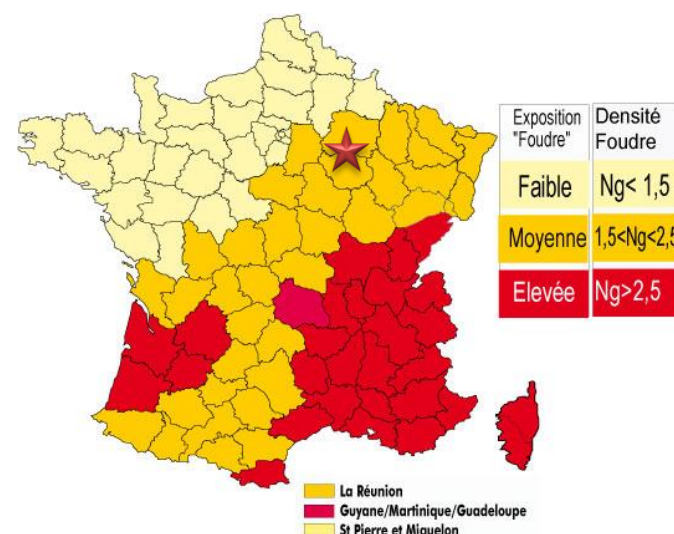
## Foudre

### Définition

Pour définir l'activité orageuse d'un secteur, il est fait référence à la densité de foudroiement, qui correspond au nombre d'impacts de foudre par an et par km<sup>2</sup> dans une région.

### Sur le territoire d'étude

Le climat global des départements de la Marne et de l'Aube est moyennement orageux : la densité de foudroiement est de 1,9 impacts par an par km<sup>2</sup>, légèrement inférieure à la moyenne nationale de 2.



Carte 7 : Densité de foudroiement / Légende : Etoile rouge – Localisation du projet (source : citel, 2014)

⇒ Le risque de foudre est modéré, légèrement inférieur à la moyenne nationale.

### 3.3. ENVIRONNEMENT MATERIEL

L'environnement matériel inventorié dans le périmètre d'étude de dangers est présenté sur la [Carte 8](#).

#### 3.3.1. Voies de communication

Les seules voies de communication présentes dans le périmètre d'étude de dangers sont des infrastructures routières, aucune voie navigable ou ferroviaire n'étant présente.

##### Infrastructures aériennes et servitudes associées

###### Relativement à l'aviation militaire

Par courrier réponse en date du 27 octobre 2015, l'Armée de l'Air informe que le projet ne fait l'objet d'aucune prescription locale.

###### Relativement à l'aviation civile

Par courrier réponse en date du 14 septembre 2015, la Direction Générale de l'Aviation Civile (DGAC) informe que le projet est situé dans un secteur à l'aplomb duquel a été instaurée une altitude minimale de secteur destinée à protéger les procédures aux instruments de l'aérodrome de Châlons-Vatry. Cette altitude est fixée à la cote NGF 635. Compte-tenu de la marge de franchissement d'obstacle réglementaire de 300 mètres, la construction d'obstacles artificiels nouveaux est ainsi limitée à la cote NGF 335. Sur la base d'éoliennes de 180 mètres de hauteur, le projet culmine à 297 m NGF. En conséquence, l'aviation civile n'a aucune opposition à formuler à l'encontre du projet.

##### Infrastructures ferroviaires

Aucune voie ferrée ne traverse le périmètre d'étude de dangers. La plus proche se situe à 10,6 km au Nord de l'éolienne E1, la plus proche.

##### Infrastructures routières présentes sur le périmètre d'étude

###### Introduction

Parmi les voies de communication présentes autour du projet, aucun axe structurant (plus de 2 000 véhicules/jour) n'est identifié dans le périmètre d'étude de dangers. Pour mémoire, les infrastructures routières les plus proches sont :

- La route nationale 4, reliant Paris à Strasbourg, à 10,8 km au Nord de l'éolienne E1 ;
- L'autoroute A26, de Calais à Troyes, située à 16 km à l'Est de l'éolienne E2 ;
- La route départementale 53 dans la Marne puis D7 dans l'Aube, reliant localement Faux-Fresnay à Salon, à 1 115 m de l'éolienne E1 ;
- La route départementale 9, reliant localement Courcemain à Faux-Fresnay, à 540 m de l'éolienne E1.

###### Sur le périmètre d'étude de dangers

Les seules infrastructures routières intégrant le périmètre d'étude de dangers sont des chemins d'exploitation. Ils sont identifiés par une numérotation arbitraire sur la carte des enjeux matériels, pour les besoins des calculs de risques associés.

###### Définition du trafic

Aucune donnée de trafic n'est disponible pour les chemins d'exploitation. Cependant, le trafic reste estimé largement inférieur à 2 000 véhicules/jour (infrastructures non structurantes empruntées pour les besoins des cultures et exploitations agricoles principalement).

Dans le tableau suivant sont présentées les distances des éoliennes aux chemins d'exploitation recensés, dans un rayon de 500 m autour de chaque éolienne.

##### Eloignement des voiries

Aucune préconisation d'éloignement des chemins d'exploitation n'a été formulée. Les éoliennes E1, E3, E4, E6 et E9 surplombent des chemins d'exploitation.

Eolienne	E1	E2	E3	E4	E5
Chemins d'exploitation	60 m Ce2 60 m Ce4 190 m Ce3 430 m Ce5 465 m Ce1	175 m Ce3	15 m Ce6 55 m Ce7 125 m Ce2 365 m Ce8 475 m Ce10	60 m Ce6 100 m Ce8 275 m Ce5 385 m Ce2 390 m Ce9	105 m Ce6 175 m Ce9 325 m Ce5 310 m Ce12 395 m Ce10 445 m Ce11
Eolienne	E6	E7	E8	E9	
Chemins d'exploitation	60 m Ce10 200 m Ce8 210 m Ce7 415 m Ce13	125 m Ce10 205 m Ce9 235 m Ce8 350 m Ce13	120 m Ce12 190 m Ce13 300 m Ce10 360 m Ce9 400 m Ce11 420 m Ce15 460 m Ce16	20 m Ce9 205 m Ce14 310 m Ce13 415 m Ce8 485 m Ce17	

Tableau 9 : Distance des éoliennes aux chemins d'exploitation dans un rayon de 500 m autour de chaque éolienne

⇒ Seuls des chemins d'exploitation évoluent dans le périmètre d'étude de dangers. Aucune infrastructure routière structurante (> 2 000 véhicules par jour) n'a été recensée.

##### Chemins de Randonnée

Aucun chemin de randonnée n'intègre le périmètre d'étude de dangers.

##### Risque de Transport de Marchandises Dangereuses (TMD)

Le risque lié au Transport de Marchandises Dangereuses, ou risque TMD, est consécutif à un accident se produisant lors du transport de ces marchandises par voie routière, ferroviaire, voie d'eau ou canalisation. Le Dossier Départemental des Risques Majeurs (DDRM) de la Marne précise que compte tenu de la diversité des produits transportés et des destinations, un accident de TMD peut survenir pratiquement n'importe où dans le département. Cependant, certains axes présentent une potentialité plus forte du fait de l'importance du trafic.

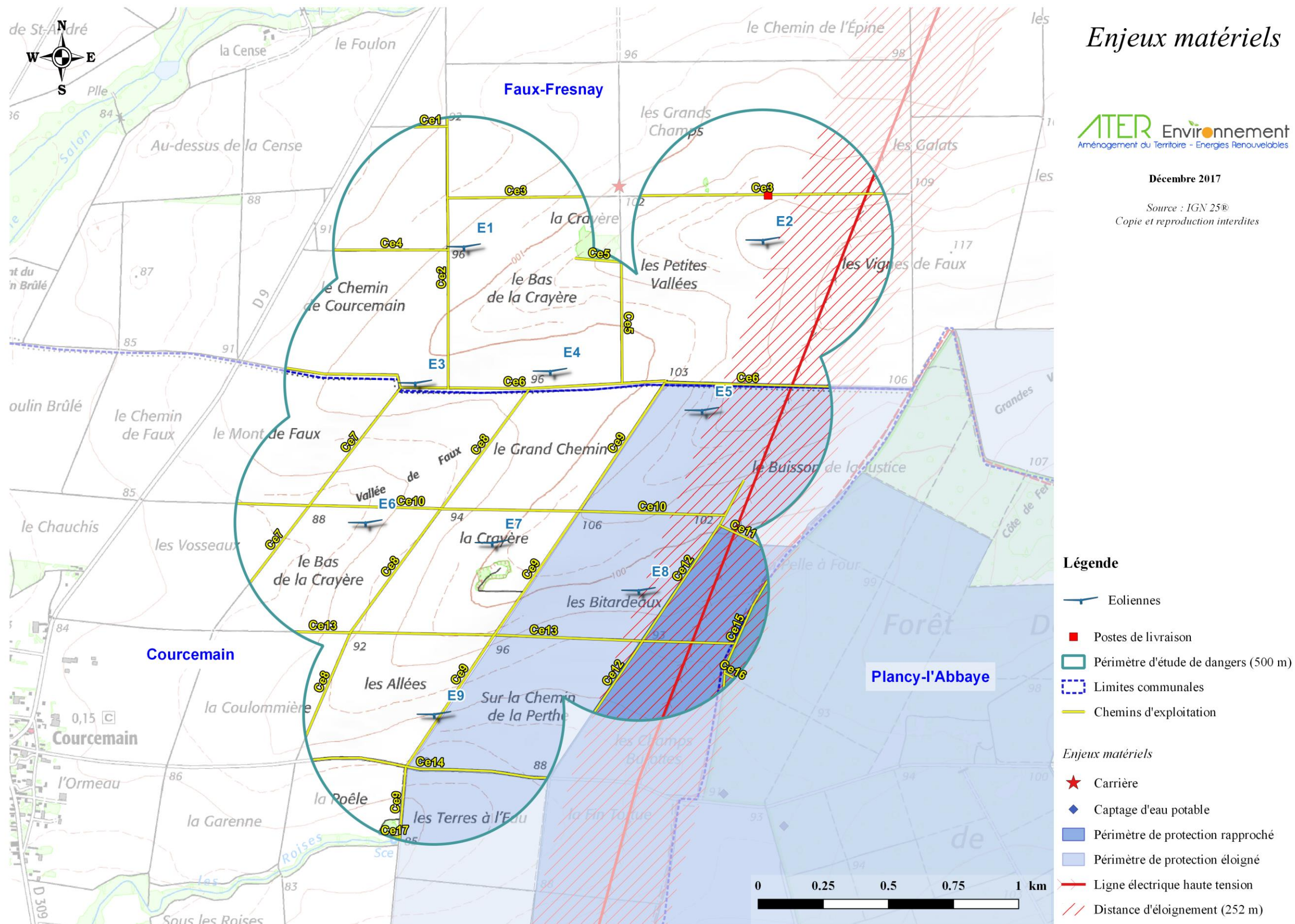
Sur les communes de Courcemain et Faux-Fresnay, aucun risque TMD spécifique n'est identifié. Sur la commune de Plancy-l'Abbaye en revanche, un risque TMD lié à une canalisation de gaz est identifié.

# Enjeux matériels

**ATER** Environnement  
Aménagement du Territoire - Energies Renouvelables

Décembre 2017

Source : IGN 25®  
Copie et reproduction interdites



- Légende**
- Eoliennes
  - Postes de livraison
  - Périmètre d'étude de dangers (500 m)
  - Limites communales
  - Chemins d'exploitation
- Enjeux matériels*
- Carrière
  - Captage d'eau potable
  - Périmètre de protection rapproché
  - Périmètre de protection éloigné
  - Ligne électrique haute tension
  - Distance d'éloignement (252 m)

Carte 8 : Enjeux matériels dans le périmètre d'étude de dangers

### 3.3.2. Réseaux publics et privés

#### *Servitudes liées aux réseaux de transport de matières*

Par courrier réponse en date du 27 février 2015, la société GRT Gaz informe qu'elle n'exploite pas d'ouvrage de transport de gaz à proximité de la zone d'implantation du projet.

#### *Servitude radioélectrique*

Selon l'Agence Nationale des Fréquences (source : servitudes.anfr.fr, 2017), aucune servitude radioélectrique dans le périmètre d'étude de dangers.

#### *Servitude électrique*

Une ligne électrique très haute tension est référencée par RTE au sein du périmètre d'étude de dangers (ligne 400 000 V Méry-sur-Seine/Vesle n°1). Une distance de recul égale à 1,4 fois la hauteur totale de l'éolienne, pales comprises, est requise, soit 252 m pour une éolienne de 180 m. L'implantation retenue respecte ces préconisations, puisque l'éolienne E8 la plus proche est située à 260 m de la ligne électrique.

#### *Radar Météo France*

Par courrier réponse en date du 3 février 2015, Météo France informe que le projet est situé à plus de 30 km du radar le plus proche, à savoir celui d'Arcis-sur-Aube. Cette distance est supérieure à la distance minimale d'éloignement fixée par l'arrêté du 26 août 2011 relatif aux installations de production d'électricité utilisant l'énergie éolienne, soit 20 km pour un radar de bande C. Dès lors, aucune contrainte réglementaire spécifique ne pèse sur ce projet au regard des radars météorologiques et l'avis de Météo France n'est pas requis pour sa réalisation.

#### *Captage d'alimentation en eau potable*

Le captage en alimentation en eau potable le plus proche du périmètre d'étude de dangers est situé sur la commune de Plancy-l'Abbaye, en bordure de la forêt de la Perthe, à 850 m au Sud-Est de l'éolienne E8, la plus proche. Les éoliennes E5 et E8 sont situées dans le périmètre de protection éloigné défini pour ce captage. Il n'y a pas de recommandations particulières relatives à l'implantation d'éoliennes dans le périmètre de protection éloigné, si des mesures de maîtrise des risques sont mises en place pour tous les dangers identifiés. En revanche, l'implantation dans le périmètre rapproché n'est pas envisageable.

### 3.3.3. Autres ouvrages publics

Aucun autre ouvrage public n'a été recensé dans le périmètre d'étude de dangers.

### 3.3.4. Patrimoine historique et culturel

#### *Monument historique*

Aucun monument historique ne se situe à l'intérieur du périmètre d'étude de dangers. Le plus proche est l'Eglise de Salon. Il s'agit d'un monument historique classé, localisé à 3,3 km au Nord-Est de l'éolienne E2.

#### *Archéologie*

Par courrier réponse en date du 2 février 2015, la Direction Régionale des Affaires Culturelles informe que le projet se situe en zone archéologique potentielle. Par conséquent, une prescription de diagnostic ou de fouille archéologique pourra être émise préalablement au démarrage des travaux, conformément au Code du patrimoine livre V titre II, relatif à l'archéologie préventive. Le plan des terrassements et aménagements prévus sera à transmettre au préfet de région avant le démarrage des travaux, afin de déterminer les prescriptions archéologiques applicables (diagnostic et/ou fouille).

### 3.4. CARTOGRAPHIE DE SYNTHÈSE

En conclusion de ce chapitre, une cartographie de synthèse permet d'identifier géographiquement les enjeux à protéger dans le périmètre d'étude de dangers (voir carte des enjeux humains et matériels en page 26). Les différents périmètres d'étude (zone de surplomb, de ruine, de projection de glace, etc.) correspondent aux différents scénarii de risque développés dans le chapitre 8.

#### 3.4.1. Définitions des périmètres d'étude

Selon les risques encourus, différents périmètres d'étude (ou zone d'effet) ont été identifiés :

- **Zone de surplomb** (0 – 63 m) : elle correspond à la zone de risque de chute d'éléments provenant de la machine ou de chute de glace, par action de la gravité. L'hypothèse retenue correspond au scénario le plus impactant, c'est-à-dire le plus grand rayon de rotor, de 63 m pour les machines V126 et G126 ;
- **Zone d'effondrement** (0 – 180 m) : aussi appelée zone de ruine de machine, elle correspond à la zone où l'éolienne peut tomber au sol, soit une zone de rayon 180 m, qui correspond à la hauteur totale maximale de l'éolienne, pour les modèles les plus hauts.

La surface au sol potentiellement impactée par l'effondrement de la machine est définie par la formule :  

$$\text{Hauteur moyeu} \times \text{diamètre base mât} + 3 \times \text{rayon rotor} \times \text{diamètre base pale} / 2$$

Selon les caractéristiques des machines étudiées, la surface impactée par l'effondrement de la machine évolue entre 727 m<sup>2</sup> pour la N117 et 1 639 m<sup>2</sup> pour la E115.

- **Zone de projection de glace** (0 – 361,5 m) : elle correspond à la zone où des morceaux de glace, généralement formés sur les pales, peuvent être projetés lors de la mise en route de la machine. Ce périmètre est défini selon la formule suivante :  

$$1,5 \times (\text{hauteur au moyeu} + \text{diamètre du rotor})$$

Selon les gabarits des machines envisagées, le rayon de projection de glace évolue entre 342 m (G126) et 361,5 m (MM122). L'hypothèse la plus défavorable est retenue, **une zone de projection de glace de 361,5 m de rayon sera étudiée, définie à partir d'une hauteur au moyeu de 119 m et un rayon de rotor de 61 m (modèle MM122 du constructeur SENVION).**

- **Zone de projection de pale** (0 – 500 m) : elle correspond à la zone où des morceaux de pale, dans le cas d'une fracture de cette dernière, peuvent être projetés. Cette zone a été définie par le SER/FEE/INERIS dans sa trame type (2012) comme étant limitée à 500 m du mât de la machine.

#### 3.4.2. Les enjeux humains

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.

##### Terrains non bâtis – terrains non aménagés et très peu fréquentés

En s'appuyant sur la circulaire du 10 mai 2010, pour les terrains non aménagés et très peu fréquentés (champs, prairies, forêts, friches, marais, etc.), on comptabilise 1 personne par tranche de 100 ha, afin de calculer le nombre d'individus présents sur ces terrains.

Pour chaque éolienne, la superficie de ces terrains non bâtis a été calculée à partir de la formule suivante :

$$Z_E = \pi \times R^2$$

Remarque : Z<sub>E</sub> correspond à la zone d'effet du risque identifié (voir paragraphe 8.2)

	Zone de surplomb	Zone de ruine	Zone de projection de glace	Intégralité du périmètre
<b>Rayon</b>	63 m	180 m	361,5 m	500 m
<b>Superficie</b>	1,25 ha	10,18 ha	41,06 ha	78,5 ha
<b>Nombre d'individus</b>	0,01 personne	0,10 personne	0,41 personne	0,79 personne

Tableau 10 : Définition de l'enjeu humain relatif aux terrains non aménagés très peu fréquentés

##### Infrastructures routières structurantes

En s'appuyant sur la circulaire du 10 mai 2010, récapitulant les règles méthodologiques applicables aux études de dangers du ministère de l'écologie, de l'énergie, du développement durable et de la mer, « *Les voies de circulation n'ont à être prises en considération que si elles sont empruntées par un nombre significatif de personnes qui ne sont pas déjà comptées parmi les personnes exposées dans d'autres catégories d'installation [...]* ». Seules les infrastructures routières structurantes (plus de 2 000 véhicules par jour) appartiennent à cette catégorie. Les routes dont le trafic journalier est inférieur à cette valeur sont assimilées au terrain non bâtis aménagés mais peu fréquentés.

L'inventaire des voies de communication présentes au sein du périmètre d'étude de dangers est présenté dans la partie 3.3.1 de la présente étude de dangers. **Aucune infrastructure routière structurante (> 2 000 véhicules/jour) ne traverse le périmètre d'étude de dangers.**

### Infrastructures routières non structurantes – terrains aménagés peu fréquentés

En s'appuyant sur la circulaire du 10 mai 2010, pour les terrains aménagés mais peu fréquentés (voies de circulation non structurantes, jardins et zones horticoles, vignes, zones de pêche, gares de triage, etc.) la formule suivante est utilisée : 1 personne par tranche de 10 ha, afin de calculer le nombre d'individus présents sur ces terrains.

Selon le guide de l'INERIS, les voies de circulation non structurantes (< 2 000 véhicules par jour) sont considérées comme terrains aménagés mais peu fréquentés.

Les tableaux suivants comptabilisent le nombre de personnes impactées par éolienne par zone d'effet des risques identifiés. Pour les calculs de surface impactée, on considère une largeur d'infrastructure de 5 m pour les chemins d'exploitation.

Nom de la voie de circulation	Périmètre concerné	Longueur de l'infrastructure (mètres)	Surface en ha	Nombre d'individus exposés 1 personne / 10 ha
<b>EOLIENNE E1</b>				
<b>Ce1</b>	Zone de projection de pale	140	0,07	0,01
<b>Ce2</b>	Zone de surplomb	41	0,02	0,01
	Zone de ruine	340	0,17	0,02
	Zone de projection de glace	710	0,36	0,04
<b>Ce3</b>	Zone de projection de pale	990	0,50	0,05
	Zone de projection de glace	370	0,19	0,02
<b>Ce4</b>	Zone de projection de pale	525	0,26	0,03
	Zone de surplomb	5	0,00	0,01
<b>Ce5</b>	Zone de ruine	120	0,06	0,01
	Zone de projection de glace	305	0,15	0,02
	Zone de projection de pale	440	0,22	0,03
<b>Ce6</b>	Zone de projection de pale	70	0,04	0,01
<b>EOLIENNE E2</b>				
<b>Ce3</b>	Zone de ruine	90	0,05	0,01
	Zone de projection de glace	635	0,32	0,04
	Zone de projection de pale	940	0,47	0,05
<b>EOLIENNE E3</b>				
<b>Ce2</b>	Zone de ruine	145	0,07	0,01
	Zone de projection de glace	360	0,18	0,02
	Zone de projection de pale	500	0,25	0,03
<b>Ce6</b>	Zone de surplomb	140	0,07	0,01
	Zone de ruine	395	0,20	0,02
	Zone de projection de glace	760	0,38	0,04
	Zone de projection de pale	1040	0,52	0,06
<b>Ce7</b>	Zone de surplomb	10	0,01	0,01
	Zone de ruine	130	0,07	0,01
	Zone de projection de glace	315	0,16	0,02
	Zone de projection de pale	450	0,23	0,03
<b>Ce8</b>	Zone de projection de pale	585	0,29	0,03
<b>Ce10</b>	Zone de projection de pale	270	0,14	0,02

Nom de la voie de circulation	Périmètre concerné	Longueur de l'infrastructure (mètres)	Surface en ha	Nombre d'individus exposés 1 personne / 10 ha
<b>EOLIENNE E4</b>				
<b>Ce2</b>	Zone de projection de pale	375	0,19	0,02
<b>Ce5</b>	Zone de projection de glace	280	0,14	0,02
	Zone de projection de pale	645	0,32	0,04
<b>Ce6</b>	Zone de surplomb	20	0,01	0,01
	Zone de ruine	340	0,17	0,02
	Zone de projection de glace	715	0,36	0,04
	Zone de projection de pale	1000	0,50	0,05
<b>Ce8</b>	Zone de ruine	80	0,04	0,01
	Zone de projection de glace	260	0,13	0,02
	Zone de projection de pale	400	0,20	0,02
<b>Ce9</b>	Zone de projection de pale	525	0,26	0,03
<b>EOLIENNE E5</b>				
<b>Ce5</b>	Zone de projection de glace	85	0,04	0,01
	Zone de projection de pale	290	0,15	0,02
<b>Ce6</b>	Zone de ruine	295	0,15	0,02
	Zone de projection de glace	700	0,35	0,04
	Zone de projection de pale	985	0,49	0,05
<b>Ce9</b>	Zone de ruine	50	0,03	0,01
	Zone de projection de glace	325	0,16	0,02
	Zone de projection de pale	480	0,24	0,03
<b>Ce10</b>	Zone de projection de pale	400	0,20	0,02
<b>Ce11</b>	Zone de projection de pale	85	0,04	0,01
<b>Ce12</b>	Zone de projection de glace	80	0,04	0,01
	Zone de projection de pale	265	0,13	0,02
<b>EOLIENNE E6</b>				
<b>Ce7</b>	Zone de projection de glace	590	0,30	0,03
	Zone de projection de pale	910	0,46	0,05
<b>Ce8</b>	Zone de projection de glace	600	0,30	0,03
	Zone de projection de pale	910	0,46	0,05
<b>Ce10</b>	Zone de surplomb	35	0,02	0,01
	Zone de ruine	340	0,17	0,02
	Zone de projection de glace	715	0,36	0,04
	Zone de projection de pale	990	0,50	0,05
<b>Ce13</b>	Zone de projection de pale	530	0,27	0,03



Nom de la voie de circulation	Périmètre concerné	Longueur de l'infrastructure (mètres)	Surface en ha	Nombre d'individus exposés 1 personne / 10 ha
<b>EOLIENNE E7</b>				
<b>Ce8</b>	Zone de projection de glace	550	0,28	0,03
	Zone de projection de pale	885	0,44	0,05
<b>Ce9</b>	Zone de projection de glace	590	0,30	0,03
	Zone de projection de pale	910	0,46	0,05
<b>Ce10</b>	Zone de ruine	255	0,13	0,02
	Zone de projection de glace	680	0,34	0,04
	Zone de projection de pale	970	0,49	0,05
<b>Ce13</b>	Zone de projection de glace	135	0,07	0,01
	Zone de projection de pale	700	0,35	0,04
<b>EOLIENNE E8</b>				
<b>Ce9</b>	Zone de projection de glace	50	0,03	0,01
	Zone de projection de pale	690	0,35	0,04
<b>Ce10</b>	Zone de projection de glace	415	0,21	0,03
	Zone de projection de pale	730	0,37	0,04
<b>Ce11</b>	Zone de projection de pale	180	0,09	0,01
<b>Ce12</b>	Zone de ruine	265	0,13	0,02
	Zone de projection de glace	680	0,34	0,04
	Zone de projection de pale	975	0,49	0,05
<b>Ce13</b>	Zone de projection de glace	615	0,31	0,04
	Zone de projection de pale	840	0,42	0,05
<b>Ce15</b>	Zone de projection de pale	460	0,23	0,03
<b>Ce16</b>	Zone de projection de pale	40	0,02	0,01
<b>EOLIENNE E9</b>				
<b>Ce8</b>	Zone de projection de pale	595	0,30	0,03
<b>Ce9</b>	Zone de surplomb	120	0,06	0,01
	Zone de ruine	355	0,18	0,02
	Zone de projection de glace	730	0,37	0,04
	Zone de projection de pale	1010	0,51	0,06
<b>Ce13</b>	Zone de projection de glace	375	0,19	0,02
	Zone de projection de pale	790	0,40	0,04
<b>Ce14</b>	Zone de projection de glace	610	0,31	0,04
	Zone de projection de pale	910	0,46	0,05
<b>Ce17</b>	Zone de projection de pale	35	0,02	0,01

Tableau 11 : Définition de l'enjeu humain relatif aux terrains aménagés mais peu fréquentés par éolienne

L'enjeu humain relatif aux infrastructures routières non structurantes (terrains aménagés mais peu fréquentés) est largement inférieur à 1 personne pour chaque éolienne étudiée.

#### Etablissements recevant du public (ERP)

Aucun établissement recevant du public n'est intégré dans le périmètre d'étude de dangers.

#### Chemins de randonnées

Aucun chemin de randonnée n'intègre le périmètre d'étude de dangers.

### 3.4.3. Enjeux matériels

Outre l'installation en elle-même, les principaux enjeux sont liés à la présence des infrastructures routières.

### 3.4.4. Synthèse des risques

Le tableau suivant présente la synthèse des enjeux humains totaux, cumulant les enjeux humains relatifs aux terrains non aménagés et très peu fréquentés et aux terrains aménagés mais peu fréquentés, pour l'ensemble des éoliennes et scénarios étudiés.

Eolienne	Ensemble homogène	Superficie exposée (ha)	Règle de calcul	Enjeux humains	Enjeux humains totaux
<b>Zone de surplomb</b>					
E1	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	1,22	1 pers / 100 ha	0,02	0,03
	Terrains aménagés mais peu fréquentés	0,02	1 pers / 10 ha	0,01	
E2	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	1,25	1 pers / 100 ha	0,02	0,02
E3	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	1,17	1 pers / 100 ha	0,02	0,03
	Terrains aménagés mais peu fréquentés	0,08	1 pers / 10 ha	0,01	
E4	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	1,24	1 pers / 100 ha	0,02	0,03
	Terrains aménagés mais peu fréquentés	0,01	1 pers / 10 ha	0,01	
E5	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	1,25	1 pers / 100 ha	0,02	0,02
E6	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	1,23	1 pers / 100 ha	0,02	0,03
	Terrains aménagés mais peu fréquentés	0,02	1 pers / 10 ha	0,01	
E7	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	1,25	1 pers / 100 ha	0,02	0,02
E8	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	1,25	1 pers / 100 ha	0,02	0,02
E9	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	1,19	1 pers / 100 ha	0,02	0,03
	Terrains aménagés mais peu fréquentés	0,06	1 pers / 10 ha	0,01	
<b>Zone de ruine</b>					
E1	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	9,95	1 pers / 100 ha	0,10	0,13
	Terrains aménagés mais peu fréquentés	0,23	1 pers / 10 ha	0,03	
E2	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	10,13	1 pers / 100 ha	0,11	0,12
	Terrains aménagés mais peu fréquentés	0,05	1 pers / 10 ha	0,01	
E3	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	9,84	1 pers / 100 ha	0,10	0,14
	Terrains aménagés mais peu fréquentés	0,34	1 pers / 10 ha	0,04	
E4	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	9,97	1 pers / 100 ha	0,10	0,13
	Terrains aménagés mais peu fréquentés	0,21	1 pers / 10 ha	0,03	
E5	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	10,01	1 pers / 100 ha	0,11	0,13
	Terrains aménagés mais peu fréquentés	0,17	1 pers / 10 ha	0,02	
E6	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	10,01	1 pers / 100 ha	0,11	0,13
	Terrains aménagés mais peu fréquentés	0,17	1 pers / 10 ha	0,02	
E7	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	10,05	1 pers / 100 ha	0,11	0,13
	Terrains aménagés mais peu fréquentés	0,13	1 pers / 10 ha	0,02	
E8	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	10,05	1 pers / 100 ha	0,11	0,13
	Terrains aménagés mais peu fréquentés	0,13	1 pers / 10 ha	0,02	
E9	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	10,00	1 pers / 100 ha	0,11	0,13
	Terrains aménagés mais peu fréquentés	0,18	1 pers / 10 ha	0,02	

Eolienne	Ensemble homogène	Superficie exposée (ha)	Règle de calcul	Enjeux humains	Enjeux humains totaux
<b>Zone de projection de glace</b>					
E1	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	40,36	1 pers / 100 ha	0,41	0,48
	Terrains aménagés mais peu fréquentés	0,69	1 pers / 10 ha	0,07	
E2	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	40,74	1 pers / 100 ha	0,41	0,45
	Terrains aménagés mais peu fréquentés	0,32	1 pers / 10 ha	0,04	
E3	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	40,34	1 pers / 100 ha	0,41	0,49
	Terrains aménagés mais peu fréquentés	0,72	1 pers / 10 ha	0,08	
E4	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	40,43	1 pers / 100 ha	0,41	0,48
	Terrains aménagés mais peu fréquentés	0,63	1 pers / 10 ha	0,07	
E5	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	40,46	1 pers / 100 ha	0,41	0,47
	Terrains aménagés mais peu fréquentés	0,60	1 pers / 10 ha	0,06	
E6	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	40,10	1 pers / 100 ha	0,41	0,51
	Terrains aménagés mais peu fréquentés	0,95	1 pers / 10 ha	0,10	
E7	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	40,08	1 pers / 100 ha	0,41	0,51
	Terrains aménagés mais peu fréquentés	0,98	1 pers / 10 ha	0,10	
E8	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	40,18	1 pers / 100 ha	0,41	0,50
	Terrains aménagés mais peu fréquentés	0,88	1 pers / 10 ha	0,09	
E9	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	40,20	1 pers / 100 ha	0,41	0,50
	Terrains aménagés mais peu fréquentés	0,86	1 pers / 10 ha	0,09	
<b>Zone de projection de pale</b>					
E1	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	77,46	1 pers / 100 ha	0,78	0,89
	Terrains aménagés mais peu fréquentés	1,08	1 pers / 10 ha	0,11	
E2	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	78,07	1 pers / 100 ha	0,79	0,84
	Terrains aménagés mais peu fréquentés	0,47	1 pers / 10 ha	0,05	
E3	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	77,12	1 pers / 100 ha	0,78	0,93
	Terrains aménagés mais peu fréquentés	1,42	1 pers / 10 ha	0,15	
E4	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	77,07	1 pers / 100 ha	0,78	0,93
	Terrains aménagés mais peu fréquentés	1,47	1 pers / 10 ha	0,15	
E5	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	77,29	1 pers / 100 ha	0,78	0,91
	Terrains aménagés mais peu fréquentés	1,25	1 pers / 10 ha	0,13	
E6	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	76,87	1 pers / 100 ha	0,77	0,94
	Terrains aménagés mais peu fréquentés	1,67	1 pers / 10 ha	0,17	
E7	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	76,81	1 pers / 100 ha	0,77	0,95
	Terrains aménagés mais peu fréquentés	1,73	1 pers / 10 ha	0,18	
E8	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	76,58	1 pers / 100 ha	0,77	0,97
	Terrains aménagés mais peu fréquentés	1,96	1 pers / 10 ha	0,20	
E9	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	76,87	1 pers / 100 ha	0,77	0,94
	Terrains aménagés mais peu fréquentés	1,67	1 pers / 10 ha	0,17	

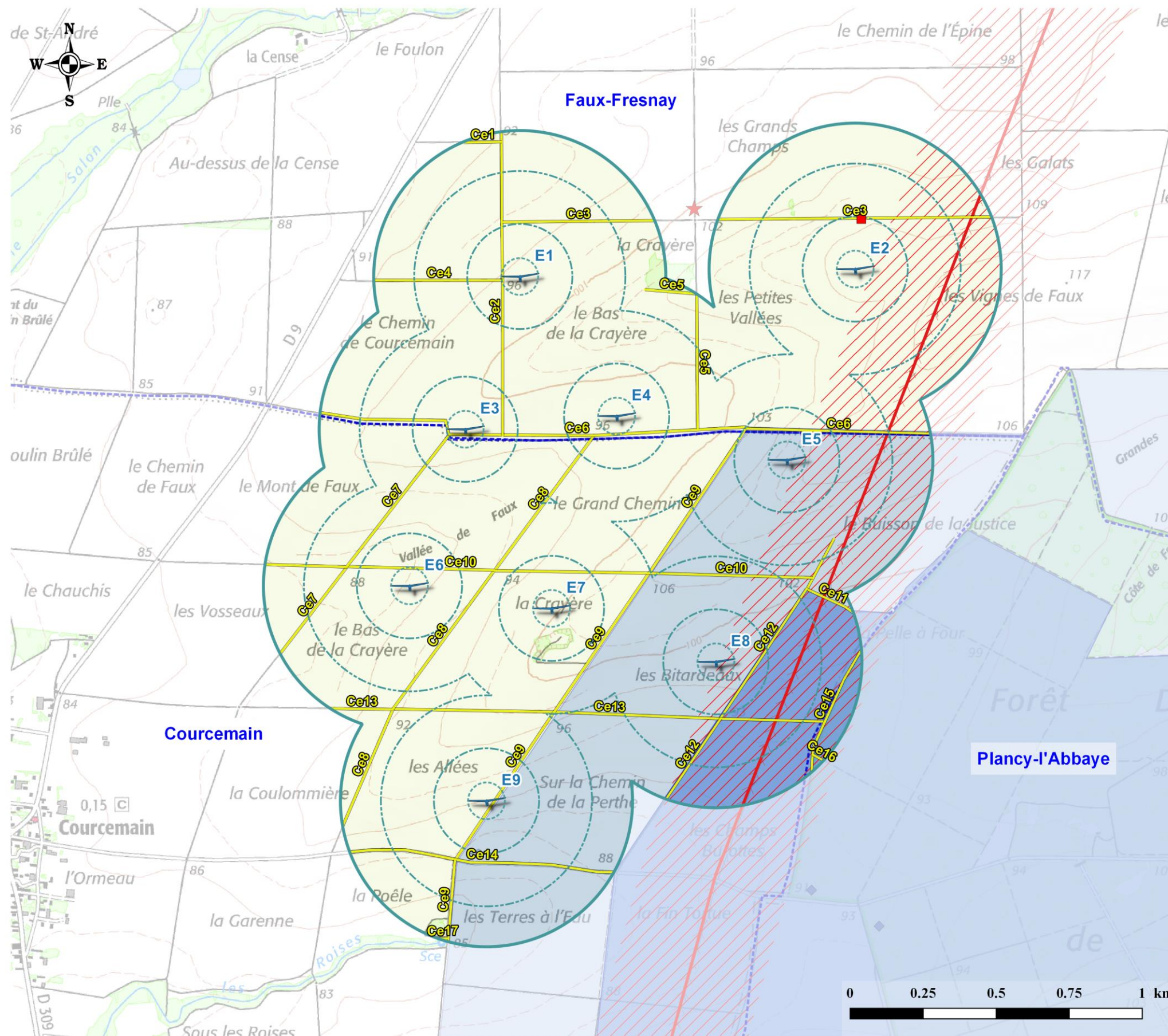
Tableau 12 : Synthèse des enjeux humains

# Enjeux humains et matériels

**ATER** Environnement  
Aménagement du Territoire - Energies Renouvelables

Décembre 2017

Source : IGN 25®  
Copie et reproduction interdites



## Légende

- Eoliennes
- Postes de livraison
- Limites communales
- Chemins d'exploitation
- Enjeux matériels**
- Carrière
- Captage d'eau potable
- Périmètre de protection rapproché
- Périmètre de protection éloigné
- Ligne électrique haute tension
- Distance d'éloignement (252 m)
- Zones d'effet étudiées**
- Zone de surplomb (63 m)
- Zone d'effondrement (180 m)
- Zone de projection de glace (361,5 m)
- Zone de projection de pales (500 m)
- Personnes exposées**
- Moins de 1 personne

Carte 9 : Enjeux humains et matériels dans le périmètre d'étude de dangers

## 4 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 danger qu'elle représente (chapitre 5), au regard notamment de la sensibilité de l'environnement décrit précédemment.

### 4.1. CARACTERISTIQUES DE L'INSTALLATION

#### 4.1.1. 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 4.3.1) :

- 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 ») ;
- Des postes de livraison électriques, 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 mesure de vent, aire d'accueil du public, aire de stationnement, etc.

#### 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. 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 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.

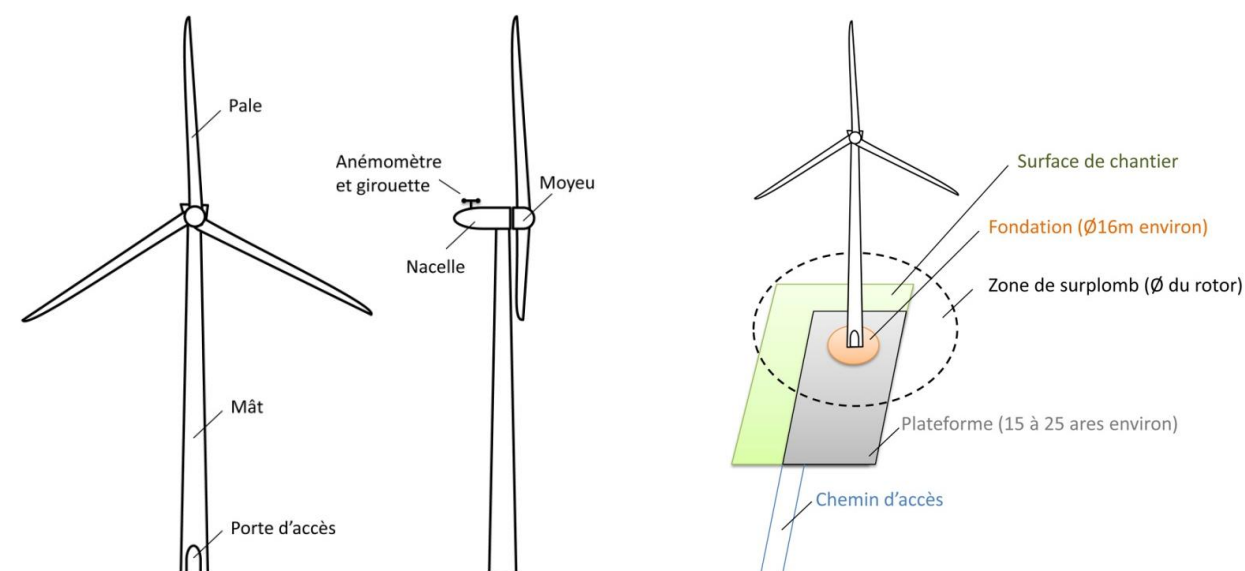


Figure 5 : Schéma simplifié d'un aérogénérateur (à gauche) - Illustration des emprises au sol d'une éolienne (à droite) (Les dimensions sont données à titre d'illustration pour une éolienne d'environ 150 m de hauteur totale) (source : INERIS/SER/FEE, 2012)

#### 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 terre végétale. 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

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 éolien :

- L'aménagement de ces accès concerne principalement les chemins agricoles existants ;
- Si nécessaire, de nouveaux chemins sont créés sur les parcelles agricoles.

Durant la phase 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).

#### Autres installations

Certains parcs éoliens peuvent aussi intégrer des aires d'accueil d'information du grand public, de parkings d'accès, de parcours pédagogiques, etc.

### 4.1.2. Activité de l'installation

L'activité principale du parc éolien de la Crayère est la production d'électricité à partir de l'énergie mécanique du vent avec une hauteur de moyeu de 102 à 125 mètres. Cette installation est donc soumise à la rubrique 2980 des installations classées pour la protection de l'environnement.

### 4.1.3. Composition de l'installation

Le parc éolien de la Crayère est composé de 9 aérogénérateurs et de 3 postes de livraison. Chaque aérogénérateur a une hauteur de moyeu comprise entre 102 et 125 mètres et un rayon de rotor compris entre 55 et 63 mètres, soit une hauteur totale en bout de pale comprise entre 165 m et 180 mètres maximum.

Le tableau suivant indique les coordonnées géographiques des aérogénérateurs et des postes de livraison dans le système de coordonnées NTF Lambert 93.

Construction	Commune	Coordonnées Lambert 93		Altitude NGF	
		X	Y	Au sol	Altitude totale maximale
E1	Faux-Fresnay	769 486	6 837 581	96 m	276 m
E2	Faux-Fresnay	770 633	6 837 608	111 m	291 m
E3	Faux-Fresnay	769 300	6 837 058	97 m	277 m
E4	Faux-Fresnay	769 818	6 837 103	97 m	277 m
E5	Courcemain	770 402	6 836 953	108 m	288 m
E6	Courcemain	769 109	6 836 522	90 m	270 m
E7	Courcemain	769 595	6 836 445	100 m	280 m
E8	Courcemain	770 158	6 836 261	96 m	276 m
E9	Courcemain	769 372	6 835 785	90 m	270 m
PdL1	Faux-Fresnay	770 690	6 837 766	107 m	109,5 m
PdL2	Faux-Fresnay	770 669	6 837 766	107 m	109,5 m
PdL3	Faux-Fresnay	770 708	6 837 766	107 m	109,5 m

Tableau 13 : Coordonnées géographiques du parc éolien (PdL : Poste de Livraison) (source : Elicio, 2017)

Remarque : en annexe 10.6, les coordonnées géographiques des aérogénérateurs et du poste de livraison sont données dans le système de coordonnées WGS 84 en degré, minute, seconde.

## 4.2. FONCTIONNEMENT DE L'INSTALLATION

### 4.2.1. Principe de fonctionnement d'un aérogénérateur

Les instruments de mesure de vent placés au-dessus de la nacelle conditionnent le fonctionnement de l'éolienne. Grâce aux informations transmises par l'**anémomètre** qui détermine la vitesse et 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 9 km/h (2,5 m/s), et 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, on parle d'éolienne synchrone. Seule l'éolienne E115 du constructeur Enercon appartient à cette catégorie parmi les éoliennes étudiées.

La puissance électrique produite varie en fonction de la vitesse de rotation du rotor. Dès que le vent atteint environ 39,6 km/h (11 m/s) à hauteur de nacelle, l'éolienne fournit sa puissance maximale. Cette puissance est dite « nominale ». Pour un aérogénérateur Vestas V126 de 3,3 MW par exemple, la production électrique atteint 3 300 kWh dès que le vent atteint environ 39,6 km/h à hauteur de nacelle.

L'électricité produite par la génératrice est convertie en 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, l'éolienne cesse de fonctionner pour des raisons de sécurité. Deux systèmes de freinage permettent 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.

### Découpage fonctionnel de l'installation

#### Fondations

Fonction	Ancrer et stabiliser l'éolienne dans le sol
Description	<p>Le massif de fondation est composé de béton armé et conçu pour répondre aux prescriptions de l'Eurocode 2. Les fondations ont entre 2 et 4 mètres d'épaisseur pour un diamètre de l'ordre d'une vingtaine de mètres. Ceci représente une masse de béton d'environ 1 000 tonnes. Un insert métallique disposé au centre du massif sert de fixation pour la base de la tour. Il répond aux prescriptions de l'Eurocode 3. Cette structure doit répondre aux calculs de dimensionnement des massifs qui prennent en compte les caractéristiques suivantes :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Le type d'éolienne ;</li> <li>La nature des sols ;</li> <li>Les conditions météorologiques extrêmes ;</li> <li>Les conditions de fatigue.</li> </ul>

▪ **Tour / mât**

<b>Fonction</b>	Supporter la nacelle et le rotor
<b>Description</b>	<p>La tour des éoliennes (également appelée mât) est constituée de plusieurs sections tubulaires en acier, de plusieurs dizaines de millimètres d'épaisseur et de forme tronconique, qui sont assemblées entre elles par brides. Fixée par une bride à l'insert disposé dans le massif de fondation, la tour est autoportante.</p> <p>La hauteur de la tour, ainsi que ses autres dimensions, sont en relation avec le diamètre du rotor, la classe des vents, la topologie du site et la puissance recherchée.</p> <p>La tour a avant tout une fonction de support de la nacelle mais elle permet également le cheminement des câbles électriques de puissance et de contrôle et abrite :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Une échelle d'accès à la nacelle ;</li> <li>• Un élévateur de personnes ;</li> <li>• Une armoire de contrôle et des armoires de batteries d'accumulateurs (en point bas) ;</li> <li>• Les cellules de protection électriques.</li> </ul>
<b>Tension dans les câbles présents dans la tour</b>	Jusqu'à 690 V

▪ **Nacelle**

<b>Fonctions</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Supporter le rotor</li> <li>• Abriter le dispositif de conversion de l'énergie mécanique en électricité ainsi que les dispositifs de contrôle et de sécurité</li> </ul>
<b>Description</b>	<p>La nacelle se situe au sommet de la tour et abrite les composants mécaniques, hydrauliques, électriques et électroniques, nécessaires au fonctionnement de l'éolienne (voir Figure 6).</p> <p>Elle est constituée d'une structure métallique habillée de panneaux en fibre de verre, et est équipée de fenêtres de toit permettant d'accéder à l'extérieur.</p> <p>Le système de refroidissement assure le refroidissement des principaux éléments de l'éolienne et sert également de support pour les balisages lumineux et les capteurs de vent. Ces capteurs à ultrasons mesurent en permanence la vitesse et la direction du vent.</p> <p>Une sonde de température extérieure est placée sous la nacelle et reliée au contrôle commande.</p> <p>La nacelle n'est pas fixée de façon rigide à la tour. La partie intermédiaire entre la tour et la nacelle constitue le système d'orientation, appelé « yaw system », permettant à la nacelle de s'orienter face au vent, c'est-à-dire de positionner le rotor dans la direction du vent (l'orientation du rotor est forcée).</p> <p>Le système d'orientation est constitué de plusieurs dispositifs motoréducteurs solidaires de la nacelle, dont les arbres de sortie comportent un pignon s'engrenant sur une couronne dentée solidaire de la tour. Ces dispositifs permettent la rotation de la nacelle et son maintien en position face au vent. La vitesse maximum d'orientation de la nacelle est de moins de 0,5 degrés par seconde soit environ une vingtaine de minutes pour faire un tour complet.</p> <p>Afin d'éviter une torsion excessive des câbles électriques reliant la génératrice au réseau public, il existe un dispositif de contrôle de rotation de la nacelle. Celle-ci peut faire 3 à 5 tours de part et d'autre d'une position moyenne. Au-delà, un dispositif automatique provoque l'arrêt de l'éolienne, le retour de la nacelle à sa position dite « zéro », puis la turbine redémarre.</p>
<b>Tension dans les armoires électriques</b>	Entre 0 et 1 200 V

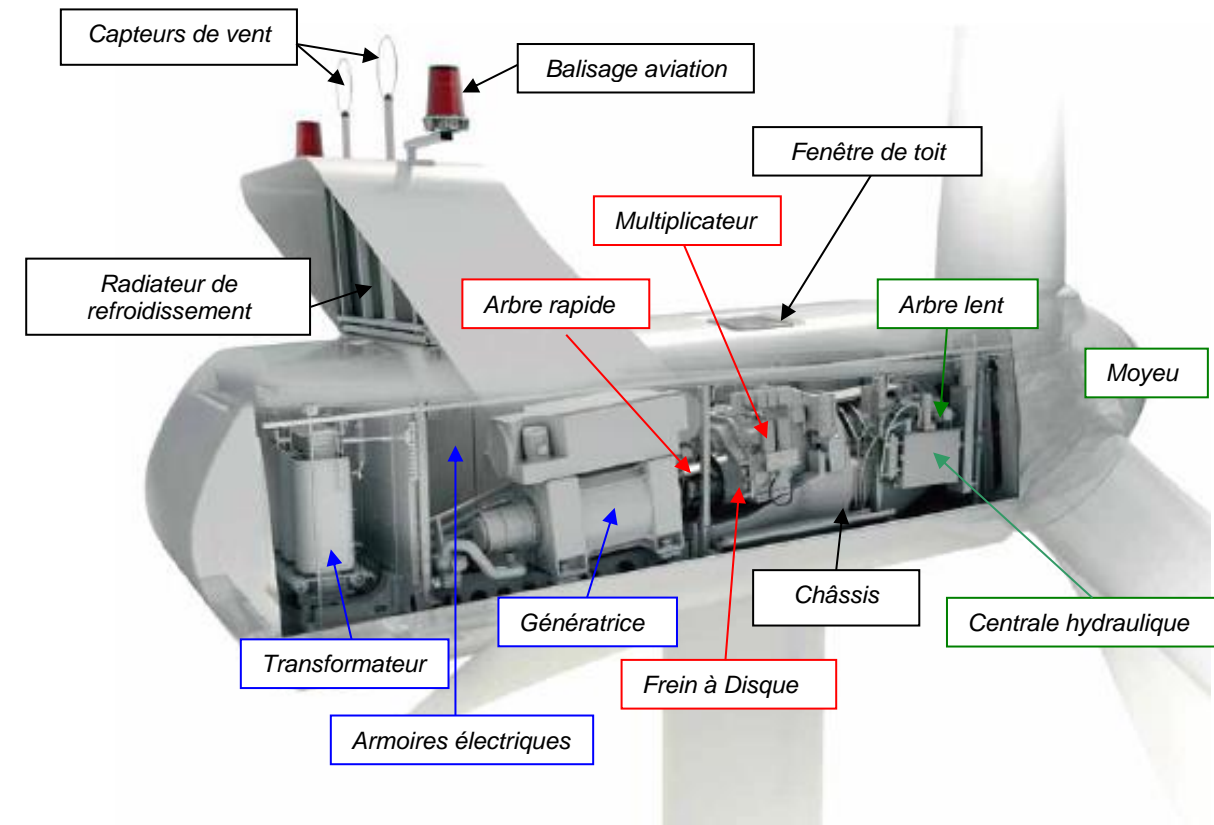


Figure 6 : Composants d'une nacelle

▪ **Rotor**

<b>Fonction</b>	Capter l'énergie mécanique du vent et la transmettre à la génératrice
<b>Description</b>	<p>Les rotors sont composés de trois pales fixées au moyeu via des couronnes à deux rangées de billes et double contact radial. La rotation du rotor permet de convertir l'énergie cinétique du vent en énergie mécanique. Elle est transmise à la génératrice via le multiplicateur.</p> <p>Les pales peuvent pivoter d'environ 90 degrés sur leur axe grâce à des vérins hydrauliques montés dans le moyeu. La position des pales est alors ajustée par un système d'inclinaison, appelé « Pitch System ». Ainsi, les variations de vitesse de vents sont constamment compensées par l'ajustement de l'angle d'inclinaison des pales, afin d'optimiser au maximum la production de l'éolienne.</p> <p>Dans le cas où la vitesse de vent devient trop importante, risquant d'amener une usure prématurée des divers composants ou de conduire à un emballement du rotor, le « Pitch System » ramène les pales dans une position où elles offrent le moins de prise au vent, dite « en drapeau », conduisant à l'arrêt du rotor (freinage aérodynamique). Ce système comprend également la présence d'accumulateurs hydropneumatiques disposés au plus près des vérins. Ces accumulateurs permettent, même en cas de perte du système de contrôle, de perte d'alimentation électrique ou de défaillance du système hydraulique, de ramener les pales en drapeau.</p> <p>Chaque pale est indépendante et équipée de son propre pitch system afin de garantir un calage continu même en cas de dysfonctionnement du contrôle commande.</p> <p>Plusieurs notions caractérisent les pales :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• La longueur, fonction de la puissance désirée ;</li> <li>• La corde (largeur maximale), fonction du couple nécessaire au démarrage et de celui désiré en fonctionnement ;</li> <li>• Les matériaux, fonction de la résistance souhaitée.</li> </ul> <p>La géométrie de la pale est légèrement vrillée autour de son axe longitudinal pour un meilleur rendement.</p>

▪ **Multiplicateur (Gearbox)**

<b>Fonction</b>	Multiplier la vitesse de rotation issue de l'arbre lent
<b>Description</b>	Le rotor est directement relié à un arbre de transmission appelé « arbre lent ». Cet arbre, qui tourne à la vitesse du rotor est connecté au multiplicateur. Le multiplicateur (Gearbox) permet de multiplier la vitesse de rotation d'un facteur compris entre 100 et 120 selon les modèles, de telle sorte que la vitesse de sortie (« arbre rapide ») est d'environ 1 500 tours par minute. Le dispositif de transmission entre l'arbre rapide et la génératrice (coupling) est un dispositif flexible, réalisé en matériau composite afin de compenser les défauts d'alignement mais surtout afin de constituer une zone de moindre résistance et de pouvoir rompre en cas de blocage d'un des deux équipements. Sur l'arbre rapide du multiplicateur est monté un disque de frein, à commande hydraulique, utilisé pour l'arrêt de la turbine en cas d'urgence.

▪ **Générateur et transformateur**

<b>Fonction</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Produire de l'énergie électrique à partir d'énergie mécanique</li> <li>Elever la tension de sortie de la génératrice avant l'acheminement du courant électrique par le réseau</li> </ul>
<b>Description</b>	Les éoliennes sont équipées d'un système générateur/transformateur fonctionnant à vitesse variable (et donc à puissance mécanique fluctuante). Le générateur est ici de type synchrone délivrant un courant alternatif sous 710 V à vitesse nominale. Un système de conversion appelé « Grid Streamer™ converter » permet d'assurer la régulation du fonctionnement du générateur et la qualité du courant produit. Il permet d'alimenter le transformateur élévateur de tension en courant alternatif 50 Hz sous 650 V. Cette tension est élevée jusqu'à 20 000 V par un transformateur sec, puis régulée par des dispositifs électroniques de façon à pouvoir être compatible avec le réseau public. Le transformateur est localisé dans une pièce fermée à l'arrière de la nacelle. Un câble relie ensuite la nacelle et les cellules de protection du réseau, disposées dans une armoire en partie basse de la tour. Il s'agit de cellules à isolation gazeuse (SF <sub>6</sub> ) qui permettent une séparation électrique de l'éolienne par rapport aux autres machines du champ éolien en cas d'anomalie (court-circuit, surtension, défaut d'isolement, etc.). Le refroidissement du générateur et du dispositif de conversion est effectué par une boucle d'eau.

▪ **Connexion au réseau électrique public**

<b>Fonction</b>	Adapter les caractéristiques du courant électrique à l'interface entre le réseau privé et le réseau public
<b>Description</b>	Les éoliennes d'un même champ éolien sont ensuite raccordées au réseau électrique de distribution (Enedis ou régies) ou de transport (RTE) via un ou plusieurs postes de livraison. Ces postes font ainsi l'interface entre les installations et le réseau électrique. Chaque poste est équipé d'appareils de comptage d'énergie indiquant l'énergie soutirée au réseau mais également celle injectée. Il comporte aussi la protection générale dont le but est de protéger les éoliennes et le réseau inter-éolien en cas de défaut sur le réseau électrique amont. Les liaisons électriques entre éoliennes et poste(s) de livraison sont assurées par des câbles souterrains.
<b>Tension dans les câbles souterrains</b>	20 000 V
<b>Tensions dans les postes de livraison</b>	20 000 V

Élément de l'installation	Fonction	Caractéristiques
<b>Fondation</b>	Ancrer et stabiliser l'éolienne dans le sol	<ul style="list-style-type: none"> <li>En béton armé, de forme circulaire</li> <li>Dimension : design adapté en fonction des études géotechnique et hydrogéologique réalisées avant la construction. Jusqu'à 22 m de diamètre à leur base et se resserre jusqu'à 5 m de diamètre représentant 600 m<sup>3</sup>, soit environ 1 000 tonnes</li> <li>Les dimensions exactes des fondations seront définies suite à l'étude de sol, prévue suite à l'obtention de l'autorisation. Elles seront entièrement enterrées et seront donc invisibles. Un insert métallique disposé au centre sert de fixation pour la tour. Elles répondent aux prescriptions de l'Eurocode 2 et 3 et aux calculs de dimensionnement des massifs.</li> <li>Profondeur : en standard, 2 à 4 m environ</li> </ul>
<b>Mât</b>	Supporter la nacelle et le rotor	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tubulaire en acier</li> <li>Hauteur de 102 à 125 m au moyeu</li> <li>Composé de 3 à 5 pièces</li> <li>Revêtement multicouche résine époxy</li> <li>Cage d'ancrage noyée dans le béton de fondation</li> <li>Accès : porte verrouillable au pied du mât, échelle d'accès à la nacelle, élévateur de personnes</li> </ul>
<b>Nacelle</b>	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	<ul style="list-style-type: none"> <li>Un arbre en rotation, entraîné par les pales</li> <li>Le multiplicateur est à engrenage planétaire comportant plusieurs étages ainsi qu'un étage à roue dentée droite ou à entraînement différentiel – Tension nulle</li> <li>La génératrice annulaire, à double alimentation, qui fabrique l'électricité – Tension de 660 V</li> <li>Poids de la nacelle : 130 tonnes environ</li> <li>Composition : structure métallique habillée de panneaux en fibre de verre, fenêtres de toit permettant d'accéder à l'intérieur</li> <li>Hauteur : 4,2 mètres environ</li> <li>Largeur : 3,975 mètres environ</li> <li>Longueur : 11,2 mètres environ</li> </ul>
<b>Rotor / pales</b>	Capter l'énergie mécanique du vent et la transmettre à la génératrice	<ul style="list-style-type: none"> <li>Orientation active des pales face au vent</li> <li>Sens de rotation : sens horaire</li> <li>3 par machine</li> <li>Surface balayée maximale de 12 468 m<sup>2</sup></li> <li>Vitesse de rotation: entre 7,7 et 14,6 tours par minute</li> <li>Longueur maximale : 63 m à l'axe du moyeu</li> <li>Poids : 10 t environ</li> <li>Contrôle de vitesse variable via microprocesseur</li> <li>Contrôle de survitesse : Pitch électromotorisé indépendant sur chaque pale</li> <li>Constitué de plastique renforcé à la fibre de verre (GFK), protection contre la foudre intégrée en accord complet avec la norme IEC 61 - 400-22</li> <li>Vitesse de rotation théorique</li> </ul>
<b>Transformateur</b>	Elever la tension de sortie de la génératrice avant l'acheminement du courant électrique par le réseau	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tension de 20 kV à la sortie</li> <li>Localisation : pièce fermée à l'arrière de la nacelle</li> </ul>
<b>Poste de livraison</b>	Adapter les caractéristiques du courant électrique à l'interface entre le réseau privé et le réseau public	<ul style="list-style-type: none"> <li>Equipé de différentes cellules électriques et automates qui permettent la connexion et la déconnexion du parc éolien au réseau 20 kV</li> <li>Habillage : neutre, en accord avec l'environnement local</li> </ul>

Tableau 14 : Synthèse du fonctionnement des aérogénérateurs selon le tableau type de l'INERIS/SER/FEE, 2012

## 4.2.2. Sécurité 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.

### 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 plus, l'accès aux postes 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.

### Balisage des éoliennes

Le balisage des éoliennes est défini par l'arrêté du 13 Novembre 2009 et du 7 Décembre 2010. **Les éoliennes des constructeurs sont conformes à cet arrêté.**

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.

Dans le cas d'une éolienne de hauteur totale maximale supérieure à 150 m, le balisage par feux moyenne intensité décrit ci-après doit être complété par des feux d'obstacle nocturnes basse intensité de type B (rouges fixes 32 candelas [cd]) installés sur le mât. Un ou plusieurs niveaux intermédiaires sont requis en fonction de la hauteur totale de l'éolienne conformément au tableau suivant :

HAUTEUR TOTALE DE L'ÉOLIENNE	NOMBRE DE NIVEAUX	HAUTEURS D'INSTALLATION des feux basse intensité de type B
150 < h ≤ 200 m	1	45 m
200 < h ≤ 250 m	2	45 et 90 m
250 < h ≤ 300 m	3	45, 90 et 135 m
...	...	...
150 + (n - 1)*50 m < h ≤ 150 + n*50 m	n	Tous les 45 m jusqu'à n*45m

*Tableau 15 : Niveaux intermédiaires de balisage requis en fonction de la hauteur de l'éolienne (source : arrêté du 13 Novembre 2009)*

Pour le projet éolien de la Crayère, les éoliennes mesurent entre 165 et 180 m en bout de pale. Un balisage intermédiaire basse intensité sera implanté à 45 m du sol.

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, ainsi que la norme 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.

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°).

### 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°).

Le passage du balisage lumineux de jour au balisage de nuit est assuré par un détecteur crépusculaire. Le jour est caractérisé par une luminance de fond supérieure à 500 cd/m<sup>2</sup>, le crépuscule est caractérisé par une luminance de fond comprise entre 50 cd/m<sup>2</sup> et 500 cd/m<sup>2</sup>, et la nuit est caractérisée par une luminance de fond inférieure à 50 cd/m<sup>2</sup>. Le balisage actif lors du crépuscule est le balisage de jour, le balisage de nuit est activé lorsque la luminance de fond est inférieure à 50 cd/m<sup>2</sup>.

### Protection contre le risque incendie

#### Système de détection et d'alarme

Tous les composants mécaniques et électriques de l'éolienne dans lesquels un incendie pourrait potentiellement se déclencher en raison d'une éventuelle surchauffe ou d'un court-circuit sont continuellement surveillés par des capteurs lors du fonctionnement, et cela en premier lieu afin de s'assurer de leur bon fonctionnement. Si le système de commande détecte un état non autorisé, l'éolienne est stoppée ou continue de fonctionner mais à puissance réduite.

L'exploitant est en mesure de transmettre l'alerte aux services d'urgence compétents dans un délai de **15 minutes** suivant la détection de l'incendie. Il doit être capable également de mettre en œuvre les procédures d'urgence dans un délai de **60 minutes**.

Le choix des matériaux est également un aspect clé de la protection incendie, par la conception en matériaux ignifuges, difficilement, voire non inflammables pour certains composants.

Un système d'alarme est couplé avec un système de détection qui informe l'exploitant à tout moment d'un départ de feu dans l'éolienne, via le système SCADA (voir paragraphe Contrôle à distance). 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.

#### Système de lutte contre l'incendie

Les éoliennes retenues disposent de deux extincteurs manuels portatifs à CO<sub>2</sub>, installés selon les directives nationales en vigueur : le premier au pied du mât et l'autre dans la nacelle.

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 ailleurs lors des interventions, les techniciens emmènent également un extincteur dans leur véhicule de service.

#### 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 et est formé pour le faire.



### 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.

### 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.

En cas d'incident (survitesse, échauffement, incendie), la société ELICIO France justifie sa capacité à alerter les services d'urgence dans un délai de 15 minutes suivant l'entrée en fonctionnement anormal de l'aérogénérateur.

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 au SDIS de la Marne. Le temps d'intervention de ce service dépendra de l'activité opérationnelle et de la typologie de l'intervention.

### Protection contre la tempête

Tous les principaux composants sont équipés de capteurs de vent. Un certain nombre de seuils sont prédéfinis dans le système de contrôle de l'éolienne.

En cas de dépassement de la vitesse du vent de coupure, si la valeur moyenne sur 10 minutes est supérieure à 25 m/s ou si la valeur moyenne sur 3 secondes est supérieure à 32 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.

### Projet éolien de la Crayère – Communes de Courcemain et Faux-Fresnay (51)

Dossier de Demande d'Autorisation Environnementale Unique

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 secondes, ou en valeur moyennée sur 1 seconde.

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 secondes.

### Protection contre l'échauffement

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 (caractéristiques sur chaque type d'aérogénérateur, type de composant et prédéfinis), 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 d'arrêt fera pivoter les pales en position drapeau et arrêtera l'éolienne en toute sécurité.

### 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. A noter qu'en cas de formation importante de glace, la mise à l'arrêt de la machine concernée est effectuée sous un délai maximum de 60 minutes.

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 empêche le démarrage de l'éolienne, ou arrête le fonctionnement de l'éolienne.

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

Des panneaux sont également mis en place, en pied de machine, informant de la chute de glace possible.

### Protection contre le risque électrique

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 compilée de 2008), NFC 13-100 (version de 2001) 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.

### Protection contre le risque de fuite de liquide 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.

### Sécurité positive de l'éolienne – redondance des capteurs

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, etc.) sur absolument chaque partie de l'éolienne.

Ainsi, si l'un d'eux est cassé, celui qui est juste après dans la chaîne détectera l'anomalie et le signalera par le biais du système de supervision (SCADA) monitoré 24h sur 24 et 7 jours sur 7.

### 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.

### Dans le cas d'une rupture du réseau de fibres optiques

Le système de contrôle de commande des éoliennes est relié par fibre optique aux différents capteurs. En cas de rupture de la fibre optique entre deux éoliennes, la transmission peut s'effectuer directement en passant par le SCADA propre à l'éolienne ou par le SCADA central. Il s'agit d'un système en anneau qui permet de garantir une communication continue des éoliennes.

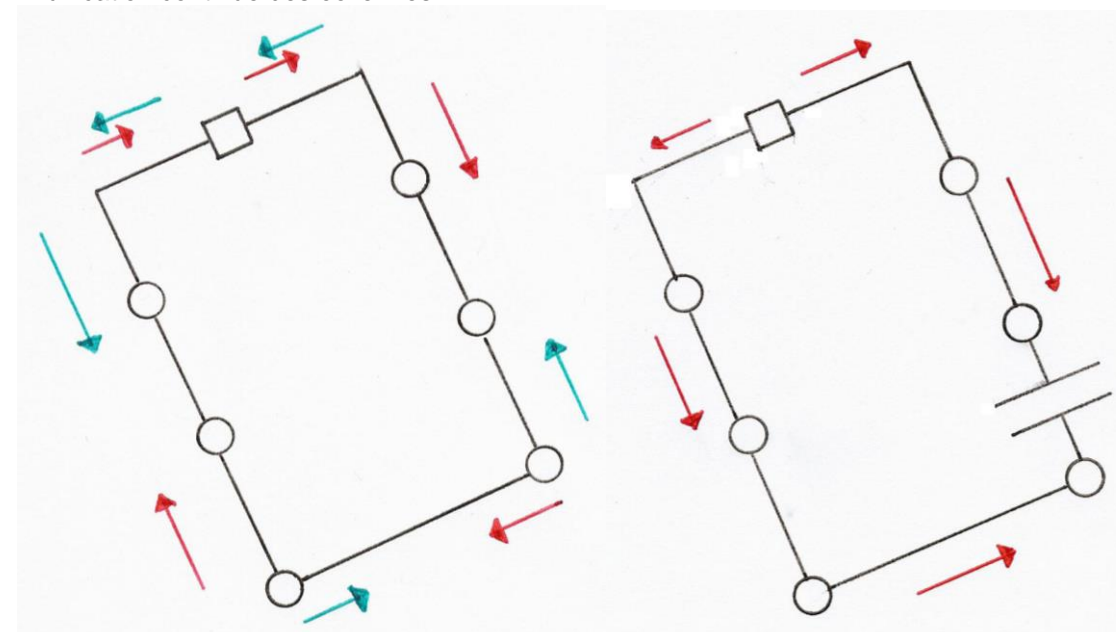


Figure 7 : Illustration du système en anneau garantissant une communication continue des éoliennes –

Légende : ○ Eolienne □ SCADA → Circulation de l'information

### Conception des éoliennes

#### Certification de la machine

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 CEI 61400-1 (version 2005) 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 d'exploitation tient à disposition de l'Inspection des Installations Classées les rapports des organismes compétents attestant de la conformité des aérogénérateurs à la norme précitée.

### 4.2.3. Opération de maintenance de l'installation

La maintenance de l'installation sera réalisée par le constructeur des éoliennes pour le compte de la société d'exploitation de la Crayère.

#### 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 ;
- Sauveteur Secouriste du Travail.

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 mensuels 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.

#### Planification de la maintenance

##### Préventive

Une partie de 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 d'exploitation dispose d'un manuel d'entretien de l'installation dans lequel sont précisées la nature et les fréquences des opérations d'entretien afin d'assurer le bon fonctionnement de l'installation. Elle tient à jour pour chaque installation 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 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 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.

### Prise en compte du retour d'expérience

Chaque incident ou défaillance est remonté 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.

### 4.2.4. 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 Crayère.

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.

### 4.2.5. 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.

## 4.3. FONCTIONNEMENT DES RESEAUX DE L'INSTALLATION

### 4.3.1. Approbation de construction et de l'exploitation des ouvrages de transport et de distribution d'électricité (art. L323-11 code de l'énergie)

Le raccordement électrique inter-éolien ainsi que le raccordement jusqu'aux postes de livraison sera exécuté exclusivement au moyen de câbles souterrains de 20 kV qui seront enfouis à une profondeur minimale de 80 cm en fond de fouille avec grillage avertisseur, et passeront à travers champs ou longeront les chemins d'accès. Cette installation respectera les normes NFC 15-100, NFC 13-100, NFC 13-200 : Installations électriques à basse tension, Installations électriques à haute tension, Postes de livraison établis à l'intérieur d'un bâtiment et alimentés par un réseau de distribution public HTA.

Dans tous les cas, l'implantation des câbles électriques souterrains respectera strictement les dispositions de l'arrêté du 17 mai 2001 fixant les conditions techniques auxquelles doivent satisfaire les distributions d'énergie électrique.

Sur la carte « Réseaux internes à l'installation » est présenté le tracé des câbles de liaison inter-éoliennes, ainsi que des câbles de liaison jusqu'aux postes de livraison.

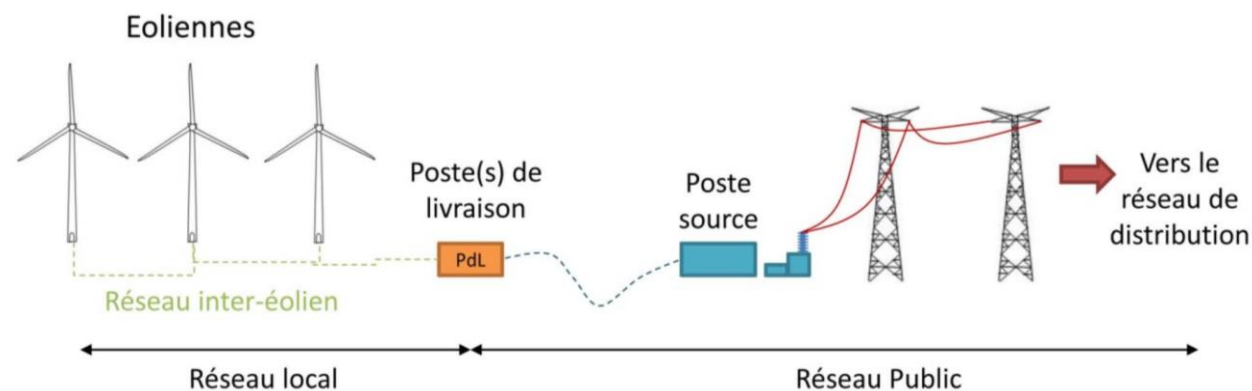


Figure 8 : Raccordement électrique type d'un parc éolien (source : INERIS/SER/FEE, 2012)

#### Réseau inter-éolien (ou réseau local)

Le réseau inter-éolien permet de relier le transformateur, intégré dans le mât de chaque éolienne, au point de raccordement avec le réseau public. Ce réseau comporte également une liaison de télécommunication qui relie chaque éolienne au terminal de télésurveillance. Les postes de livraison et les câbles y raccordant les éoliennes constituent le réseau interne de la centrale éolienne, soumis à approbation de construction et d'exploitation des ouvrages de transport et de distribution d'électricité (article L323-11 du Code de l'Energie).

#### Caractéristiques des câbles électriques

Ces réseaux de raccordement électrique ou téléphonique (surveillance) entre les éoliennes et les postes de livraison seront enterrés sur toute leur longueur en longeant préférentiellement les pistes et chemins d'accès entre les éoliennes et les postes de livraison. La tension des câbles électriques est de 20 000 V. Les câbles, en aluminium, seront d'une section de 3 x 240 mm<sup>2</sup>.

#### Caractéristiques des tranchées

Pour le raccordement inter-éolien, les caractéristiques des tranchées sont d'une largeur maximale de 80 cm et d'une profondeur maximale de 1,10 mètre. Des illustrations de coupe type sont présentées ci-après. Les sols traversés sont des roches primaires.

#### Projet éolien de la Crayère – Communes de Courcemain et Faux-Fresnay (51)

Dossier de Demande d'Autorisation Environnementale Unique

Les impacts directs de la mise en place de ces réseaux enterrés sur le site sont négligeables : les tranchées sont faites au droit des chemins d'accès puis sous les voies existantes dans des lieux présentant peu d'intérêt écologique. Ils passeront également pour partie à travers champs.

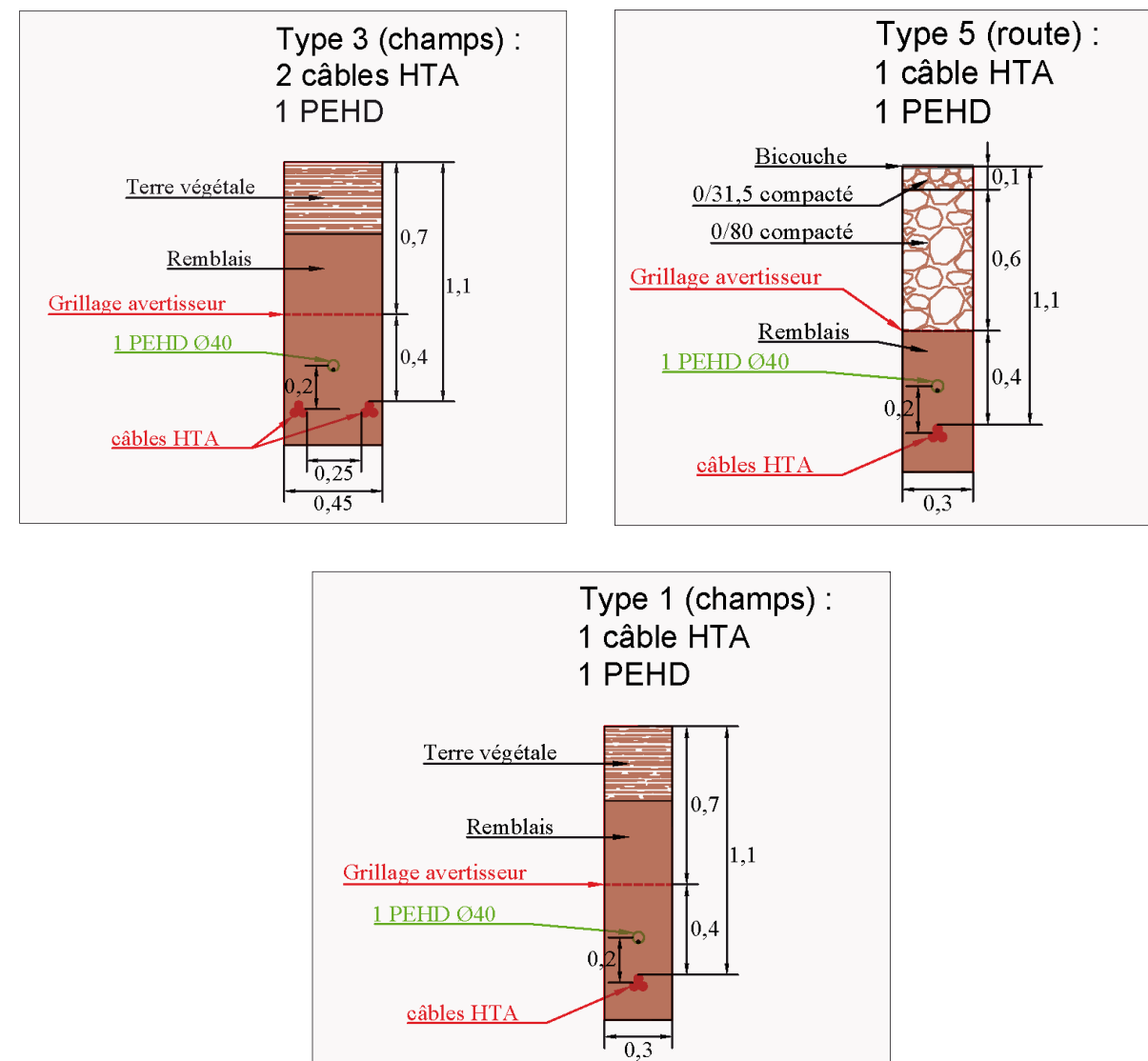
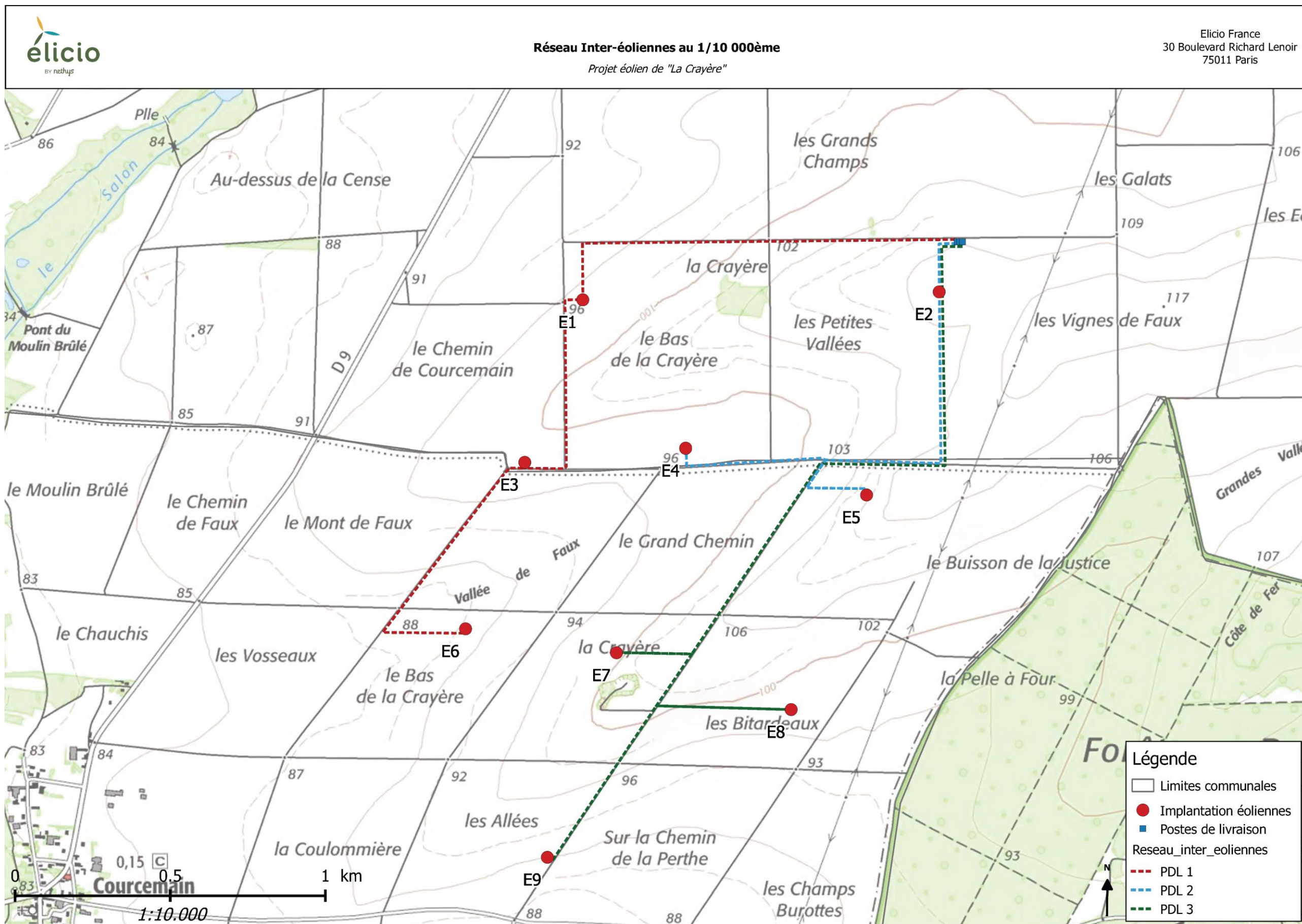


Figure 9 : Vue en coupe des tranchées selon le nombre de câbles passés

Les câbles seront enfouis en utilisant de préférence la technique de pose au soc vibrant. Aucun apport ou retrait de matériaux du site n'est nécessaire. Ouverture de tranchées, mise en place de câbles et fermeture des tranchées seront opérés en continu, à l'avancement, sans aucune rotation d'engins de chantier.

Le pétitionnaire s'engage, conformément à l'article R.333-29 du code de l'énergie, à transmettre au gestionnaire du réseau public de distribution d'électricité les informations permettant à ce dernier d'enregistrer la présence de lignes privées dans sa modélisation des ouvrages. Il s'engage à diligenter un contrôle technique des travaux en application de l'article R.323-30 du code de l'énergie et de l'arrêté d'application du 14 janvier 2013 et également à procéder aux déclarations préalables aux travaux de construction de l'ouvrage concerné, et à enregistrer ce dernier sur le "guichet unique [www.reseaux-et-canalizations.gouv.fr](http://www.reseaux-et-canalizations.gouv.fr)" en application des dispositions des articles L.554-1 à L.554-4 et R.554-1 et suivants du code de l'environnement qui sont relatives à la sécurité des réseaux souterrains, aériens ou subaquatiques de transport et de distribution.



Carte 10 : Réseaux électriques internes à l'installation

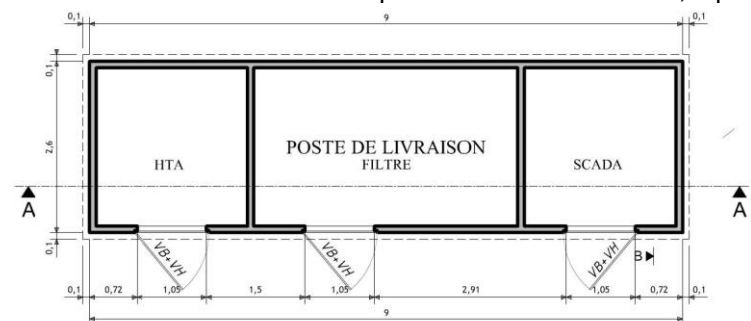
### Représentation graphique

La Carte 10 de situation sur fond IGN précise le tracé des canalisations électriques projetées et les ouvrages électriques projetés.

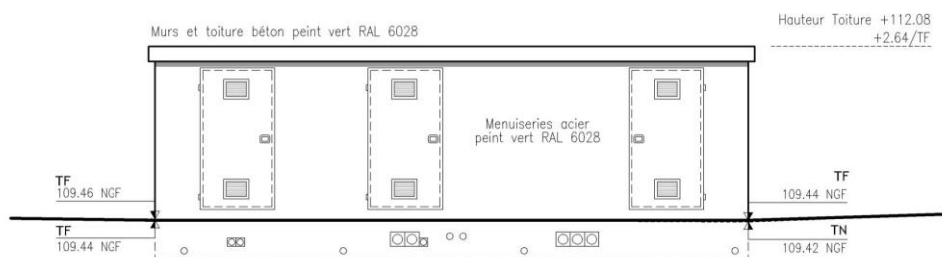
### Postes de livraison

Les postes de livraison sont le nœud de raccordement de toutes les éoliennes avant que l'électricité ne soit injectée dans le réseau public. Pour le parc éolien de la Crayère, trois structures de livraison sont prévues. Chaque structure est composée d'un poste de livraison et d'un local technique dont les dimensions sont de 9 m de long par 2,6 m de large.

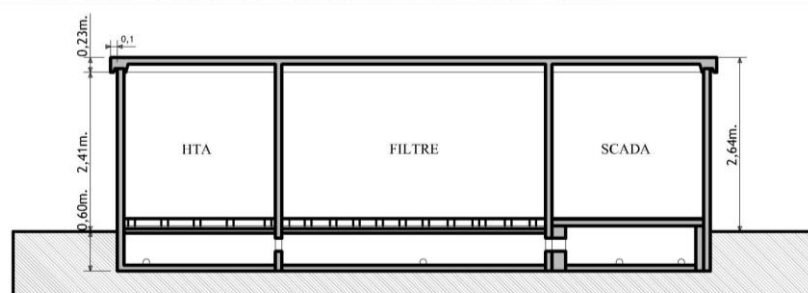
Les postes de livraison seront tous les trois situés sur la parcelle cadastrée ZO 15, à proximité de l'éolienne E2.



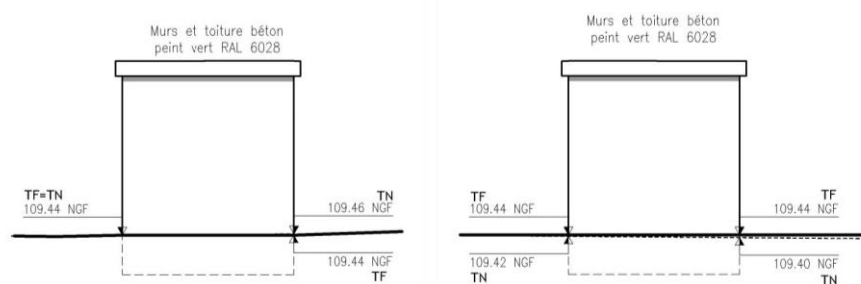
AU 10.3 - PRINCIPE - VUE EN PLAN - Ech : 1/100°



AU 10.3 - PRINCIPE - FACADE EST - Ech : 1/100°



AU 10.3 - PRINCIPE - COUPE A.A. - Ech : 1/100°



AU 10.3 - PRINCIPE - FACADES NORD ET SUD - Ech : 1/100°

Figure 10 : Plan des postes de livraison (source : ELICIO France, 2017)

### Démarches préalables réalisées

Le pétitionnaire atteste bénéficier des autorisations des propriétaires des terrains traversés par les câblages sous la forme de conventions de tréfonds avec droits d'accès et mention de remise en état du site.

### Réseau électrique externe (ou réseau public)

Le réseau électrique externe relie les postes de livraison au poste source (réseau public de transport d'électricité). Ce réseau est réalisé par le gestionnaire du réseau de distribution (généralement Enedis, anciennement ERDF). Il est lui aussi entièrement enterré.

Le choix du poste source permettant de raccorder le parc éolien est du ressort d'Enedis.

### 4.3.2. Autres réseaux

Le parc éolien de la Crayère ne comporte aucun réseau d'alimentation en eau potable ni aucun réseau d'assainissement. De même, les éoliennes ne sont reliées à aucun réseau de gaz.



## 5 IDENTIFICATION DES POTENTIELS DE 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 sera traité dans l'analyse de risques, qu'elles soient de nature environnementale, humaine ou matérielle.

### 5.1. POTENTIELS DE 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 parc éolien de la Crayère 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, etc.), qui, une fois usagés sont traités en tant que déchets industriels spéciaux ;
- Produits de nettoyage et d'entretien des installations (solvants, dégraissants, nettoyants) et les déchets industriels banals associés (pièces usagées non souillées, cartons d'emballage, etc.).

L'ensemble de ces produits est listé dans le [Tableau 16](#).

Aucun brûlage des déchets à l'air libre ne sera réalisé puisqu'interdit.

⇒ Conformément à l'article 16 de l'arrêté du 26 août 2011 relatif aux installations éoliennes soumises à autorisation, aucun matériau combustible ou inflammable ne sera stocké dans les éoliennes ou les postes de livraison du parc éolien de la Crayère.

Code	Désignation	Contenu	Quantités émises	Stockage avant enlèvement	BSD	Opération de traitement
13 02 06*	Huiles usagées	Huiles issues des vidanges lors des opérations de maintenance et de dépannage	500 L / tous les 5 ans / éolienne	Cuve fermée sur rétention	Oui	Régénération
15 01 01	Cartons	Contenants des produits utilisés lors des maintenances	-	Container fermé	Non	Recyclage
15 01 02	Emballages plastiques	Contenants des produits utilisés lors des maintenances	-	Container fermé	Non	Recyclage
15 02 02*	Matériaux souillés	Chiffons, contenants souillés par de la graisse, de l'huile, de la peinture ...	250 kg / maintenance	Bacs fermés sur rétention	Oui	Valorisation énergétique
16 01 07*	Filtres à huile ou carburant	Filtres remplacés lors des opérations de maintenance et de dépannage	60 kg / maintenance	Fûts fermés sur rétention	Oui	Recyclage
16 05 04*	Aérosols	Aérosols usagés de peinture, graisse, solvants ... utilisés lors des maintenances et dépannages	10 kg / maintenance	Fûts fermés sur rétention	Oui	Traitement
16 06 01*	Batteries au plomb et acide	Batteries des équipements électriques et électroniques remplacées lors des maintenances et dépannages	-	Bacs sur rétention	Oui	Recyclage
17 04 11	Câbles alu	Câbles électriques remplacés lors des maintenances	-	Bacs	Non	Recyclage
20 01 35*	DEEE	Disjoncteurs, relais, condensateurs, sondes, prises de courant ...	60 kg / maintenance	Bacs	Oui	Recyclage
20 01 40	Ferraille	Visserie, ferrailles diverses ...	-	Bacs	Non	Recyclage
20 03 01	DIB	Équipements de Protection Individuelle usagés, déchets divers (alimentaires, poussières ...)	-	Container fermé	Non	Valorisation énergétique

BSD / Bordereau de Suivi des Déchets - DEEE / Déchets d'Équipement Électrique et Électronique - DIB / Déchets Industriels Banals

[Tableau 16 : Produits sortants de l'installation](#)



## 5.2. POTENTIELS DE DANGERS LIES AU FONCTIONNEMENT DE L'INSTALLATION

Les dangers liés au fonctionnement du parc éolien de la Crayère 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 de manière générique dans le tableau suivant.

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

*Tableau 17 : Potentiels de dangers liés au fonctionnement de l'installation (source : guide INERIS/SER/FEE, 2012)*

## 5.3. REDUCTION DES POTENTIELS DE DANGERS A LA SOURCE

### 5.3.1. Principales actions préventives

Cette partie explique les choix qui ont été effectués par le porteur de projet au cours de la conception du projet pour réduire les potentiels de danger identifiés et garantir une sécurité optimale de l'installation.

#### *Choix techniques de développement de projet et de conception*

Le porteur de projet a effectué plusieurs choix techniques au cours de la conception du projet afin de réduire les potentiels de danger identifiés et garantir une sécurité optimale de l'installation.

Il a été choisi par le porteur de projet de respecter un éloignement d'au minimum 1 000 mètres autour des habitations, soit quasiment le double des exigences issues de la Loi Grenelle II (500 m). De plus, l'analyse des servitudes qui grèvent le terrain et les réponses transmises par les différents services administratifs consultés ont participé au choix de localisation, à la définition des aires d'étude et au choix d'implantation des éoliennes.

Le contexte essentiellement agricole de l'environnement du projet et l'absence d'autres sources de dangers à proximité (ICPE, SEVESO, etc.) réduit les possibilités de mise en œuvre d'autres actions préventives.

Pour ce projet, la réduction des potentiels de danger à la source est donc principalement intervenue par la prise en compte des servitudes techniques présentes sur le site (distance ligne électrique, captage d'eau potable, etc.) et par le choix d'aérogénérateurs fiables, disposant de systèmes de sécurité performants et conformes à la réglementation en vigueur.

Lors de l'exploitation, les principaux potentiels de dangers liés aux produits utilisés pour la maintenance, et à l'installation en elle-même (éoliennes et réseaux électriques) sont réduits au maximum à la source :

- Produits :
  - Aucun stockage dans l'aérogénérateur ou dans les postes électriques ;
  - Apport de la quantité nécessaire et suffisante uniquement ;
  - Personnel formé aux risques présentés par les produits utilisés ;
  - Consignes de sécurité strictes, affichées et connues des employés (interdiction de fumer ou d'apporter une flamme nue, arrêt de l'éolienne lors des opérations de maintenance, équipements de travail adaptés, présence d'équipements de lutte incendie...) ;
  - La maintenance annuelle prévoit un contrôle des systèmes hydrauliques (fuite, niveaux, etc.) ;
  - La tour et la nacelle jouent le rôle de rétentions.
- Installation :
  - Conception de la machine (normes et certifications) ;
  - Maintenance régulière ;
  - Contrôle des différents paramètres d'exploitation (vent, température, niveau de vibrations, puissance électrique, etc.) ;
  - Fonctions de sécurité ;
  - Report des messages d'alarmes au centre de conduite.

### Etude itérative de limitation des impacts

Dans la limite du périmètre de la zone d'implantation, un travail important d'itérations conduisant au choix de l'implantation a été engagé, faisant intervenir plusieurs spécialistes (ingénieurs éolien, écologue, acousticien et paysagiste, principalement).

Afin de permettre une implantation harmonieuse du parc, le projet a tenu compte de l'ensemble des sensibilités du site : paysagères, patrimoniales, humaines, biologiques, et enfin techniques, afin de réduire systématiquement les impacts sur les éléments les plus sensibles.

Ce travail itératif doit également tenir compte du foncier, des pratiques agricoles et du ressenti et de l'acceptation locale (propriétaires, exploitants, riverains). Pour le foncier par exemple, bien que des promesses de bail soient signées en amont du projet, le choix de l'implantation se fait en concertation avec les propriétaires et exploitants des terrains. En cas d'opposition de ceux-ci, ce dernier paramètre devient, bien sûr, une contrainte majeure. Toute solution retenue résulte alors d'un compromis et cette question doit être prise en compte pour définir des variantes réalistes.

Remarque : le détail des différents scénarii étudiés est présenté dans l'étude d'impacts au chapitre C.

L'implantation de ce projet se situe en dehors des zones de contraintes techniques (distance à la ligne électrique, au captage d'alimentation en eau potable) et environnementales (éloignement des habitats écologiques les plus sensibles). Les éoliennes sont implantées en trois lignes parallèles à la RD 9 et à distance des habitations afin d'assurer la cohérence paysagère et préserver le cadre de vie.

### 5.3.2. 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.

Pour l'essentiel, la directive 2010/75/UE relative aux émissions industrielles, dite IED, du 24/11/2010 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 IPPC 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.**



## 6 ANALYSE DES RETOURS D'EXPERIENCE

L'objectif de ce chapitre de l'étude de dangers est de rappeler les différents incidents et accidents qui sont survenus dans la filière éolienne, afin d'en faire une synthèse en vue de l'analyse des risques pour l'installation et d'en tirer des enseignements pour une meilleure maîtrise du risque dans les parcs éoliens.

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, littératures spécialisées, etc.). Ces bases de données sont cependant très différentes tant en termes de structuration des données qu'en termes de détail 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 scénarios les plus rencontrés. D'autres informations sont également utilisées dans la partie 8 pour l'analyse détaillée des risques.

### 6.1. INVENTAIRE DES ACCIDENTS ET INCIDENTS EN FRANCE

#### 6.1.1. Base de données

Un inventaire des incidents et accidents en France a été réalisé afin d'identifier les principaux phénomènes dangereux potentiels pouvant affecter le parc éolien de la Crayère. 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 (mai 2012).

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

- Rapport du Conseil General des Mines (juillet 2004) ;
- Base de données ARIA du Ministère du Développement Durable ;
- 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 élaborée par le groupe de travail SER/FEE ayant élaboré le guide technique d'élaboration de l'étude de dangers dans le cadre des parcs éoliens 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.

#### 6.1.2. Bilan accidentologie matériel

Selon la base ARIA recensant les accidents technologiques, un total de 63 incidents a pu être recensé entre 2000 et 2017 (voir Tableau 18). Ce tableau de travail a été validé par les membres du groupe de travail précédemment mentionné.

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

Le graphique ci-après montre la répartition des événements accidentels et de leurs causes premières sur le parc d'aérogénérateur français entre 2000 et 2011. 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. L'identification des causes est nécessairement réductrice. Dans ce graphique sont présentés :

- La répartition des événements : effondrement, rupture de pale, chute de pale, chute d'éléments et incendie, par rapport à la totalité des accidents observés en France. Elle est représentée par des histogrammes de couleur foncée ;
- La répartition des causes premières pour chacun des événements décrits ci-dessus. Celle-ci est donnée par rapport à la totalité des accidents observés en France. Elle est représentée par des histogrammes de couleur claire.

Par ordre d'importance, les accidents les plus recensés sont les ruptures de pale, les effondrements, les incendies, les chutes de pale et les chutes des autres éléments de l'éolienne dont la cause principale tient aux tempêtes.

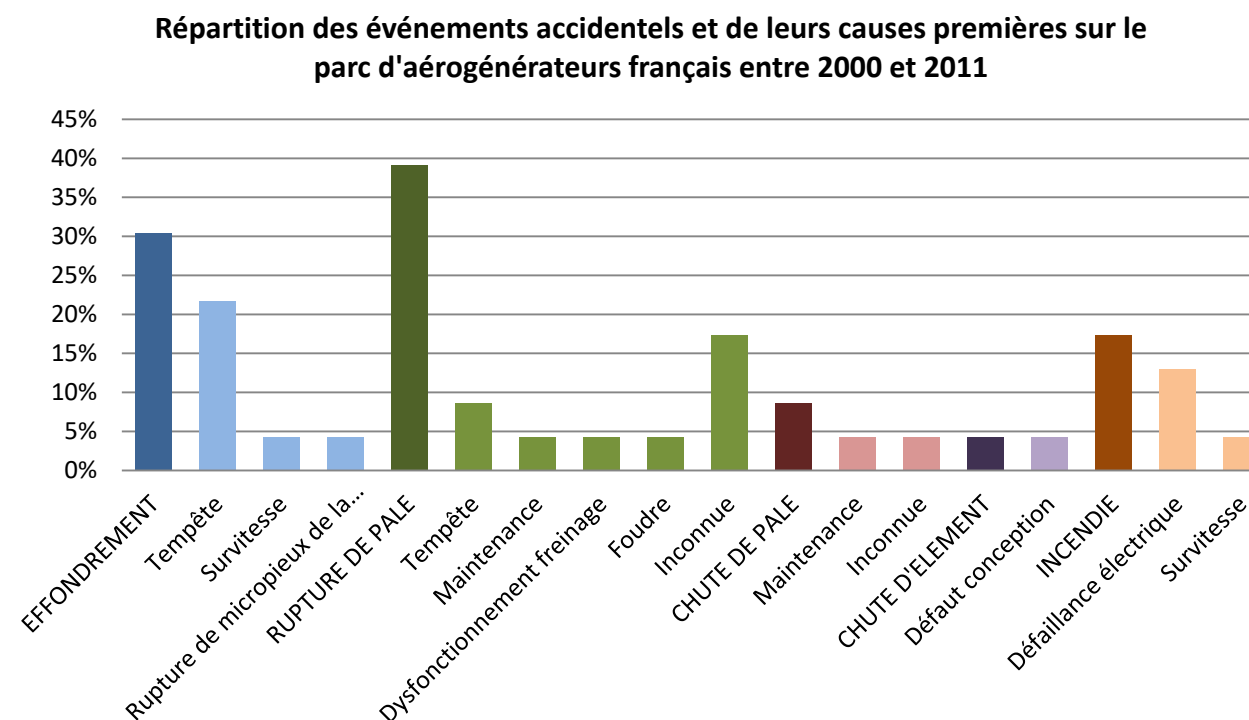


Figure 11 : Répartition des événements accidentels et de leurs causes premières sur le parc éolien français entre 2000 et 2011 (source : SER/FEE/INERIS, 2011)

Date	Localisation	Incident
2000	Port la Nouvelle (Aude)	Le mât d'une machine de la ferme éolienne s'est plié lors d'une tempête, suite à la perte d'une pale.
2001	Sallèles-Limousis (Aude)	Bris de pale dont la cause n'est pas connue.
01/02/2002	Wormhout (Nord)	Bris de pale et mat plié à la suite d'une tempête.
25/02/2002	Sallèles-Limousis (Aude)	Bris de pale sur une éolienne bipale, lors d'une tempête.
01/07/2002	Port la Nouvelle – Sigean (Aude)	Electrocution et brûlures d'un opérateur par contact avec une partie sous haute tension d'un transformateur.
28/12/2002	Nevian (Aude)	Effondrement d'une éolienne suite au dysfonctionnement du système de freinage lors d'une tempête.
05/11/2003	Sallèles-Limousis (Aude)	Bris de pales sur 3 éoliennes lié à un dysfonctionnement du système de freinage.
2004	Escales-Conilhac (Aude)	Bris de trois pales.
02/01/2004	Le Portel - Boulogne-sur-mer (Pas de Calais)	Cassure du mât d'une éolienne et chute de plusieurs pales - Défaut de serrage des boulons servant à relier 2 tronçons du mât (défaillance d'entretien).
20/03/2004	Loon Plage - port de Dunkerque	Une éolienne est abattue par le vent : le mât et une partie de sa fondation a été arrachée. Cause non identifiée.
22/06/2004	Pleyber-Christ (Finistère)	Premier incident : une pale se brise par vent fort
08/07/2004	Pleyber-Christ (Finistère)	Deuxième incident : une autre pale se brise par vent fort
2005	Wormhout (Nord)	Bris de pale
22/12/2005	Montjoyer-Rochefort (Drôme)	Bris des trois pales et début d'incendie sur une éolienne en raison de vents forts et d'un dysfonctionnement du système de freinage.
07/10/2006	Pleyber-Christ (Finistère)	Troisième incident : une éolienne perd une pale
18/11/2006	Roquetaillade (Aude)	Incendie de 2 éoliennes – Acte de malveillance
03/12/2006	Bondues (Nord)	Effondrement d'une éolienne en zone industrielle, relatif à une tempête.
31/12/2006	Ally (Haute-Loire)	Chute de pale lors de la maintenance visant à remplacer les rotors.
02/03/2007	Clitours (Manche)	Bris de pale de 4 m de long, projeté à plus de 200 mètres.
11/10/2007	Plouvien (Finistère)	Chute d'un élément de la nacelle (la trappe de visite)
Mars 2008	Dinéault (Finistère)	Emballement de l'éolienne (sans bris de pale associé) lors d'une tempête – dysfonctionnement du système de freinage.
Avril 2008	Plouguin (Finistère)	Collision d'un petit avion avec une éolienne, sans gravité pour le pilote amateur, vraisemblablement à cause des mauvaises conditions météo l'obligeant à voler au-dessous de l'altitude autorisée.
19/07/2008	Erizée-la-Brulée (Meuse)	Chute de pale et projection de morceaux de pale suite à un coup de foudre et un défaut de pale.
28/08/2008	Vauvillers (Somme)	Incendie de la nacelle relatif à problème au niveau d'éléments électroniques
26/12/2008	Raival (Meuse)	Chute de pale – cause inconnue.
26/01/2009	Clastres (Aisne)	Accident électrique ayant entraîné la brûlure de deux agents de maintenance suite à l'explosion d'un convertisseur.
08/06/2009	Bollène (Vaucluse)	Bout de pale éolienne ouverte liée à un coup de foudre.
21/10/2009	Froidfond – Espinassière (Vendée)	Incendie de la nacelle – cause inconnue.
30/10/2009	Freyssenet (Ardèche)	Incendie de la nacelle relatif à court-circuit faisant suite à une opération de maintenance
20/04/2010	Toufflers (Nord)	Décès d'un technicien (crise cardiaque) au cours d'une opération de maintenance.
30/05/2010	Port la Nouvelle (Aude)	Effondrement d'une éolienne – Rotor endommagé par survitesse.
19/09/2010	Rochefort-en-Valdaine (Drôme)	Emballement de deux éoliennes et incendie des nacelles lors d'une tempête et relatif à un dysfonctionnement du système de freinage.

Date	Localisation	Incident
15/12/2010	Pouillé-les-Côteaux (Loire-Atlantique)	Chute de 3 m d'un technicien de maintenance. Aucune blessure grave.
31/05/2011	Mesvres (Saône-et-Loire)	Collision entre train régional et un convoi exceptionnel transportant une pale d'éolienne. Aucun blessé.
14/12/2011	Non communiqué	Rupture de pale liée à la foudre.
03/01/2012	Non communiqué	Acte de vandalisme : départ de feu au pied de tour.
05/01/2012	Widehem (Pas-de-Calais)	Bris de pales – Projection à 380 m
06/02/2012	Lehaucourt (Aisne)	Opération de maintenance dans la nacelle - un arc électrique (690V) blesse deux sous-traitants (brûlure sérieuse au visage et main)
18/05/2012	Fresnay l'Evêque (Eure)	Chute d'une pale au pied d'une éolienne et rupture du roulement qui raccordait la pale au rotor.
30/05/2012	Port-le-Nouvelle (Aude)	Chute d'une éolienne liées à des rafales de vent de 130 km/h – Eolienne de 1991, tour en treillis (200 kW)
01/11/2012	Vieillepesse (Cantal)	Projection d'un élément de la pale à 70 m du mât pour une éolienne de 2,5 MW.
05/11/2012	Sigean (Aude)	Feu sur une éolienne de 660 KW entraînant une chute de pale et enflammant 80 m <sup>2</sup> de garrigue environnante
06/03/2013	Conilhac-de-la-Montagne (Aude)	Chute d'une pale au pied d'une éolienne suite à un défaut de vibration
17/03/2013	Euvry (Marne)	Feu dans une nacelle entraînant une chute de pale
03/08/2013	Moreac (Morbihan)	Perte de 270 L d'huile hydraulique d'une nacelle élévatrice intervenant sur une éolienne – pollution du sol sur 80 m <sup>2</sup>
09/01/2014	Anthény (Ardennes)	Feu dans une nacelle au niveau de la partie moteur
20/01/2014	Sigean (Aude)	Chute d'une pale au pied d'une éolienne suite à un défaut de vibration
06/02/2014	Lusseray (Deux-Sèvres)	Feu d'éolienne
14/11/2014	Saint-Cirgues-en-Montagne (Ardèche)	Chute d'une pale d'éolienne
05/12/2014	Fitou (Aude)	Chute d'une pale d'éolienne
29/01/2015	Remigny (Aisne)	Feu d'éolienne
24/08/2015	Santilly (Eure-et-Loir)	Incendie d'une éolienne
10/11/2015	Mesnil-la-Horgne (Meuse)	Chute du rotor
07/02/2016	Aude (Conilhac-Corbières)	Chute de l'aéofrein d'une pale
08/02/2016	Finistère (Dineault)	Chute d'une pale et déchirement d'une autre lors d'une tempête
07/03/2016	Côtes d'Armor (Calanhel)	Chute d'une pale
28/05/2016	Eure-et-Loir (Janville)	Défaillance d'un raccord sur le circuit de refroidissement de l'huile de la boîte de vitesse de l'éolienne entraînant une fuite d'huile
18/08/2016	Dargies (Oise)	Feu dans une éolienne
18/08/2016	Hescamps (Oise)	Feu dans une éolienne
14/09/2016	Les Grandes Chapelles (Aube)	Electrisation d'un employé dans une éolienne
27/07/2017	Trayes (Deux-Sèvres)	Chute d'un élément d'une pale d'éolienne
03/08/2017	Priez (Aisne)	Détachement d'une pale
26/10/2017	Vaux-les-Mouzon (Ardennes)	Décès d'un technicien au cours d'une opération de maintenance (circonstances encore non établies)

Tableau 18 : Liste des incidents intervenus en France entre 2000 et 2017 (source : [aria.developpement-durable.gouv.fr](http://aria.developpement-durable.gouv.fr), Octobre 2017)

### 6.1.3. Bilan accidentologie humaine

Le bilan de l'accidentologie humaine indique que depuis 11 ans environ, en France :

- Aucun tiers, extérieur au parc, n'a été blessé ou tué ;
- Les personnes blessées sont toutes du personnel de maintenance. Neuf accidents sont à déplorer conduisant à huit blessés et trois décès.

Année	Nb. Individu	Blessure	Cause
2002	1	Electrocution et brulure	Contact avec le transformateur
2009	2	Brûlure	Explosion du convertisseur
2010	1	Décès	Crise cardiaque
2010	1	Blessure légère	Chute de 3 m dans la nacelle
2011	1	Décès	Ecrasement lors du levage d'éléments d'éolienne
2012	2	Brûlure	Arc électrique
2013	1	Fracture du nez et atteinte des voies respiratoires	Projection d'un embout d'alimentation du réservoir d'azote sous pression et jet de gaz au visage
2016	1	Brûlure	Arc électrique
2017	1	Décès	Circonstances encore non établies, épisode survenu au cours d'une opération de maintenance

Tableau 19 : Liste des accidents humains inventoriés

⇒ A ce jour, en France, aucun accident affectant des tiers ou des biens appartenant à des tiers n'est à déplorer. Les seuls accidents de personne recensés en France relèvent de la sécurité du travail dans des locaux où des appareils à haute tension sont en service ou lors de phases de construction et de maintenance.

### 6.2. INVENTAIRE DES ACCIDENTS ET INCIDENTS A L'INTERNATIONAL

Un inventaire des incidents et accidents à l'international a également été réalisé. Il se base lui aussi sur le retour d'expérience de la filière éolienne fin 2010.

La synthèse ci-dessous provient de l'analyse de la base de données réalisée par l'association Caithness Wind Information Forum (CWIF). Sur les 994 accidents décrits dans la base de données au moment de sa consultation par le groupe de travail, seuls 236 sont considérés comme des « accidents majeurs ». Les autres concernant plutôt des accidents du travail, des presque-accidents, des incidents, etc. ne sont donc pas pris en compte dans l'analyse suivante.

Le graphique suivant montre la répartition des événements accidentels par rapport à la totalité des accidents analysés. Tout comme pour le retour d'expérience français, 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.

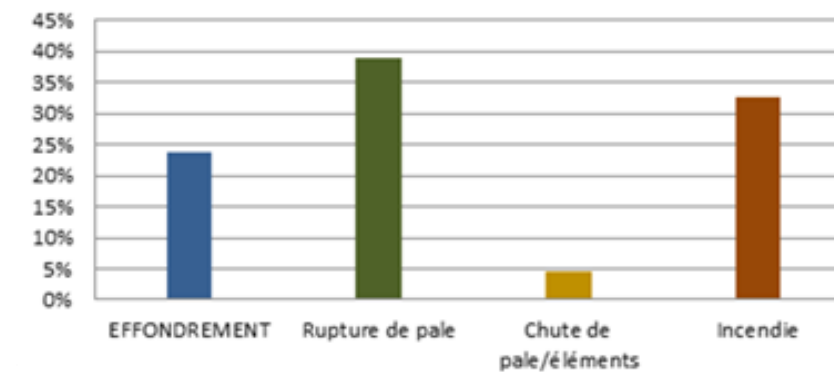
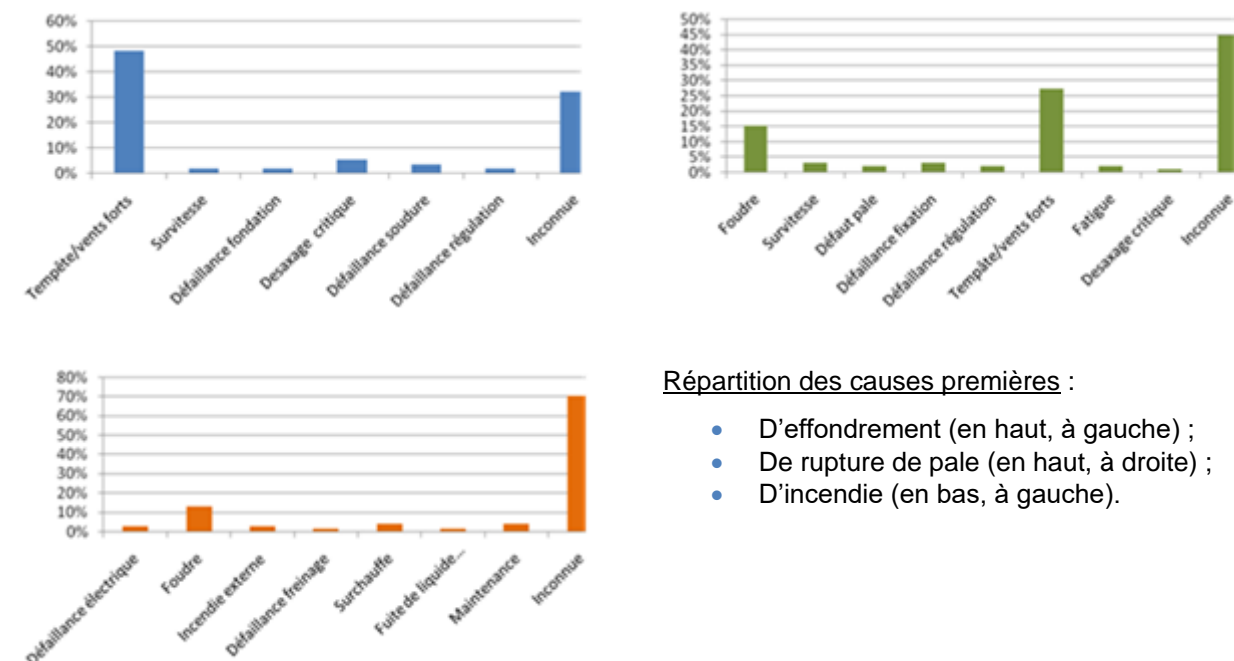


Figure 12 : Répartition des événements accidentels dans le monde entre 2000 et 2011 (source : SER/FEE/INERIS, 2012)



Répartition des causes premières :

- D'effondrement (en haut, à gauche) ;
- De rupture de pale (en haut, à droite) ;
- D'incendie (en bas, à gauche).

Figure 13 : Répartition des causes premières d'accident pour le parc éolien mondial (source : SER/FEE/INERIS, 2012)

## 6.3. INVENTAIRE DES ACCIDENTS ET INCIDENTS SURVENUS SUR LES SITES DE L'EXPLOITANT

La société du Parc éolien de la Crayère ayant été créée spécifiquement pour le parc éolien objet de la présente demande sur les communes de Courcemain et Faux-Fresnay, à la date de rédaction de la présente étude, aucun accident majeur n'est à déclarer sur les sites qu'elle exploite (source : ELICIO France, 2017).

## 6.4. SYNTHÈSE DES PHÉNOMÈNES DANGEREUX REDOUTÉS ISSUS DU RETOUR D'EXPÉRIENCE

### 6.4.1. 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 illustrant cette évolution fait apparaître 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 constant.

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.

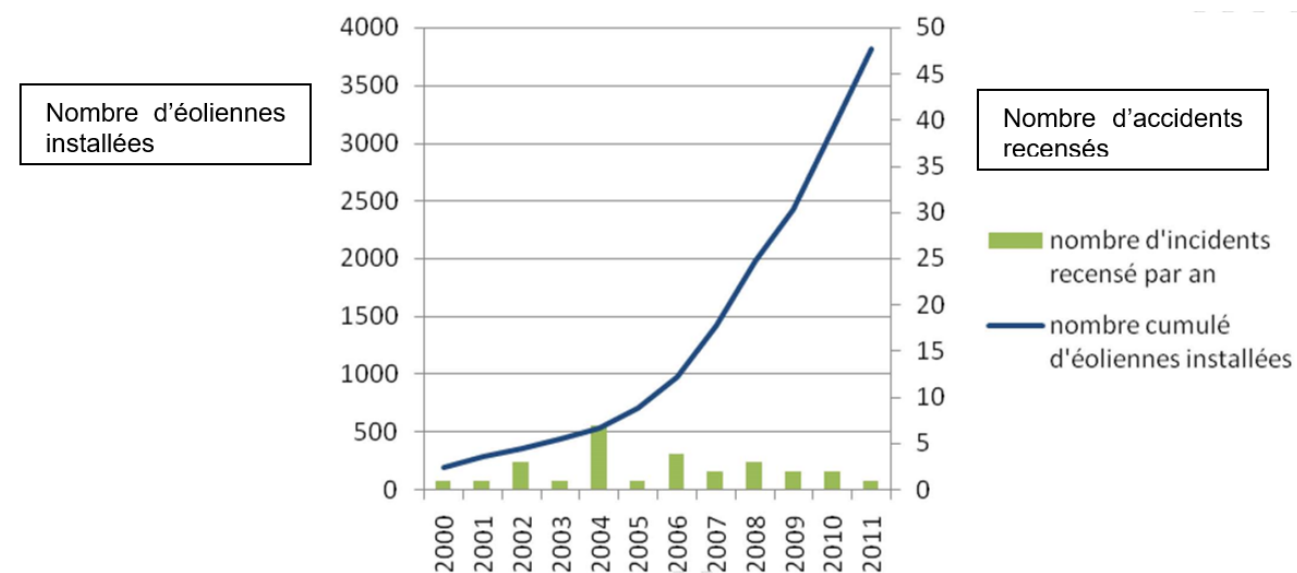


Figure 14 : Evolution du nombre d'incidents annuels en France et nombre d'éoliennes installées (source : INERIS/SER/FEE, 2012)

### 6.4.2. Analyse des typologies d'accidents les plus fréquents

Comme le montre l'arbre de défaillance précédent (Figure 13), de nombreux phénomènes peuvent être à l'origine d'incidents et d'accidents. Toutefois, la tempête (vent fort) associée à un dysfonctionnement du système de freinage est l'une des principales causes.

Les retours d'expérience de la filière éolienne française et internationale permettent d'identifier les principaux événements redoutés suivants :

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

## 6.5. 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 comporte de nombreuses incertitudes à une échelle détaillée.

## 7 ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES

### 7.1. OBJECTIF DE L'ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES

L'analyse des risques a pour objectif principal d'identifier les scénarios d'accident majeurs et les mesures de sécurité qui empêchent ces scénarios de se produire ou en limitent les effets. Cet objectif est atteint au moyen d'une identification de tous les scénarios d'accident 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 scénarios d'accident sont ensuite hiérarchisés en fonction de leur intensité et de l'étendue possible de leurs conséquences. Cette hiérarchisation permet de « filtrer » les scénarios d'accident qui présentent des conséquences limitées et les scénarios d'accident majeurs – ces derniers pouvant avoir des conséquences sur les personnes.

### 7.2. RECENSEMENT DES EVENEMENTS 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 ;
- Evénements 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. 214-212 du Code de l'Environnement ou d'une digue de classe A, B ou C au sens de l'article R. 214-213 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.

### 7.3. RECENSEMENT DES AGRESSIONS EXTERNES POTENTIELLES

La première étape de l'analyse des risques consiste à recenser les « agressions externes potentielles ». Ces agressions provenant d'une activité ou de l'environnement extérieur sont des événements susceptibles d'endommager ou de détruire les aérogénérateurs de manière à initier un accident qui peut à son tour impacter des personnes.

Traditionnellement, deux types d'agressions externes sont identifiés :

- les agressions externes liées aux activités humaines ;
- les agressions externes liées à des phénomènes naturels.

#### 7.3.1. Agressions externes liées aux activités humaines

Le tableau ci-dessous synthétise les principales agressions externes liées aux activités humaines. **Seules les agressions externes liées aux activités humaines présentes dans un rayon de 200 mètres constituent des agressions potentielles** (à l'exception des autres aérogénérateurs, recensés dans un rayon plus large, de 500 mètres, et des aérodromes, recensés dans un rayon de 2 km).

Infrastructure	Voies de circulation	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
Rayon	200 m	2 000 m	200 m	500 m
Distance par rapport au mât des éoliennes	E1	60 m Ce2 et Ce4 190 m Ce3		
	E2	175 m Ce3		
	E3	15 m Ce6 55 m Ce7 125 m Ce2		
	E4	60 m Ce6 100 m Ce8		
	E5	105 m Ce6 175 m Ce9		
	E6	60 m Ce10 200 m Ce8		
	E7	125 m Ce10		
	E8	120 m Ce12 190 m Ce13		
	E9	20 m Ce9		

Tableau 20 : Liste des agressions externes liées aux activités humaines (source : INERIS/SER/FEE, 2012)



### 7.3.2. Agressions externes liées aux phénomènes naturels

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

Agression externe	Intensité
<b>Vents et tempête</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Evènement probable en raison des tempêtes de 1995 et de 1999.</li> <li>Département de la Marne identifié comme vulnérable dans le DDRM</li> </ul>
<b>Foudre</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li><u>Densité de foudroiement</u> : 1,9, similaire à la moyenne nationale</li> <li>Respect de la norme IEC 61 400-22 ou EN 62 305-3 (Décembre 2006)</li> </ul>
<b>Glissement de sols / affaissement minier</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Aléa « nul » à « faible » de retrait et gonflement des argiles ;</li> <li>Cavité : Absence de cavités sur le périmètre d'étude de dangers</li> </ul>

Tableau 21 : Liste des agressions externes liées aux phénomènes naturels (source : INERIS/SER/FEE, 2012)

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 61 400-22 ou la norme EN 62 305-3 (Décembre 2006) est respectée. Ces conditions sont reprises dans la fonction de sécurité n°6 décrite dans la Partie 7.6. du présent document.

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 incendie, etc.). En effet, le système de mise à 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 scénarios de rupture de pale.

### 7.4. TABLEAU D'ANALYSE GÉNÉRIQUE DES RISQUES

Après avoir recensé, dans un premier temps, les potentiels de dangers des installations, qu'ils soient constitués par des substances dangereuses ou des équipements dangereux (voir paragraphes 5.1 et 5.2), l'Analyse Préliminaire des Risques (APR) doit identifier l'ensemble des séquences accidentelles et phénomènes dangereux associés pouvant déclencher la libération d'un danger.

Le tableau ci-dessous 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 scénarios listés dans le tableau générique de l'APR sont regroupés et numérotés par thématique, en fonction des typologies d'événements redoutés centraux identifiés grâce au retour d'expérience du groupe de travail précédemment cité (« G » pour les scénarios 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).

N°	Événement initiateur	Événement intermédiaire	Événement redouté central	Fonction de sécurité (intitulé générique)	Phénomène dangereux	Qualification de la zone d'effet
<b>G01</b>	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
<b>G02</b>	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 glace (N°1)	Impact de glace sur les enjeux	2
<b>I01</b>	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
<b>I02</b>	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
<b>I03</b>	Survitesse	Echauffement 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

N°	Evénement initiateur	Evénement intermédiaire	Evénement redouté central	Fonction de sécurité (intitulé générique)	Phénomène dangereux	Qualification de la zone d'effet
I04	Désaxage de la génératrice / Pièce défectueuse / Défaut de lubrification	Echauffement 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
F01	Fuite système de lubrification Fuite convertisseur Fuite transformateur	Ecoulement 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	Ecoulement	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 importante 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

N°	Evénement initiateur	Evénement intermédiaire	Evénement redouté central	Fonction de sécurité (intitulé générique)	Phénomène dangereux	Qualification de la zone d'effet
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
E03	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
E04	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
E05	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
E06	Fatigue	Défaillance mât	Effondrement éolienne	Prévenir la dégradation de l'état des équipements (N°11)	Projection/chute fragments et chute mât	2
E07	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

Tableau 22 : Analyse générique des risques (source : INERIS/SER/FEE, 2012)

## 7.5. EFFETS DOMINOS

Lors d'un accident majeur sur une éolienne, une possibilité est que les effets de cet accident endommagent d'autres installations. Ces dommages peuvent conduire à un autre accident.

On peut distinguer deux types d'effets dominos : les effets dominos impactant les éoliennes et ceux créés par les éoliennes.

Les effets dominos créés par l'extérieur et susceptibles d'impacter les éoliennes sont décrits dans les tableaux d'analyse des risques génériques présentés ci-avant (crash d'aéronef, usines extérieures, etc.).

Les effets dominos créés par le parc éolien interviennent lorsqu'un accident ayant lieu sur une des éoliennes impacte une usine voisine, une route très passante, etc. Ce type d'effets peut par exemple survenir lors de la projection de pale impactant les canalisations d'une usine à proximité, ce qui peut conduire à des fuites de canalisations de substances dangereuses.

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 ».

L'évaluation de la probabilité d'impact d'un élément de l'aérogénérateur sur une autre installation ICPE est limitée aux installations présentes dans un rayon de 100 mètres (source : INERIS/SER/FEE, Mai 2012). Or, sur la zone d'étude, aucune éolienne du parc éolien de la Crayère ne se trouve à moins de 100 mètres d'une installation ICPE ou ouvrage à risque industriel.

C'est la raison pour laquelle il est proposé de négliger les conséquences des effets dominos dans le cadre de la présente étude.

⇒ Aucun effet domino n'est donc à prévoir.

## 7.6. MISE EN PLACE DES MESURES DE SECURITE

La troisième étape de l'analyse préliminaire des risques consiste à identifier les barrières de sécurité installées sur les aérogénérateurs et qui interviennent dans la prévention et/ou la limitation des phénomènes dangereux listés dans le tableau APR et de leurs conséquences.

Les tableaux suivants ont pour objectif de synthétiser les fonctions de sécurité identifiées et mises en œuvre sur les éoliennes du parc de la Crayère. 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-après 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 scénarios d'accident. Cette condition peut être considérée comme remplie (renseigner « oui ») ou non (renseigner « non »). Dans le cadre des études de dangers éoliennes, il est recommandé de mesurer cette indépendance à travers les questions suivantes :
  - ✓ Est-ce que la mesure de sécurité décrite a pour unique but d'agir pour la sécurité ? Il s'agit en effet ici de distinguer ces dernières de celles qui ont un rôle dans la sécurité mais aussi dans l'exploitation de l'aérogénérateur ;
  - ✓ Cette mesure est-elle indépendante des autres mesures intervenant sur le scénario ? ;
- **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. Il s'agit ici de vérifier que la mesure de maîtrise des risques agira « à temps » pour prévenir ou pour limiter les accidents majeurs. Dans le cadre d'une étude de dangers éolienne, l'estimation de ce temps de réponse peut-être simplifiée et se contenter d'une estimation d'un temps de réponse maximum qui doit être atteint. Néanmoins, et pour rappel, la réglementation impose les temps de réponse suivants :
  - ✓ une mesure de maîtrise des risques remplissant la fonction de sécurité « limiter les conséquences d'un incendie » doit permettre de détecter un incendie et de transmettre l'alerte aux services d'urgence compétents dans un délai de 15 minutes ;
  - ✓ une seconde mesure de maîtrise des risques remplissant la fonction de sécurité « limiter les conséquences d'un incendie » doit permettre de détecter un incendie et de mettre en œuvre une procédure d'arrêt d'urgence dans un délai de 60 minutes ;
- **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. Il s'agit de vérifier qu'une mesure de sécurité est bien dimensionnée pour remplir la fonction qui lui a été assignée. En cas de doute sur une mesure de maîtrise des risques, une note de calcul de dimensionnement peut être produite ;
- **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'à minima 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.

**Remarque 1** : Pour certaines mesures de maîtrise des risques, certains de ces critères peuvent ne pas être applicables. Il convient alors de renseigner le critère correspondant avec l'acronyme « N/A » (Non Applicable).

**Remarque 2** : Certaines mesures de maîtrise des risques ne remplissent pas les critères « efficacité » ou « indépendance » : elles ont une fiabilité plus faible que d'autres mesures de maîtrise des risques. Celles-ci peuvent néanmoins être décrites dans le tableau ci-dessous dans la mesure où elles concourent à une meilleure sécurité sur le site d'exploitation.

Fonction de sécurité n°1	Prévenir la formation de glace sur les pales de l'éolienne	N° de risque concerné	G01 - G02
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 (par exemple analyse des données de fonctionnement de l'éolienne + système de mesure des oscillations et vibrations) 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 danger 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 des capteurs du système de détection de givre au bout de 3 mois de fonctionnement puis lors des maintenances préventives annuelles.		

Fonction de sécurité n°2	Prévenir l'atteinte des personnes par la chute de glace	N° de risque concerné	G01
Mesures de sécurité	Panneautage en pied de machine Eloignement des zones habitées et fréquentées		
Description	Mise en place de panneaux informant de la possible formation de glace en pied de machines (conformément à l'article 14 de l'arrêté du 26 août 2011).		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	NA		
Efficacité	100%. Compte tenu de l'implantation des panneaux préventifs et de l'entretien prévu, l'information des promeneurs sera systématique.		
Tests	NA		
Maintenance	Vérification de l'état général du panneau d'information, de l'absence de détérioration, entretien de la végétation afin que le panneau reste visible.		

Fonction de sécurité n°3	Prévenir l'échauffement significatif des pièces mécaniques	N° de risque concerné	I04 - I04
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 Systèmes de refroidissement indépendants pour la génératrice		
Description	En cas de température anormalement haute, une alarme est émise par le système SCADA au centre de contrôle de l'exploitant. Si la température dépasse un seuil haut, l'éolienne est mise à l'arrêt et ne peut être relancée qu'après intervention d'un technicien en nacelle, qui procédera à une identification des causes et à des opérations techniques le cas échéant.		
Indépendance	Oui Ces systèmes s'appuient sur des fonctions et des appareils propres à l'exploitation du parc. Ces données sont cependant analysées par l'automate de sécurité embarqué sur chaque éolienne, dont le rôle est dédié à la sécurité de l'installation.		
Temps de réponse	< 60 secondes		
Efficacité	100%		
Tests	Lors de la phase d'essai de la machine		
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 n°4	Prévenir la survitesse	N° de risque concerné	I03 - P01
Mesures de sécurité	Détection de survitesse et système de freinage. Eléments du système de protection contre la survitesse conformes aux normes IEC 61508 (SIL 2) et EN 954-1		
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	15 à 60 s (arrêt de l'éolienne selon le programme de freinage adapté) 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 n°5	Prévenir les courts-circuits	N° de risque concerné	I01 - I02 - I05 - I06
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 de 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 n°6	Prévenir les effets de la foudre	N° de risque concerné	I01 - I02 - I05 - I06
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) Parafoudres sur la nacelle + récepteurs de foudre sur les 2 faces des pales Dispositifs de capture + mise à la terre (nacelle/mât, sections de mât, mât/fondation) Parasurtenseurs sur les circuits électriques		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	Immédiat (dispositif passif)		
Efficacité	100%		
Tests	Mesure de terre lors des vérifications réglementaires des installations électriques		
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. Contrôle de l'état de l'installation de mise à la terre dans le mât à chaque maintenance préventive.		

Fonction de sécurité n°7	Protection et intervention incendie	N° de risque concerné	I05 - I06
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, l'enclenchement de l'alarme et du système d'extinction automatique 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	Vérification de la plausibilité des mesures de température		
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 n°8	Prévention et rétention des fuites	N° de risque concerné	I07 - F01 - F02
Mesures de sécurité	Détecteurs de niveau d'huiles Nacelle et rotor faisant office de bacs de rétention Procédure d'urgence Kit antipollution		
Description	Nombreux détecteurs de niveau d'huile permettant de détecter les éventuelles fuites d'huile et d'arrêter l'éolienne en cas d'urgence. Présence de plusieurs bacs collecteurs au niveau des principaux composants. 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. Des kits de dépollution d'urgence composés de grandes feuilles de textile absorbant pourront être utilisés afin : - de contenir et arrêter la propagation de la pollution ; - d'absorber jusqu'à 20 litres de déversements accidentels de liquides (huile, eau, alcools, etc.) et produits chimiques (acides, bases, solvants, etc.) ; - de récupérer les déchets absorbés. 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.		
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 n°9	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation)	N° de risque concerné	C02/C03/P03/E01 /E02/E03/E05/E07
Mesures de sécurité	Surveillance des vibrations Contrôles réguliers des fondations et des différentes pièces d'assemblages (ex : brides, joints, etc.) Procédures qualités Attestation du contrôle technique		
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 rotor, 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 équipées de capteurs de vibration, qui entraînent l'arrêt en cas de dépassement des seuils définis. Les éoliennes sont protégées contre la corrosion due à l'humidité de l'air, selon la norme ISO 9223 (peinture et revêtement anticorrosion).		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	15 à 60 s (arrêt de l'éolienne selon le programme de freinage adapté)		
Efficacité	100%		
Tests	Déclenchement manuel des capteurs de vibration et vérification de la réponse du système		
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, etc.) 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. Inspection visuelle du mât et, si besoin, nettoyage lors des maintenances préventives annuelles.		

Fonction de sécurité n°10	Prévenir les erreurs de maintenance	N° de risque concerné	C01 - E07
Mesures de sécurité	Procédure maintenance		
Description	Préconisations du manuel de maintenance Formation du personnel		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	NA		
Efficacité	100%		
Tests	Vérification du manuel de maintenance avant démarrage de l'exploitation. Formation systématique des techniciens.		
Maintenance	NA		

Fonction de sécurité n°11	Prévenir les risques de dégradation de l'éolienne en cas de vent fort	N° de risque concerné	E05
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	15 à 60 s suivant le programme de freinage		
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	Test des capteurs au moment de la mise en service et à chaque maintenance. Test automatique du système de freinage mécanique et du fonctionnement de chaque système pitch (freinage aérodynamique) lors de la séquence de démarrage de l'éolienne.		
Maintenance	Vérification du frein hydraulique, système de détection de survitesse, du système d'alarme, des motoréducteurs, du graissage, etc.		

Fonction de sécurité n°12	Empêcher la perte de contrôle de l'éolienne en cas de défaillance réseau	N° de risque concerné	I02
Mesures de sécurité	Détection des défaillances du réseau électrique Batteries pour chaque système pitch Système d'alimentation sans coupure (UPS)		
Description	Surveillance du réseau + surveillance des défaillances réseau par le convertisseur principal qui entraîne la déconnexion de l'éolienne du réseau électrique. Commande de l'éolienne et communication externe assurées pendant environ 10 min, permettant l'arrêt automatique de l'éolienne.		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	150 ms pour identifier une défaillance réseau 15 à 60 s pour l'arrêt de l'éolienne selon le programme de freinage		
Efficacité	100%		
Tests	Vérification de la charge des batteries d'alimentation de secours des systèmes pitch lors de la séquence de démarrage de l'éolienne		
Maintenance	Remplacement des batteries du système pitch au cours de la maintenance quinquennal. Maintenance curative suite à une défaillance du matériel.		

Tableau 23 : Ensemble des fonctions de sécurité (Source : INERIS/SER/FEE, 2012)

L'ensemble des procédures de maintenance et des contrôles d'efficacité des systèmes sera conforme à l'arrêté du 26 août 2011.

Notamment, suivant une périodicité qui ne peut excéder un an, l'exploitant réalise 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.

L'arrêt d'urgence des aérogénérateurs est soumis à différentes modalités et procédures :

- Compétences du personnel

Le personnel intervenant sur site est formé aux procédures de mise à l'arrêt d'urgence et de remise en service des installations suite à un tel arrêt.

Une situation d'arrêt d'urgence est activée en pressant un des boutons rouges dont les positions sont renseignées dans le manuel de sécurité et connues du personnel. Ainsi, un arrêt d'urgence n'est possible qu'avec présence de personnel sur site.

Le fonctionnement des boutons d'arrêt d'urgence est testé et vérifié annuellement lors des maintenances électriques conformément à l'article 15 de l'arrêté du 26/08/2011.

- Modalités de l'arrêt d'urgence

Quand un arrêt d'urgence est activé, l'éolienne passe en mode "ARRET D'URGENCE" où l'alimentation est coupée sauf pour l'éclairage. Les pales sont mises en drapeau et le frein mécanique est enclenché afin que l'ensemble moyeu/pales soit mis à l'arrêt. Les moteurs d'orientation de la nacelle, les pompes hydrauliques et le ventilateur de la nacelle sont également arrêtés. Par conséquent, toutes les parties mobiles sont mises à l'arrêt.

- Procédure de remise en route

Le bouton d'arrêt d'urgence est remis à zéro manuellement lorsqu'il n'y a plus de danger et que la sécurité des personnes est assurée sur le site.

Après la réinitialisation du bouton d'arrêt d'urgence, l'aérogénérateur reste à l'arrêt mais l'alimentation électrique est de nouveau opérationnelle. Lorsque l'erreur est acquittée sur la console de commandes située en bas de la tour et que toutes les personnes ont quitté l'éolienne, celle-ci peut être remise en « RUN » (en fonctionnement) par un intervenant sur la console de commandes.

## 7.7. CONCLUSION DE L'ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES

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

Nom du scénario exclu	Justification
Incendie de l'éolienne (effets thermiques)	<p>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<sup>2</sup> 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.</p> <p>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.</p>
Incendie du poste de livraison ou du transformateur	<p>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 impose le respect des normes NFC 15-100, NFC 13-100 et NFC 13-200).</p>
Chute et projection de glace dans les cas particuliers où les températures hivernales ne sont pas inférieures à 0°C	<p>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.</p> <p>Des éléments de preuves doivent être apportés pour identifier les implantations où de telles conditions climatiques sont applicables.</p>
Infiltration d'huile dans le sol	<p>En cas d'infiltration d'huile dans le sol, les volumes de substances libérées dans le sol restent mineurs.</p> <p>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 rapprochée d'une nappe phréatique.</p>

*Tableau 24 : Scénarios exclus (Source : INERIS/SER/FEE, 2012)*

Les cinq catégories de scénarios 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 scénarios 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.

## 8 ETUDE DETAILLEE DES RISQUES

L'étude détaillée des risques vise à caractériser les scénarios sélectionnés 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.

### 8.1. RAPPEL 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.

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

Cet arrêté est complété 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 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.

#### 8.1.1. Cinétique

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

Selon l'article 8 de l'arrêté du 29 septembre 2005, la cinétique peut être qualifiée de « lente » ou « 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 considéré 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.

#### 8.1.2. 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).

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

Or, les seuils d'effets proposés dans l'arrêté du 29 septembre 2005 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 thermique. Ces seuils ne sont donc pas adaptés aux accidents générés par les aérogénérateurs.

Dans le cas de scénarios de projection, l'annexe II 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 : seuil 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.

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

Tableau 25 : Degré d'exposition (source : INERIS/SER/FEE, 2012)

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



### 8.1.3. Gravité

Par analogie aux niveaux de gravité retenus dans l'annexe III de l'arrêté du 29 septembre 2005, 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.

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

Tableau 26 : Critères permettant d'apprécier les conséquences de l'événement (source : arrêté du 29 septembre 2005)

### 8.1.4. Probabilité

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

Niveaux	Echelle qualitative	Echelle quantitative (probabilité annuelle)
<b>A</b>	<b>Courant</b> 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>B</b>	<b>Probable</b> S'est produit et/ou peut se produire pendant la durée de vie des installations.	$10^{-3} < P \leq 10^{-2}$
<b>C</b>	<b>Improbable</b> 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.	$10^{-4} < P \leq 10^{-3}$
<b>D</b>	<b>Rare</b> S'est déjà produit mais a fait l'objet de mesures correctives réduisant significativement la probabilité.	$10^{-5} < P \leq 10^{-4}$
<b>E</b>	<b>Extrêmement rare</b> Possible mais non rencontré au niveau mondial. N'est pas impossible au vu des connaissances actuelles.	$\leq 10^{-5}$

Tableau 27 : Grille de criticité du scénario redouté (source : arrêté du 29 septembre 2005)

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 :

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

$P_{\text{ERC}}$  = 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) ;

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

$P_{\text{atteinte}}$  = 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 ( $P_{\text{accident}}$ ) à la probabilité de l'événement redouté central ( $P_{\text{ERC}}$ ) a été retenue.

### 8.1.5. Matrice de criticité

La criticité de l'évènement est définie par le croisement de la probabilité et de la gravité via un tableau nommé « matrice de criticité ».

La criticité de l'évènement est alors définie à partir d'une cotation du couple probabilité-gravité et détermine 3 zones :

- **En vert** : une zone pour laquelle les risques peuvent être qualifiés de **moindres** et donc acceptables, l'évènement est alors jugé sans effet majeur et nécessite pas de mesures particulières ;
- **En jaune** : une zone de risques **intermédiaires**, pour laquelle les mesures de sécurité sont jugées suffisantes et la maîtrise des risques concernés doit être assurée et démontrée par l'exploitant (contrôles appropriés pour éviter tout écart dans le temps) ;
- **En rouge** : une zone de risques **élevés**, qualifiés de non acceptables et pour laquelle des modifications substantielles doivent être définies afin de réduire ceux-ci à un niveau acceptable ou intermédiaire, par la démonstration de la maîtrise de ce risque.

Conséquences \ GRAVITÉ	Classe de Probabilité				
	E	D	C	B	A
Désastreuse	Jaune	Rouge	Rouge	Rouge	Rouge
Catastrophique	Jaune	Jaune	Rouge	Rouge	Rouge
Importante	Jaune	Jaune	Jaune	Rouge	Rouge
Sérieuse	Vert	Vert	Jaune	Jaune	Rouge
Modérée	Vert	Vert	Vert	Vert	Jaune

Légende de la matrice :

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

Tableau 28 : Matrice de criticité de l'installation (source : INERIS/SER/FEE, 2012)

## 8.2. CARACTERISATION DES SCENARIOS RETENUS

### 8.2.1. Rappel des caractéristiques des modèles étudiés

Les caractéristiques techniques des huit modèles étudiés pour les calculs de risques dans la suite du document sont les suivantes :

Nom de la machine	Constructeur	Puissance nominale	Hauteur au moyeu	Diamètre de rotor	Hauteur totale en bout de pale	Largeur base mât	Largeur base pale
V110	VESTAS	2,2 MW	125 m	110 m	180 m	4,4 m	3,9 m
V126	VESTAS	3,3 MW	114 m	126 m	177 m	4,3 m	3 m
N117	NORDEX	2,4 MW	120 m	117 m	178,5 m	4,3 m	2,4 m
MM122	SENVION	3 MW	119 m	122 m	180 m	4,7 m	3,9 m
G114	GAMESA	2,1 MW	123 m	114 m	180 m	4,5 m	3,98 m
G126	GAMESA	2,625 MW	102 m	126 m	165 m	5 m	4,5 m
E115	ENERCON	3 MW	122 m	115 m	179,5 m	10 m	4,86 m
GE2.75	GENERAL ELECTRICS	2,75 MW	120 m	120 m	180 m	4,3 m	2,4 m

Tableau 29 : Rappel des caractéristiques techniques des éoliennes étudiées (source : ELICIO France, 2017)

L'étude détaillée des risques engendrés par le projet éolien de la Crayère présentée dans les paragraphes suivants est basée sur les caractéristiques de machines conduisant au scénario le plus impactant, permettant d'étudier la criticité maximale de chacun des évènements redoutés. Le détail de calcul des périmètres d'étude les plus impactants est présenté chapitre 3.4.1.

## 8.2.2. 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 de l'éolienne en bout de pale, soit 180 m** dans le cas des éoliennes du projet éolien de la Crayère.

Cette méthodologie se rapproche de celles utilisées dans la bibliographie. 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 mat 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 dans le cas du parc éolien de la Crayère, pour chacun des modèles étudiés. Les modèles de hauteur totale 180 m sont les plus impactants pour le calcul de la zone d'effet totale du phénomène, tandis que les caractéristiques de la machine E115 définissent une zone d'impact plus importante. **Le degré d'exposition est maximisé pour l'éolienne E115. C'est donc ce modèle qui est considéré pour la suite des calculs d'effondrement.**

Le tableau ci-dessous présente les résultats pour chacun des modèles.  $Z_I$  est la zone d'impact,  $Z_E$  est la zone d'effet,  $d$  le degré d'exposition,  $R$  est le rayon du rotor,  $H$  la hauteur au moyeu,  $L$  la largeur du mat et  $LB$  la largeur de la base de la pale.

Effondrement de l'éolienne				
Eolienne étudiée	Zone d'impact $Z_I = (H \times L) + (3 \times R \times LB / 2)$	Zone d'effet du phénomène étudié $Z_E = \pi \times (H + R)^2$	Degré d'exposition du phénomène étudié $d = (Z_I / Z_E) \times 100$	Intensité d'exposition
V126	774 m <sup>2</sup>	98 423 m <sup>2</sup>	0,786%	Exposition modérée
N117	727 m <sup>2</sup>	100 098 m <sup>2</sup>	0,726%	Exposition modérée
V110	872 m <sup>2</sup>	101 788 m <sup>2</sup>	0,856%	Exposition modérée
MM122	797 m <sup>2</sup>	101 788 m <sup>2</sup>	0,783%	Exposition modérée
G114	894 m <sup>2</sup>	101 788 m <sup>2</sup>	0,878%	Exposition modérée
<b>E115</b>	<b>1 639 m<sup>2</sup></b>	<b>101 223 m<sup>2</sup></b>	<b>1,619%</b>	<b>Exposition forte</b>
G126	935 m <sup>2</sup>	85 530 m <sup>2</sup>	1,093%	Exposition forte
GE2.75	732 m <sup>2</sup>	101 788 m <sup>2</sup>	0,719%	Exposition modérée

Tableau 30 : Evaluation de l'intensité dans le scénario « Effondrement de l'éolienne »

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

### Gravité

En fonction de cette intensité et des définitions issues de l'arrêté du 29 septembre 2005 (§ 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 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						
Eolienne	Terrains non aménagés et très peu fréquentés 1 personne / 100 ha		Terrains aménagés mais peu fréquentés 1 personne / 10 ha		Nombre total de personnes exposées	Gravité
	Surface exposée en ha	Nombre de personnes exposées	Surface exposée en ha	Nombre de personnes exposées		
E1	9,95	0,10	0,23	0,03	0,13	Sérieuse
E2	10,13	0,11	0,05	0,01	0,12	Sérieuse
E3	9,84	0,10	0,34	0,04	0,14	Sérieuse
E4	9,97	0,10	0,21	0,03	0,13	Sérieuse
E5	10,01	0,11	0,17	0,02	0,13	Sérieuse
E6	10,01	0,11	0,17	0,02	0,13	Sérieuse
E7	10,05	0,11	0,13	0,02	0,13	Sérieuse
E8	10,05	0,11	0,13	0,02	0,13	Sérieuse
E9	10,00	0,11	0,18	0,02	0,13	Sérieuse

Tableau 31 : Evaluation de la gravité dans le scénario « Effondrement de l'éolienne »

Remarque : le calcul du nombre de personnes permanentes est défini dans le chapitre 3.4.

### 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 turbine	4,5 x 10 <sup>-4</sup>	Retour d'expérience
Specification of minimum distances	1,8 x 10 <sup>-4</sup> (effondrement de la nacelle et de la tour)	Retour d'expérience

Tableau 32 : Fréquence d'effondrement d'une éolienne dans la littérature (source : INERIS/SER/FEE, 2012)

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'expérience<sup>1</sup>, soit une probabilité de 4,47 x 10<sup>-4</sup> par éolienne et par an.

<sup>1</sup> 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.

Ces évènements correspondent également à la définition qualitative de l'arrêté du 29 septembre 2005 d'une probabilité « C », à savoir : « *Evènement 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'évènement.**

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.

On note d'ailleurs, dans le retour d'expérience français, qu'aucun effondrement n'a eu lieu sur les éoliennes mises en service après 2005.

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 correctives réduisant significativement la probabilité ».**

### Acceptabilité

Le tableau suivant rappelle, pour chaque aérogénérateur du parc de la Crayère, la gravité associée et le niveau de risque (acceptable/inacceptable).

Effondrement de l'éolienne		
Eolienne	Gravité	Niveau de risque
E1	Sérieuse	Acceptable
E2	Sérieuse	Acceptable
E3	Sérieuse	Acceptable
E4	Sérieuse	Acceptable
E5	Sérieuse	Acceptable
E6	Sérieuse	Acceptable
E7	Sérieuse	Acceptable
E8	Sérieuse	Acceptable
E9	Sérieuse	Acceptable

Tableau 33 : Détermination de l'acceptabilité du risque du scénario « Effondrement de l'éolienne »

⇒ Ainsi, pour le parc éolien de la Crayère, le phénomène d'effondrement des éoliennes constitue un risque acceptable pour les personnes.

## 8.2.3. 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 (Wind energy production in cold climate), une grande partie du territoire français (hors zones de montagnes) est concernée par moins d'un jour de formation de glace par an. Certains secteurs du territoire comme les zones côtières affichent des moyennes 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 mat de l'éolienne. Pour le projet éolien de la Crayère, **la zone d'effet a donc un rayon maximal de 63 mètres, en considérant le rayon de rotor des machines V126 et G126, le plus impactant**. 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 tableau ci-dessous permet d'évaluer l'intensité du phénomène de chute de glace dans le cas du parc éolien de la Crayère.  $Z_I$  est la zone d'impact,  $Z_E$  est la zone d'effet,  $d$  le degré d'exposition,  $R$  est le rayon maximal du rotor ( $R = 63$  m),  $SG$  est la surface du morceau de glace majorant ( $SG = 1$  m<sup>2</sup>).

Chute de glace			
Zone d'impact	Zone d'effet du phénomène étudié	Degré d'exposition du phénomène étudié	Intensité
$Z_I = SG$	$Z_E = \pi \times R^2$	$d = (Z_I/Z_E) \times 100$	Exposition modérée
1 m <sup>2</sup>	12 469 m <sup>2</sup>	0,008% ( $d < 1\%$ )	

Tableau 34 : Evaluation de l'intensité dans le scénario « Chute de glace »

**L'intensité est nulle hors de la zone de survol.**

### Gravité

En fonction de cette intensité et des définitions issues de l'arrêté du 29 septembre 2005 (§ 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 1 000 personnes exposées → « Désastreux » ;
- Entre 100 et 1 000 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 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						
Eolienne	Terrains non aménagés et très peu fréquentés 1 personne / 100 ha		Terrains aménagés mais peu fréquentés 1 personne / 10 ha		Nombre total de personnes exposées	Gravité
	Surface exposée en ha	Nombre de personnes exposées	Surface exposée en ha	Nombre de personnes exposées		
E1	1,22	0,02	0,02	0,01	0,03	Modérée
E2	1,25	0,02	-	-	0,02	Modérée
E3	1,17	0,02	0,08	0,01	0,03	Modérée
E4	1,24	0,02	0,01	0,01	0,03	Modérée
E5	1,25	0,02	-	-	0,02	Modérée
E6	1,23	0,02	0,02	0,01	0,03	Modérée
E7	1,25	0,02	-	-	0,02	Modérée
E8	1,25	0,02	-	-	0,02	Modérée
E9	1,19	0,02	0,06	0,01	0,03	Modérée

Tableau 35 : Evaluation de la gravité dans le scénario « Chute de glace »

Probabilité

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

Acceptabilité

Le tableau ci-après rappelle, pour chaque aérogénérateur du projet de la Crayère, la gravité associée et le niveau de risque (acceptable/inacceptable).

Chute de glace		
Eolienne	Gravité	Niveau de risque
E1	Modérée	Acceptable
E2	Modérée	Acceptable
E3	Modérée	Acceptable
E4	Modérée	Acceptable
E5	Modérée	Acceptable
E6	Modérée	Acceptable
E7	Modérée	Acceptable
E8	Modérée	Acceptable
E9	Modérée	Acceptable

Tableau 36 : Détermination de l'acceptabilité du risque du scénario « Chute de glace »

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 parc éolien de la Crayère, le phénomène de chute de glace des éoliennes constitue un risque acceptable pour les personnes.

8.2.4. 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'éléments 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 (63 m), en considérant le rayon de rotor des machines V126 et G126, le plus impactant** (voir paragraphe 3.4.1).

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 parc éolien de la Crayère, pour chacun des modèles étudiés. Les modèles de plus grand rayon de rotor (V126 et G126) sont les plus impactants pour le calcul de la zone d'effet totale du phénomène, tandis que les caractéristiques de la machine G126 définissent une zone d'impact plus importante. **Cependant, le degré d'exposition est maximisé pour l'éolienne E115. C'est donc ce modèle qui est considéré pour la suite des calculs de chute d'éléments.** Z<sub>i</sub> est la zone d'impact, Z<sub>E</sub> la zone d'effet, d le degré d'exposition, R est le rayon du rotor et LB la largeur de la base de la pale.

Chute d'éléments de l'éolienne				
Eolienne étudiée	Zone d'impact	Zone d'effet du phénomène étudié	Degré d'exposition du phénomène étudié	Intensité d'exposition
	$Z_i = (H \times L) + (3 \times R \times LB / 2)$	$Z_E = \pi \times (H + R)^2$	$d = (Z_i / Z_E) \times 100$	
V126	95 m <sup>2</sup>	12 469 m <sup>2</sup>	0,758%	Exposition modérée
N117	70 m <sup>2</sup>	10 751 m <sup>2</sup>	0,653%	Exposition modérée
V110	107 m <sup>2</sup>	9 503 m <sup>2</sup>	1,129%	Exposition forte
MM122	79 m <sup>2</sup>	11 690 m <sup>2</sup>	0,678%	Exposition modérée
G114	113 m <sup>2</sup>	10 207 m <sup>2</sup>	1,111%	Exposition forte
<b>E115</b>	<b>140 m<sup>2</sup></b>	<b>10 387 m<sup>2</sup></b>	<b>1,345%</b>	<b>Exposition forte</b>
G126	142 m <sup>2</sup>	12 469 m <sup>2</sup>	1,137%	Exposition forte
GE2.75	72 m <sup>2</sup>	11 310 m <sup>2</sup>	0,637%	Exposition modérée

Tableau 37 : Evaluation de l'intensité dans le scénario « Chute d'éléments »

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

Gravité

En fonction de cette intensité et des définitions issues de l'arrêté du 29 septembre 2005 (§ 8.1.3.), il est possible de définir les différentes classes de gravité pour le phénomène de chute d'éléments, 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 indique, pour chaque aérogénérateur, le nombre de personnes exposées dans la zone d'effet du phénomène de chute d'éléments de l'éolienne et la gravité associée.

Chute d'éléments						
Eolienne	Terrains non aménagés et très peu fréquentés 1 personne / 100 ha		Terrains aménagés mais peu fréquentés 1 personne / 10 ha		Nombre total de personnes exposées	Gravité
	Surface exposée en ha	Nombre de personnes exposées	Surface exposée en ha	Nombre de personnes exposées		
E1	1,22	0,02	0,02	0,01	0,03	Sérieuse
E2	1,25	0,02	-	-	0,02	Sérieuse
E3	1,17	0,02	0,08	0,01	0,03	Sérieuse
E4	1,24	0,02	0,01	0,01	0,03	Sérieuse
E5	1,25	0,02	-	-	0,02	Sérieuse
E6	1,23	0,02	0,02	0,01	0,03	Sérieuse
E7	1,25	0,02	-	-	0,02	Sérieuse
E8	1,25	0,02	-	-	0,02	Sérieuse
E9	1,19	0,02	0,06	0,01	0,03	Sérieuse

Tableau 38 : Evaluation de la gravité dans le scénario « Chute d'éléments »

### 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  $4.47 \times 10^{-4}$  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 » : « Evènement 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'évènement.

### Acceptabilité

Le tableau suivant rappelle, pour chaque aérogénérateur du parc de la Crayère, la gravité associée et le niveau de risque (acceptable/inacceptable).

Chute d'éléments		
Eolienne	Gravité	Niveau de risque
E1	Modérée	Acceptable
E2	Modérée	Acceptable
E3	Modérée	Acceptable
E4	Modérée	Acceptable
E5	Modérée	Acceptable
E6	Modérée	Acceptable
E7	Modérée	Acceptable
E8	Modérée	Acceptable
E9	Modérée	Acceptable

Tableau 39 : Détermination de l'acceptabilité du risque du scénario « Chute d'éléments de l'éolienne »

⇒ Ainsi, pour le parc éolien de la Crayère, le phénomène de chute d'éléments de l'éolienne constitue un risque acceptable pour les personnes.

## 8.2.5. Projection de pales et 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 (source : Trame type INERIS, Mai 2012). On constate que les autres données disponibles dans cette accidentologie indiquent 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.

Pour autant, des études de risques déjà réalisées dans le monde ont utilisé une distance de 500 mètres, en particulier les études présentées aux points 5 et 6 du chapitre 10.4 (bibliographie).

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 pales ou de fragment de pales, 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-dessous permet d'évaluer l'intensité du phénomène projection de pales et de fragments de pale dans le cas du projet éolien de la Crayère, pour la machine G126, la plus impactante.  $Z_i$  est la zone d'impact,  $Z_E$  la zone d'effet,  $d$  le degré d'exposition,  $R$  le rayon du rotor ( $R = 63$  m),  $LB$  la largeur de la base de la pale ( $LB = 4,5$  m) et  $R_E$  le rayon de la zone d'effet, soit 500 mètres.

Projection de pales ou de fragments de pales			
Zone d'impact	Zone d'effet du phénomène étudié	Degré d'exposition du phénomène étudié	Intensité
$Z_i = R \times LB/2$	$Z_E = \pi \times R_E^2$	$d = (Z_i/Z_E) \times 100$	Exposition modérée
142 m <sup>2</sup>	785 398 m <sup>2</sup>	0,018% ( $d < 1\%$ )	

Tableau 40 : Evaluation de l'intensité dans le scénario « Projection de pales ou de fragments de pales »

### Gravité

En fonction de cette intensité et des définitions issues de l'arrêté du 29 septembre 2005 (§ 8.1.3.), il est possible de définir les différentes classes de gravité pour le phénomène de projection dans la zone de 500 mètres autour de l'éolienne :

- Plus de 1 000 personnes exposées → « Désastreux » ;
- Entre 100 et 1 000 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 indique, pour chaque aérogénérateur, le nombre de personnes exposées dans la zone d'effet du phénomène de projection et la gravité associée.

Projection de pales ou de fragments de pales						
Eolienne	Terrains non aménagés et très peu fréquentés 1 personne / 100 ha		Terrains aménagés mais peu fréquentés 1 personne / 10 ha		Nombre total de personnes exposées	Gravité
	Surface exposée en ha	Nombre de personnes exposées	Surface exposée en ha	Nombre de personnes exposées		
E1	77,46	0,78	1,08	0,11	0,89	Modérée
E2	78,07	0,79	0,47	0,05	0,84	Modérée
E3	77,12	0,78	1,42	0,15	0,93	Modérée
E4	77,07	0,78	1,47	0,15	0,93	Modérée
E5	77,29	0,78	1,25	0,13	0,91	Modérée
E6	76,87	0,77	1,67	0,17	0,94	Modérée
E7	76,81	0,77	1,73	0,18	0,95	Modérée
E8	76,58	0,77	1,96	0,20	0,97	Modérée
E9	76,87	0,77	1,67	0,17	0,94	Modérée

Tableau 41 : Evaluation de la gravité dans le scénario « Projection de pales ou de fragment de pales »

### Probabilité

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	1 x 10 <sup>-6</sup>	Respect de l'Eurocode EN 1990-Basis of structural design
Guide for risk based zoning of wind turbine	1,1 x 10 <sup>-3</sup>	Retour d'expérience au Danemark (1984-1992) et en Allemagne (1989-2001)
Specification of minimum distances	6,1 x 10 <sup>-4</sup>	Recherche Internet des Accidents entre 1996 et 2003

Tableau 42 : Fréquence de rupture de tout ou partie de pale dans la littérature (source : INERIS/SER/FEE, 2012)

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 évènements pour 15 667 années d'expérience, soit 7,66 x 10<sup>-4</sup> évènement par éolienne et par an).

Ces évènements correspondent également à la définition qualitative de l'arrêté du 29 septembre 2005 d'une probabilité « C » : « Evènement 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'évènement.

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

- Les dispositions de la norme IEC 61 400-1 ;
- Les dispositions des normes IEC 61 400-22 et EN 62 305-3 relatives à la foudre ;
- Le système de détection des survitesses et un système redondant de freinage ;
- Le 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, 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 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 Crayère, la gravité associée et le niveau de risque (acceptable/inacceptable).

Projection de pales ou de fragments de pales		
Eolienne	Gravité	Niveau de risque
E1	Modérée	Acceptable
E2	Modérée	Acceptable
E3	Modérée	Acceptable
E4	Modérée	Acceptable
E5	Modérée	Acceptable
E6	Modérée	Acceptable
E7	Modérée	Acceptable
E8	Modérée	Acceptable
E9	Modérée	Acceptable

Tableau 43 : Détermination de l'acceptabilité du risque du scénario « Projection de pales ou de fragments de pales »

⇒ Ainsi, pour le parc éolien de la Crayère, le phénomène de projection de tout ou partie de pale des éoliennes constitue un risque acceptable pour les personnes.

### 8.2.6. 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 dommages 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 n°15 du chapitre 10.4 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 :

$$\text{Distance d'effet} = 1,5 \times (\text{hauteur moyeu} + \text{diamètre rotor})$$

La zone d'effet calculée pour le projet de la Crayère est de 361,5 m en retenant le cas le plus défavorable (machine MM122, voir chapitre 3.4.1).

Cette distance de projection est jugée conservatrice dans des études postérieures (voir n°17 du chapitre 10.4). 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 m<sup>2</sup>) et la superficie de la zone d'effet du phénomène.

Le tableau ci-dessous permet d'évaluer l'intensité du phénomène de projection de glace dans le cas du parc éolien de la Crayère, pour la machine MM122, la plus impactante. Z<sub>i</sub> est la zone d'impact, Z<sub>E</sub> la zone d'effet, d le degré d'exposition, R le rayon rotor (R = 61 m), H la hauteur au moyeu (H = 119 m), et SG la surface majorante d'un morceau de glace.

Projection de morceaux de glace			
Zone d'impact	Zone d'effet du phénomène étudié	Degré d'exposition du phénomène étudié	Intensité
Z <sub>i</sub> = SG	Z <sub>E</sub> = π x [1,5 x (H+2 x R)] <sup>2</sup>	d = (Z <sub>i</sub> /Z <sub>E</sub> ) x 100	Exposition modérée
1 m <sup>2</sup>	410 550 m <sup>2</sup>	0,0002% (d < 1%)	

Tableau 44 : Evaluation de l'intensité dans le scénario « Projection de morceaux de glace »

#### Gravité

En fonction de cette intensité et des définitions issues de l'arrêté du 29 septembre 2005 (§ 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 1 000 personnes exposées → « Désastreux » ;
- Entre 100 et 1 000 personnes exposées → « Catastrophique » ;
- Entre 10 et 100 personnes exposées → « Important » ;
- Moins de 10 personnes exposées → « Sérieux » ;
- Présence humaine exposée inférieure à « une personne » → « Modéré ».

Il a été observé dans la littérature disponible qu'en cas de projection, les morceaux de glace se cassent en petits fragments dès qu'ils se détachent de la pale. La possibilité de l'impact de glace sur des personnes abritées par un bâtiment ou un véhicule est donc négligeable et ces personnes ne doivent pas être comptabilisées pour le calcul de la gravité.

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

Projection de morceaux de glace						
Eolienne	Terrains non aménagés et très peu fréquentés 1 personne / 100 ha		Terrains aménagés mais peu fréquentés 1 personne / 10 ha		Nombre total de personnes exposées	Gravité
	Surface exposée en ha	Nombre de personnes exposées	Surface exposée en ha	Nombre de personnes exposées		
E1	40,36	0,41	0,69	0,07	0,48	Modérée
E2	40,74	0,41	0,32	0,04	0,45	Modérée
E3	40,34	0,41	0,72	0,08	0,49	Modérée
E4	40,43	0,41	0,63	0,07	0,48	Modérée
E5	40,46	0,41	0,60	0,06	0,47	Modérée
E6	40,10	0,41	0,95	0,10	0,51	Modérée
E7	40,08	0,41	0,98	0,10	0,51	Modérée
E8	40,18	0,41	0,88	0,09	0,50	Modérée
E9	40,20	0,41	0,86	0,09	0,50	Modérée

Tableau 45 : Evaluation de la gravité dans le scénario « Projection de morceaux de glace »

#### Probabilité

Au regard de la difficulté d'établir un retour d'expérience précis sur cet événement et considérant les 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 proposée pour cet événement.

#### Acceptabilité

Le tableau suivant rappelle, pour chaque aérogénérateur du parc éolien de Crayère, la gravité associée et le niveau de risque (acceptable/inacceptable).

Projection de morceaux de glace		
Eolienne	Gravité	Niveau de risque
E1	Modérée	Acceptable
E2	Modérée	Acceptable
E3	Modérée	Acceptable
E4	Modérée	Acceptable
E5	Modérée	Acceptable
E6	Modérée	Acceptable
E7	Modérée	Acceptable
E8	Modérée	Acceptable
E9	Modérée	Acceptable

Tableau 46 : Détermination de l'acceptabilité du risque du scénario « Projection de morceaux de glace »

⇒ Ainsi, pour le parc éolien de la Crayère, le phénomène de projection de glace constitue un risque acceptable pour les personnes.

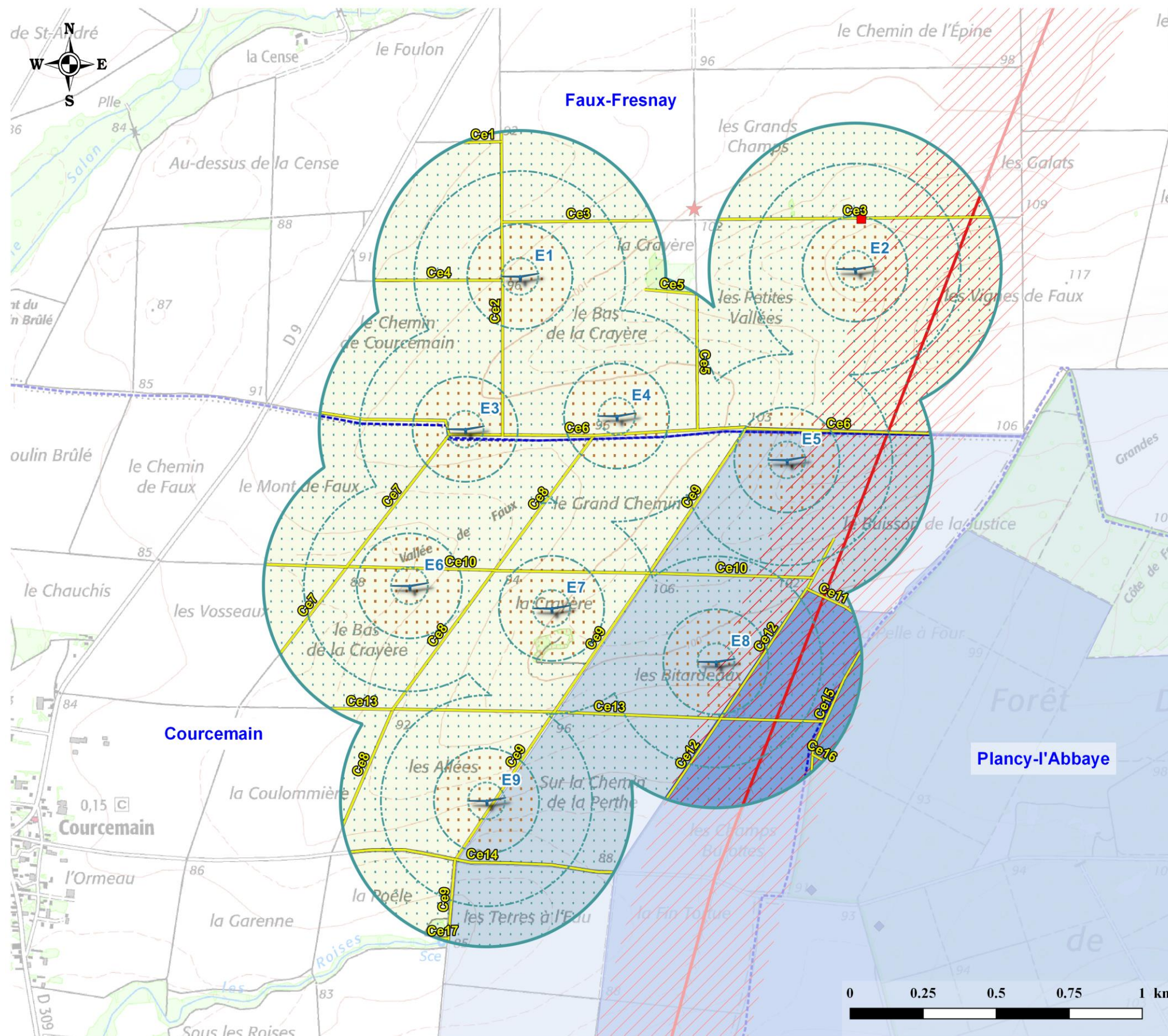


# Synthèse des enjeux

**ATER** Environnement  
Aménagement du Territoire - Energies Renouvelables

Décembre 2017

Source : IGN 25®  
Copie et reproduction interdites



## Légende

- Eoliennes
  - Postes de livraison
  - Limites communales
  - Chemins d'exploitation
- Enjeux matériels**
- Carrière
  - Captage d'eau potable
  - Périmètre de protection rapproché
  - Périmètre de protection éloigné
  - Ligne électrique haute tension
  - Distance d'éloignement (252 m)
- Zones d'effet étudiées**
- Zone de surplomb (63 m)
  - Zone d'effondrement (180 m)
  - Zone de projection de glace (361,5 m)
  - Zone de projection de pales (500 m)
- Personnes exposées**
- Moins de 1 personne
- Intensité d'exposition**
- Modérée
  - Forte

Carte 11 : Synthèse des risques sur le périmètre de dangers

### 8.3.SYNTHESE DE L'ETUDE DETAILLEE DES RISQUES

#### 8.3.1. Tableaux de synthèse des scénarios étudiés

Les tableaux suivants récapitulent, pour chaque événement redouté central retenu, les paramètres de risques : la cinétique, l'intensité, la probabilité et la gravité.

Scénario	Zone d'effet	Cinétique	Intensité	Probabilité	Gravité
Effondrement de l'éolienne	Disque dont le rayon correspond à une hauteur totale de la machine en bout de pale (180 m)	Rapide	Exposition forte	D	<u>Sérieuse</u> E1 à E9
Chute de glace	Zone de survol (63 m)	Rapide	Exposition modérée	A	<u>Modérée</u> E1 à E9
Chute d'éléments de l'éolienne	Zone de survol (63 m)	Rapide	Exposition forte	C	<u>Sérieuse</u> E1 à E9
Projection de pale	500 m autour de l'éolienne	Rapide	Exposition modérée	D	<u>Modérée</u> E1 à E9
Projection de glace	1,5 x (H+2R) autour de l'éolienne (361,5 m)	Rapide	Exposition modérée	B	<u>Modérée</u> E1 à E9

Tableau 47 : Synthèse des scénarios étudiés pour l'ensemble des éoliennes du parc

#### 8.3.2. Synthèse de l'acceptabilité 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-après, adaptée de la circulaire du 29 septembre 2005 reprise dans la circulaire du 10 mai 2010 mentionnée ci-avant sera utilisée.

Les scénarios pointés dans la matrice sont les suivants :

- Effondrement des éoliennes E1 à E9 (scénarios E1 à E9) ;
- Chute de glace des éoliennes E1 à E9 (scénarios Cg1 à Cg9) ;
- Chute d'éléments des éoliennes E1 à E9 C8 (scénarios Ce1 à Ce9) ;
- Projection de pale des éoliennes E1 à E9 (scénarios Pp1 à Pp9) ;
- Projection de glace des éoliennes E1 à E9 (scénarios Pg1 à Pg9).

Conséquence / Gravité	Classes de Probabilité				
	E	D	C	B	A
Désastreux	Jaune	Rouge	Rouge	Rouge	Rouge
Catastrophique	Jaune	Jaune	Rouge	Rouge	Rouge
Important	Jaune	Jaune	Jaune	Rouge	Rouge
Sérieux	Vert	Er1 à Er9	Ce1 à Ce9	Jaune	Rouge
Modéré	Vert	Pp1 à Pp9	Vert	Pg1 à Pg9	Cg1 à Cg9

Er : Effondrement éolienne ; Cg : Chute de glace ; Ce : Chute d'éléments ; Pp : Projection de pales ; Pg : Projection de glace

Légende de la matrice :

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

Figure 15 : Matrice de criticité de l'installation (source : INERIS/SER/FEE, 2012)

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.

#### 8.3.3. Cartographie des risques

La Carte 11 présente la synthèse des risques. Elle fait apparaître, pour les scénarios les plus critiques :

- Les enjeux étudiés dans l'étude détaillée des risques ;
- Une représentation graphique de la probabilité d'atteinte des enjeux.



## 9 CONCLUSION

**Les principaux risques d'accidents majeurs identifiés** pour le parc éolien de la Crayère sont ceux les plus fréquents au regard de l'accidentologie, à savoir :

- Le bris de pale ;
- L'effondrement de l'éolienne ;
- La chute d'éléments ;
- La chute et le bris de glace.

**La probabilité** d'atteinte d'un enjeu par un projectile est variable en fonction du scénario :

- D pour l'effondrement de l'éolienne ;
- C pour la chute d'éléments ;
- A pour la chute de glace ;
- D pour la projection de pale ou d'un fragment de pale ;
- B pour la projection de glace.

Dans la zone de surplomb des éoliennes, là où s'observent la chute de glace et d'éléments, l'enjeu humain est compris entre 0,02 et 0,03 personne, engendrant une gravité qualifiée de modérée pour la chute de glace à sérieuse pour la chute d'éléments. Sur cette zone, seuls des champs et des portions de chemins d'exploitation sont présents. L'enjeu humain reste largement inférieur à 1 personne.

Dans la zone d'effondrement de la machine (dite également zone de ruine), l'enjeu humain est évalué de 0,12 à 0,14 personne. Sur cette zone, sont présents des champs et plusieurs chemins d'exploitation. Toutefois, en l'absence d'infrastructure structurante, l'enjeu humain reste nettement inférieur à 1 personne, la gravité est qualifiée de sérieuse.

Dans la zone de projection de glace, l'enjeu humain est compris entre 0,45 et 0,51 personnes. Sur cette zone, seuls des champs et des portions de chemins d'exploitation sont présents. La gravité est qualifiée de modérée.

Enfin, sur le reste de la zone, l'enjeu humain reste globalement modéré puisqu'il s'agit, pour l'essentiel du périmètre d'étude de dangers, de champs. Il est compris entre 0,84 et 0,97 personnes. Sur cette zone, sont présents des chemins d'exploitation. La gravité est qualifiée de modérée.

La société d'exploitation de la Crayère, de par sa démarche en amont, a réussi à limiter les risques. En effet, elle a choisi de s'éloigner des habitations et les distances aux différentes infrastructures (établissements recevant du public, routes) sont suffisantes pour avoir un risque acceptable au niveau des 5 accidents majeurs identifiés.

De plus, l'installation est conforme à la réglementation en vigueur (arrêté du 26/08/2011 relatif aux ICPE) et aux normes de construction.

**Les principales mesures de maîtrise des risques** mises en place pour prévenir ou limiter les conséquences de ces accidents majeurs sont donc :

- Des barrières de prévention avec :
  - Des balisages des éoliennes ;
  - Des détecteurs de feux ;
  - Des détecteurs de survitesse ;
  - Un système antifoudre ;
  - Des protections contre la glace ;
  - Des protections contre l'échauffement des pièces mécaniques ;
  - Des protections contre les courts-circuits ;
  - Des protections contre la pollution environnementale.
- Une maintenance préventive régulière avec des vérifications étendues :
  - Planning de maintenance préventive ;
  - Maintenance des installations électriques ;
  - Vérifications électrique, équipement incendie, annuelle par un organisme agréé.
- Un personnel formé ;
- Des machines certifiées.

L'ensemble des scénarii étudiés est en zone de risques très faible à faible, pour laquelle les mesures de sécurité sont jugées suffisantes et la maîtrise des risques concernés est assurée et démontrée par l'exploitant (contrôles appropriés pour éviter tout écart dans le temps).

**Les mesures de maîtrise des risques mises en place sur l'installation du parc éolien de Crayère sont suffisantes pour garantir un risque acceptable pour chacun des phénomènes dangereux retenus dans l'étude détaillée.**



# 10 ANNEXES

## 10.1. SCENARIOS GENERIQUES ISSUS DE L'ANALYSE

Cette partie apporte un certain nombre de précisions par rapport à chacun des scénarios 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 7.4. de la trame type de l'étude de dangers. Il peut être considéré comme représentatif des scénarios 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 scénarios listés ci-après reprend celle utilisée dans le tableau de l'analyse préliminaire des risques, avec un regroupement des scénarios par thématique, en fonction des typologies d'événements redoutés centraux identifiés grâce au retour d'expérience par le groupe de travail précédemment cité (« G » pour les scénarios 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).

### 10.1.1. Scénarios 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.

#### Scénario G02

La projection de glace depuis une éolienne en mouvement interviendra lors d'éventuels redémarrages 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.

### 10.1.2. Scénarios relatifs aux risques d'incendie (I01 à I07)

Les éventuels incendies interviendront dans le cas où plusieurs conditions seraient réunies (exemple : 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 sont fournis. La méthodologie suivante pourra aider à déterminer l'ensemble des scénarios devant être analysés :

- Découper l'installation en plusieurs parties : rotor, nacelle, mât, fondation et poste de livraison ;
- Déterminer à l'aide de mots clés 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 de prévention sont mis en place :

- 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 (à savoir la perte d'un élément nécessaire au fonctionnement de l'installation). 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, etc.) ;
- 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, etc.) ;
- 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 danger une description des protocoles qui seront mis en place en cas de pertes d'utilités.

### 10.1.3. Scénarios 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, etc.).

### Scénario F01

En cas de rupture de flexible, perçage d'un contenant, etc., il peut y avoir une fuite d'huile, graisse ou autres fluides, 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 :

- Ecoulement 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 ou autres produits. 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.

### 10.1.4. Scénarios relatifs aux risques de chute d'éléments (C01 à C03)

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

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

### 10.1.5. Scénarios relatifs aux risques de projection de pales ou de fragments de pales (P01 à P03)

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, etc.

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'emballement de l'éolienne constitue un facteur aggravant en cas de projection de tout ou partie d'une pale. Cet emballement peut notamment être provoqué par la perte d'utilité décrite au 10.1.2 de la présente partie (scénarios 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, etc.), conditions climatiques (averses violentes de grêle, foudre, etc.) - 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).

Facteurs aggravants : Infiltration d'eau et formation de glace dans une fissure, vents violents, emballement de l'éolienne.

### Scénario 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.

## 10.1.6. Scénarios relatifs aux risques d'effondrement des éoliennes (E01 à E07)

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, etc.

## 10.2. 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 :

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

$P_{\text{ERC}}$  = 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).

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

$P_{\text{atteinte}}$  = 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.

Evènement 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	$5 \cdot 10^{-2}$	$5 \cdot 10^{-2}$ (A)
Chute d'éléments	$10^{-3}$	$1,8 \cdot 10^{-2}$	$1,8 \cdot 10^{-5}$ (D)
Projection de tout ou partie de pale	$10^{-4}$	$10^{-2}$	$10^{-6}$ (E)
Projection de morceaux de glace	$10^{-2}$	$1,8 \cdot 10^{-6}$	$1,8 \cdot 10^{-8}$ (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 dans laquelle 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.

## 10.3. 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, etc.), à un système technique (mise sous pression d'un gaz, etc.), à une disposition (élévation d'une charge, etc.), 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.

**Evènement initiateur** : Evénement, 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.

**Evènement redouté central** : Evénement 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. 511-1 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 danger (ou « source de danger », ou « élément dangereux », ou « élément porteur de danger ») :** 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 danger » 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 de l'article L. 512-1 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), associées 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 danger (ou potentiel de danger), 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 scénarios peuvent mener à un même phénomène dangereux pouvant conduire à un accident (majeur) : on dénombre autant de scénarios qu'il existe de combinaisons possibles d'événements y aboutissant. Les scénarios 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.*

**DGPR :** Direction Générale de la Prévention des Risques

**ICPE :** Installation Classée pour la Protection de l'Environnement

**SER :** Syndicat des Energies Renouvelables

**FEE :** France Energie Eolienne

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

**EDD :** Etude De Dangers

**APR :** Analyse Préliminaire des Risques

**ERP :** Etablissement Recevant du Public

Braam H. (2005) – *Handboek Risicozonering Winturbines – 2<sup>e</sup> versie. S1.*

DDT de la Marne (2012) – Dossier Départemental des Risques Majeurs

Guillet R., Leteurtois J.-P. - Rapport sur la sécurité des installations éoliennes, Conseil Général des Mines - (2004) ;

INERIS/SER/FEE (déc. 2011) - Trame Type de l'étude de dangers dans le cadre de parcs éoliens ;

Région Champagne-Ardenne (2012) – Schéma Régional Eolien ;

WECO (déc. 1998) – Wind energy production in cold climate.

## 10.4. BIBLIOGRAPHIE

- L'évaluation des fréquences et des probabilités à partir des données de retour d'expérience (réf 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 ingenieuresgesellschaft, 2004 ;
- Permitting setback requirements for wind turbine in California, California Energy Commission – Public ;
- Interest Energy Research Program, 2006 ;
- Omega 10: Evaluation des barrières techniques de sécurité, INERIS, 2005 ;
- Arrêté du 26 aout 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 ;
- 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 Gutsch : 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 General des Mines - Guillet R., Leteurtois J.-P. - juillet 2004 ;
- Risk analysis of ice throw from wind turbines, Seifert H., Westerhellweg A., Kroning J. - DEWI, avril 2003 ;
- Wind energy in the BSR: impacts and causes of icing on wind turbines, Narvik University College, novembre 2005 ;
- DDT de la Marne (2004 - 2012) – Dossier Départemental des Risques Majeurs ;
- INERIS/SER/FEE (2012) - Trame Type de l'étude de dangers dans le cadre de parcs éoliens.

### Sites internet consultés :

- [www.argiles.fr](http://www.argiles.fr) ;
- [www.asn.fr](http://www.asn.fr) ;
- [www.cartes-topographiques.fr](http://www.cartes-topographiques.fr) ;
- [www.inondationsnappes.fr](http://www.inondationsnappes.fr) ;
- [www.planseisme.fr](http://www.planseisme.fr)
- [www.prim.net](http://www.prim.net) ;
- [www.statistiques-locales.insee.fr](http://www.statistiques-locales.insee.fr);
- [www.aria.developpement-durable.gouv.fr](http://www.aria.developpement-durable.gouv.fr) ;
- [www.servitudes.anfr.fr](http://www.servitudes.anfr.fr) ;
- [www.georisques.gouv.fr](http://www.georisques.gouv.fr).

## 10.5. TABLE DES ILLUSTRATIONS

### 10.5.1. Liste des figures

Figure 1 : Structure de la société ELICIO (source : ELICIO FRANCE, 2017)	7
Figure 2 : Structure du groupe NETHYS (source : ELICIO FRANCE, 2017)	9
Figure 3 : Illustration des températures de 1975 à 2017 – Station de Troyes-Barberey (source : infoclimat.fr, 2017)	14
Figure 4 : Illustration des précipitations de 1975 à 2017 – Station de Troyes-Barberey (source : infoclimat.fr, 2017)	15
Figure 5 : Schéma simplifié d'un aérogénérateur (à gauche) - Illustration des emprises au sol d'une éolienne (à droite) (Les dimensions sont données à titre d'illustration pour une éolienne d'environ 150 m de hauteur totale) (source : INERIS/SER/FEE, 2012)	27
Figure 6 : Composants d'une nacelle	29
Figure 7 : Illustration du système en anneau garantissant une communication continue des éoliennes –	33
Figure 8 : Raccordement électrique type d'un parc éolien (source : INERIS/SER/FEE, 2012)	35
Figure 9 : Vue en coupe des tranchées selon le nombre de câbles passés	35
Figure 10 : Plan des postes de livraison (source : ELICIO France, 2017)	37
Figure 11 : Répartition des événements accidentels et de leurs causes premières sur le parc éolien français entre 2000 et 2011 (source : SER/FEE/INERIS, 2011)	43
Figure 12 : Répartition des événements accidentels dans le monde entre 2000 et 2011 (source : SER/FEE/INERIS, 2012)	45
Figure 13 : Répartition des causes premières d'accident pour le parc éolien mondial (source : SER/FEE/INERIS, 2012)	45
Figure 14 : Evolution du nombre d'incidents annuels en France et nombre d'éoliennes installées (source : INERIS/SER/FEE, 2012)	46
Figure 15 : Matrice de criticité de l'installation (source : INERIS/SER/FEE, 2012)	65

### 10.5.2. Liste des tableaux

Tableau 1 : Nomenclature ICPE pour l'éolien terrestre (source : décret n°2011-984 du 23 août 2011)	6
Tableau 2 : Caractéristiques techniques des éoliennes étudiées pour le projet de la Crayère (source : ELICIO FRANCE, 2017)	6
Tableau 3 : Références administratives de la société du parc éolien de la Crayère (source : ELICIO France, 2017)	7
Tableau 4 : Références du signataire pouvant engager la société du parc éolien de la Crayère (source : ELICIO France, 2017)	7
Tableau 5 : Identification des parcelles cadastrales (source : ELICIO, 2017)	9
Tableau 6 : Indicateurs de population et de logement (source : INSEE, Recensement de population 2013)	13
Tableau 7 : Arrêtés de catastrophe naturelle sur les territoires d'étude de dangers (source : georisques.gouv.fr, 2017)	16
Tableau 8 : Cavités présentes sur le territoire communal de Faux-Fresnay (source : georisques.gouv.fr, 2017)	17
Tableau 9 : Distance des éoliennes aux chemins d'exploitation dans un rayon de 500 m autour de chaque éolienne	19
Tableau 10 : Définition de l'enjeu humain relatif aux terrains non aménagés très peu fréquentés	22
Tableau 11 : Définition de l'enjeu humain relatif aux terrains aménagés mais peu fréquentés par éolienne	24
Tableau 12 : Synthèse des enjeux humains	25
Tableau 13 : Coordonnées géographiques du parc éolien (PdL : Poste de Livraison) (source : Elicio, 2017)	28
Tableau 14 : Synthèse du fonctionnement des aérogénérateurs selon le tableau type de l'INERIS/SER/FEE, 2012	30
Tableau 15 : Niveaux intermédiaires de balisage requis en fonction de la hauteur de l'éolienne (source : arrêté du 13 Novembre 2009)	31
Tableau 16 : Produits sortants de l'installation	39
Tableau 17 : Potentiels de dangers liés au fonctionnement de l'installation (source : guide INERIS/SER/FEE, 2012)	40

Tableau 18 : Liste des incidents intervenus en France entre 2000 et 2017 (source : aria.developpement-durable.gouv.fr, Octobre 2017)	44
Tableau 19 : Liste des accidents humains inventoriés	45
Tableau 20 : Liste des agressions externes liées aux activités humaines (source : INERIS/SER/FEE, 2012)	47
Tableau 21 : Liste des agressions externes liées aux phénomènes naturels (source : INERIS/SER/FEE, 2012)	48
Tableau 22 : Analyse générique des risques (source : INERIS/SER/FEE, 2012)	49
Tableau 23 : Ensemble des fonctions de sécurité (Source : INERIS/SER/FEE, 2012)	53
Tableau 24 : Scénarios exclus (Source : INERIS/SER/FEE, 2012)	54
Tableau 25 : Degré d'exposition (source : INERIS/SER/FEE, 2012)	55
Tableau 26 : Critères permettant d'apprécier les conséquences de l'événement (source : arrêté du 29 septembre 2005)	56
Tableau 27 : Grille de criticité du scénario redouté (source : arrêté du 29 septembre 2005)	56
Tableau 28 : Matrice de criticité de l'installation (source : INERIS/SER/FEE, 2012)	57
Tableau 29 : Rappel des caractéristiques techniques des éoliennes étudiées (source : ELICIO France, 2017)	57
Tableau 30 : Evaluation de l'intensité dans le scénario « Effondrement de l'éolienne »	58
Tableau 31 : Evaluation de la gravité dans le scénario « Effondrement de l'éolienne »	58
Tableau 32 : Fréquence d'effondrement d'une éolienne dans la littérature (source : INERIS/SER/FEE, 2012)	58
Tableau 33 : Détermination de l'acceptabilité du risque du scénario « Effondrement de l'éolienne »	59
Tableau 34 : Evaluation de l'intensité dans le scénario « Chute de glace »	59
Tableau 35 : Evaluation de la gravité dans le scénario « Chute de glace »	60
Tableau 36 : Détermination de l'acceptabilité du risque du scénario « Chute de glace »	60
Tableau 37 : Evaluation de l'intensité dans le scénario « Chute d'éléments »	60
Tableau 38 : Evaluation de la gravité dans le scénario « Chute d'éléments »	61
Tableau 39 : Détermination de l'acceptabilité du risque du scénario « Chute d'éléments de l'éolienne »	61
Tableau 40 : Evaluation de l'intensité dans le scénario « Projection de pales ou de fragments de pales »	61
Tableau 41 : Evaluation de la gravité dans le scénario « Projection de pales ou de fragment de pales »	62
Tableau 42 : Fréquence de rupture de tout ou partie de pale dans la littérature (source : INERIS/SER/FEE, 2012)	62
Tableau 43 : Détermination de l'acceptabilité du risque du scénario « Projection de pales ou de fragments de pales »	62
Tableau 44 : Evaluation de l'intensité dans le scénario « Projection de morceaux de glace »	63
Tableau 45 : Evaluation de la gravité dans le scénario « Projection de morceaux de glace »	63
Tableau 46 : Détermination de l'acceptabilité du risque du scénario « Projection de morceaux de glace »	63
Tableau 47 : Synthèse des scénarios étudiés pour l'ensemble des éoliennes du parc	65

### 10.5.3. Liste des cartes

Carte 1 : Localisation géographique de l'installation	8
Carte 2 : Périmètre d'étude de dangers	10
Carte 3 : Distance des éoliennes par rapport aux premières habitations	12
Carte 4 : Gisement éolien en Champagne-Ardenne (source : Schéma Régional Eolien de la Champagne-Ardenne, 2013)	15
Carte 5 : Sensibilité des territoires d'accueil aux phénomènes d'inondations par remontée de nappe (source : inondationsnappes.fr, 2017)	16
Carte 6 : Aléa retrait-gonflement des argiles du projet (source : www.argiles.fr, 2017)	17
Carte 7 : Densité de foudroiement / Légende : Etoile rouge – Localisation du projet (source : citel, 2014)	18
Carte 8 : Enjeux matériels dans le périmètre d'étude de dangers	20
Carte 9 : Enjeux humains et matériels dans le périmètre d'étude de dangers	26
Carte 10 : Réseaux électriques internes à l'installation	36
Carte 11 : Synthèse des risques sur le périmètre de dangers	64

## 10.6. COORDONNEES GEOGRAPHIQUES DES EOLIENNES ET DES POSTES DE LIVRAISON

Les coordonnées sont données à titre indicatif, les plans du dossier faisant foi.

Construction	Commune	Coordonnées WGS 84		Altitude NGF	
		Est	Nord	Au sol	Altitude totale maximale
E1	Faux-Fresnay	3° 56' 34"	48° 38' 04"	96 m	276 m
E2	Faux-Fresnay	3° 57' 30"	48° 38' 05"	111 m	291 m
E3	Faux-Fresnay	3° 56' 25"	48° 37' 48"	97 m	277 m
E4	Faux-Fresnay	3° 56' 50"	48° 37' 49"	97 m	277 m
E5	Courcemain	3° 57' 19"	48° 37' 44"	108 m	288 m
E6	Courcemain	3° 56' 15"	48° 37' 30"	90 m	270 m
E7	Courcemain	3° 56' 39"	48° 37' 28"	100 m	280 m
E8	Courcemain	3° 57' 06"	48° 37' 21"	96 m	276 m
E9	Courcemain	3° 56' 28"	48° 37' 06"	90 m	270 m
PdL1	Faux-Fresnay	3°57'33"	48°38'10"	107 m	109,5 m
PdL2	Faux-Fresnay	3°57'34"	48°38'10"	107 m	109,5 m
PdL3	Faux-Fresnay	3°57'34"	48°38'10"	107 m	109,5 m