

# Dossier de Compléments

Parc éolien du  
confortement de  
Coupelle-Neuve

SEPE LES DIX HUIT

---

ANNEXE 7

---

Etude de danger

Février 2020



## VOLUME 5.2 - ETUDE DE DANGERS

# Parc éolien du Confortement de Coupelle-Neuve - SEPE « LES DIX HUIT »

Commune de Coupelle-Neuve  
Département du Pas-de-Calais (62)

Janvier 2020 – VERSION N°2

**OSTWIND**

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



**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 : ludovic.toudic@ater-environnement.fr

Rédacteur : Mr Ludovic TOUDIC

# SOMMAIRE

<b>1</b>	<b>PREAMBULE .....</b>	<b>5</b>	<b>7</b>	<b>ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES .....</b>	<b>53</b>
1.1.	OBJECTIF DE L'ETUDE DE DANGERS .....	5	7.1.	OBJECTIF DE L'ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES .....	53
1.2.	CONTEXTE LEGISLATIF ET REGLEMENTAIRE .....	5	7.2.	RECENSEMENT DES EVENEMENTS EXCLUS DE L'ANALYSE DES RISQUES .....	53
1.3.	NOMENCLATURE DES INSTALLATIONS CLASSEES .....	6	7.3.	RECENSEMENT DES AGRESSIONS EXTERNES POTENTIELLES .....	53
<b>2</b>	<b>INFORMATIONS GENERALES CONCERNANT L'INSTALLATION .....</b>	<b>7</b>	7.4.	TABLEAU D'ANALYSE GENERIQUE DES RISQUES .....	55
2.1.	RENSEIGNEMENT ADMINISTRATIF .....	7	7.5.	EFFETS DOMINOS SUR LES ICPE .....	57
2.2.	LOCALISATION DU SITE .....	9	7.6.	MISE EN PLACE DES MESURES DE SECURITE .....	57
2.3.	DEFINITION DU PERIMETRE DE L'ETUDE .....	11	7.7.	CONCLUSION DE L'ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES .....	61
<b>3</b>	<b>DESCRIPTION DE L'ENVIRONNEMENT DE L'INSTALLATION .....</b>	<b>13</b>	<b>8</b>	<b>ETUDES DETAILLEES DES RISQUES .....</b>	<b>63</b>
3.1.	ENVIRONNEMENT LIE A L'ACTIVITE HUMAINE .....	13	8.1.	RAPPEL DES DEFINITIONS .....	63
3.2.	ENVIRONNEMENT NATUREL .....	16	8.2.	DETERMINATION DES PARAMETRES POUR L'ETUDE DETAILLEE DES RISQUES .....	66
3.3.	ENVIRONNEMENT MATERIEL .....	23	8.3.	SYNTHESE DE L'ETUDE DETAILLEE DES RISQUES .....	73
3.4.	CARTOGRAPHIE DE SYNTHESE .....	24	<b>9</b>	<b>CONCLUSION .....</b>	<b>75</b>
<b>4</b>	<b>DESCRIPTION DE L'INSTALLATION .....</b>	<b>29</b>	<b>10</b>	<b>ANNEXES .....</b>	<b>77</b>
4.1.	CARACTERISTIQUES DE L'INSTALLATION .....	29	10.1.	SCENARIOS GENERIQUES ISSUS DE L'ANALYSE .....	77
4.2.	FONCTIONNEMENT DE L'INSTALLATION .....	33	10.2.	PROBABILITE D'ATTEINTE ET RISQUE INDIVIDUEL .....	79
4.3.	FONCTIONNEMENT DES RESEAUX DE L'INSTALLATION .....	39	10.3.	GLOSSAIRE .....	79
<b>5</b>	<b>IDENTIFICATION DES POTENTIELS DE DANGERS DE L'INSTALLATION .....</b>	<b>43</b>	10.4.	BIBLIOGRAPHIE .....	81
5.1.	POTENTIEL DE DANGER LIE AUX PRODUITS ET DECHETS .....	43	10.5.	TABLE DES ILLUSTRATIONS .....	82
5.2.	POTENTIELS DE DANGERS LIES AU FONCTIONNEMENT DE L'INSTALLATION .....	44	10.6.	COORDONNEES .....	83
5.3.	REDUCTION DES POTENTIELS DE DANGERS A LA SOURCE .....	44			
<b>6</b>	<b>ANALYSE DES RETOURS D'EXPERIENCE .....</b>	<b>47</b>			
6.1.	INVENTAIRE DES ACCIDENTS ET INCIDENTS EN FRANCE .....	47			
6.2.	INVENTAIRE DES ACCIDENTS ET INCIDENTS A L'INTERNATIONAL .....	49			
6.3.	INVENTAIRE DES ACCIDENTS ET INCIDENTS SURVENU SUR LES SITES DE L'EXPLOITANT .....	50			
6.4.	SYNTHESE DES PHENOMENES DANGEREUX REDOUTES ISSUS DU RETOUR D'EXPERIENCE .....	50			
6.5.	LIMITES D'UTILISATION DE L'ACCIDENTOLOGIE .....	51			



# 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 OSTWIND pour la Société d'Exploitation de Parcs Éoliens (SEPE) « Les Dix-Huit », Maître d'Ouvrage et futur exploitant du parc, pour caractériser, analyser, évaluer, prévenir et réduire les risques du projet du Confortement de Coupelle-Neuve, 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 projet du Confortement de Coupelle-Neuve. 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 projet du Confortement de Coupelle-Neuve, 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.**

## 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.

### 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 ;	A	6
	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 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 projet du Confortement de Coupelle-Neuve comprend au moins un aérogénérateur dont le mât a une hauteur supérieure ou égale à 50 m (92,05 m à hauteur de moyeu) : cette installation est donc soumise à autorisation (A) au titre des installations classées pour la protection de l'environnement et doit présenter une étude de dangers au sein de sa demande d'autorisation d'exploiter.

Pour mémoire : De manière plus précise, le projet du Confortement de Coupelle-Neuve est constitué de 2 éoliennes ENERCON E-115 d'une puissance totale de 6 MW. La hauteur en bout de pale est de 149,9 m, pour une puissance nominale de 3 MW.

Projet éolien du Confortement de Coupelle-Neuve	
<b>Nom</b>	<b>E-115</b>
<b>Nombre d'éoliennes</b>	2
<b>Puissance unitaire</b>	3 MW
<b>Hauteur au moyeu</b>	92,05 m
<b>Diamètre rotor</b>	115,71 m
<b>Hauteur totale</b>	149,9 m

[Tableau 2 : Principales caractéristiques de la machine](#)

## 2 INFORMATIONS GENERALES CONCERNANT L'INSTALLATION

### 2.1. RENSEIGNEMENT ADMINISTRATIF

Le demandeur est la Société d'Exploitation de Parcs Éoliens (SEPE) « Les Dix-Huit », le Maître d'Ouvrage du projet et futur exploitant du parc.

L'objectif final de la Société d'Exploitation de Parcs Éoliens (SEPE) « Les Dix-Huit » 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 d'Exploitation de Parcs Éoliens (SEPE) « Les Dix-Huit » 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>	Les Dix-Huit
<b>Forme juridique</b>	Société d'Exploitation de Parcs Eolien (SEPE)
<b>Capital social</b>	15 000 €
<b>Siège social</b>	1, rue de berne – Espace Européen de l'Entreprise – 67300 Schiltigheim
<b>N° Registre du Commerce</b>	R.C.S. Strasbourg TI 809 838 907
<b>Code NAF</b>	3511Z / Production d'électricité

*Tableau 3 : Référence administrative de la Société d'Exploitation de Parcs Éoliens (SEPE) « Les Dix-Huit » (source : OSTWIND, 2018)*

<b>Nom</b>	KAYSER
<b>Prénom</b>	Fabien
<b>Nationalité</b>	Française
<b>Qualité</b>	Gérant

*Tableau 4 : Références du signataire pouvant engager la société (source : OSTWIND, 2018)*

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



## Localisation géographique

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

Mars 2018

Source : IGN 16 ©

Copie et reproduction interdites

### Légende

 Zone d'implantation du projet

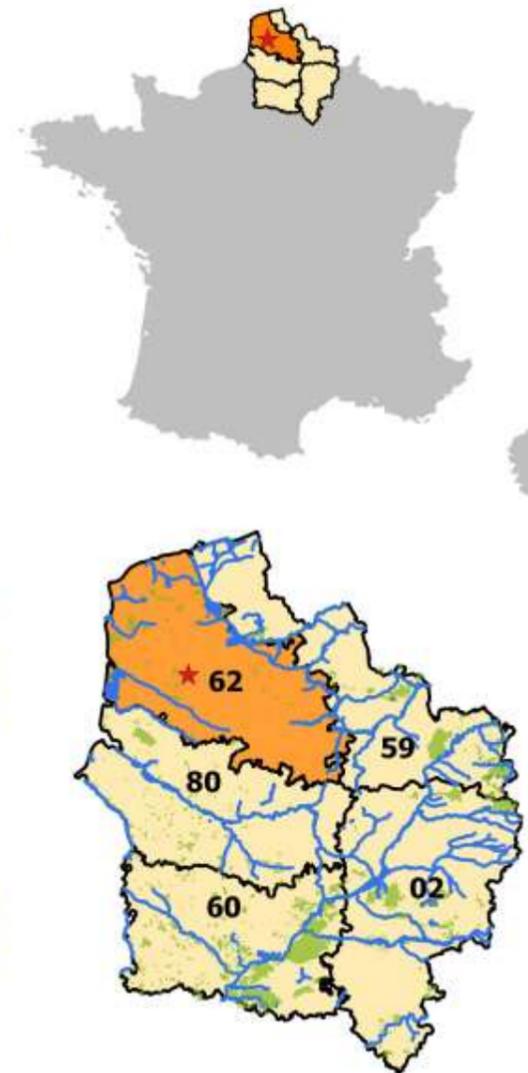
Projet éolien de Fruges III

 Eolienne

 Poste de livraison

Limite communale

 Coupelle-Neuve



Carte 1 : Localisation géographique de l'installation

## 2.2. LOCALISATION DU SITE

### 2.2.1. Localisation générale

Le projet est situé dans la région Hauts-de-France / département du Pas-de-Calais et plus particulièrement sur le territoire communal de Coupelle-Neuve.

Ce site est situé à 37 km à l'Ouest du centre-ville de BETHUNE, ainsi qu'à 29 km au Sud de SAINT-OMER et à 42 km au Sud-Est de BOULOGNE-SUR-MER.

La commune de Coupelle-Neuve fait partie de la Communauté de Communes du Haut Pays du Montreuillois.

### 2.2.2. Identification cadastrale

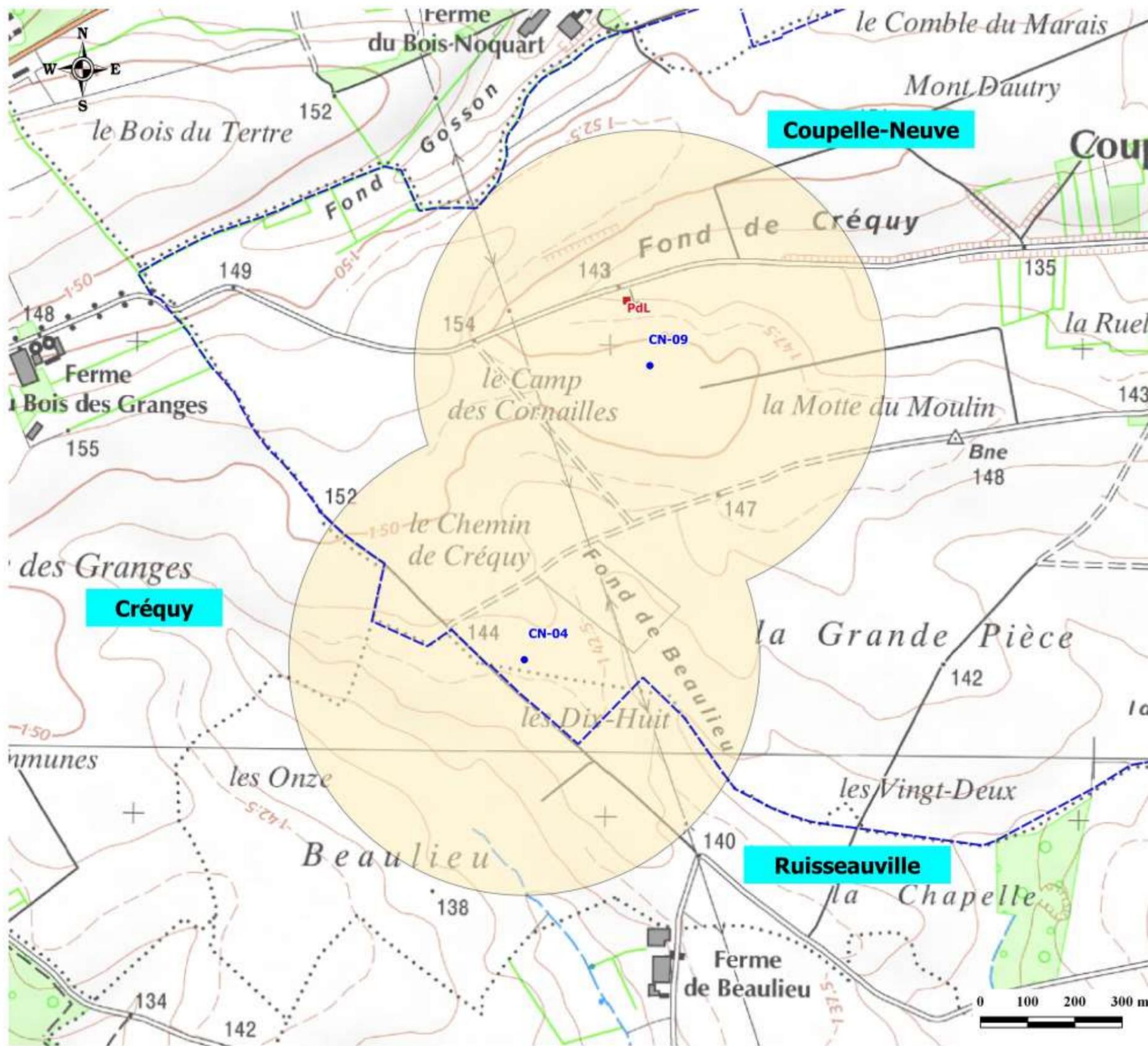
Les parcelles concernées par l'activité de production d'électricité à partir de l'énergie mécanique du vent sont présentées dans le tableau de page suivante. Toutes ces parcelles sont maîtrisées par le Maître d'Ouvrage via des promesses de bail emphytéotique.

Remarque : Le détail de la maîtrise foncière (attestations) se trouve dans le dossier intitulé « Dossier administratif », 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
CN-09	COUPELLE-NEUVE	Le Camp des Cornailles	ZB	13	23 313 m <sup>2</sup>
CN-04	COUPELLE-NEUVE	Le fond de Beaulieu	ZI	2	71 546 m <sup>2</sup>
PDL	COUPELLE-NEUVE	Le Camp des Cornailles	ZB	13	23 313 m <sup>2</sup>

*Tableau 5 : Identification des parcelles cadastrales (source : OSTWIND, 2018)*



**Périmètre d'étude de dangers**

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

Mars 2018

Source : IGN 100® - Copie et reproduction interdites

**Légende**

- Périmètre d'étude de dangers (500 m)
- Projet éolien de Fruges III*
- Eolienne
- Poste de livraison
- Zone de surplomb par les pales (57,9 m)
- Limite communale*
- Coupelle-Neuve

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 8.2.4.

La zone d'étude n'intègre pas les environs du poste de livraison, qui sera néanmoins représenté sur la carte. Les expertises réalisées dans le cadre de la présente étude ont en effet montré l'absence d'effet à l'extérieur du poste de livraison pour chacun des phénomènes dangereux potentiels pouvant l'affecter.



## 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 et urbanisables

L'habitat est relativement peu concentré dans la zone d'étude. Des hameaux circonscrivent le parc éolien envisagé. Ainsi, le parc projeté est éloigné des zones constructibles (construites ou urbanisables dans l'avenir) du :

- Territoire de Coupelle-Neuve :  
✓ Hameau « La Ruelle » à 1 074 m de l'éolienne CN-09 ;
- Territoire d'Avondance :  
✓ Ferme de Beaulieu à 761 m de l'éolienne CN-04 ;
- Territoire de Fruges :  
✓ Ferme du Bois-Noquart, à 745 m de l'éolienne CN-09 ;
- Territoire de Créquy :  
✓ Ferme du Bois des Granges à 1 245 m de l'éolienne CN-04.

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

⇒ Aucune zone urbanisée n'est présente dans le périmètre de la zone d'étude de dangers.

#### Focus démographique sur les communes de COUPELLE-NEUVE, RUISSEAUVILLE et CREQUY

Les territoires communaux intégrant le périmètre d'étude de dangers sont Coupelle-Neuve, commune d'accueil du projet, Ruisseauville et Créquy. L'estimation de la population de ces communes est indiquée dans le tableau ci-dessous (Recensement Général de la Population, 2014).

Commune	Nb Habitant	Densité (Hab./m²)	Nb de logement	Maisons individuelles
COUPELLE-NEUVE	171	37,7	72	97,3%
RUISSEAUVILLE	189	48,6	89	100%
CREQUY	481	23,6	252	100%

Tableau 6 : Quelques indicateurs de la population et leur logement (Insee, 2014)

Hormis une baisse démographique (cumul négatif du solde naturel et migratoire) sur la période 1982-1999, la commune de Ruisseauville a vu sa population croître depuis 1999 par un cumul positif du solde naturel et migratoire.

La commune de Coupelle-Neuve alterne entre une baisse démographique liée à un cumul négatif du solde migratoire et naturel entre 1982-1999 et 2009-2014 et une hausse de sa population de 1999 à 2009 (cumul positif du solde migratoire et naturel).

La population de la commune de Créquy a fortement baissé entre 1982 et 2014 (-21,3 %), en raison d'un solde naturel positif ne compensant pas un solde migratoire négatif jusqu'en 1990 puis en raison du cumul négatif du solde migratoire et naturel depuis 1990.

La densité de population estimée en 2014 à l'échelle des communes de Coupelle-Neuve, Ruisseauville et Créquy s'établit respectivement à 37,7, 48,6 et 23,6 hab./km². Ces valeurs sont inférieures à celles de leur intercommunalité (75,4 hab./km²) et du département du Pas-de-Calais (220,7 hab./km²). Ceci illustre le **caractère rural** de ces territoires communaux.

De manière générale, l'habitat est constitué en grande majorité de maisons individuelles. Notons que ces territoires comptent peu de zones urbanisées. **L'habitat est donc concentré.**

#### Document d'urbanisme

Les territoires des communes de Coupelle-Neuve, de Ruisseauville et de Créquy sont dotés d'un Plan Local d'Urbanisme Intercommunal, approuvé en mai 2014.

⇒ Le projet éolien du Confortement de Coupelle-Neuve est compatible avec le document d'urbanisme en vigueur.

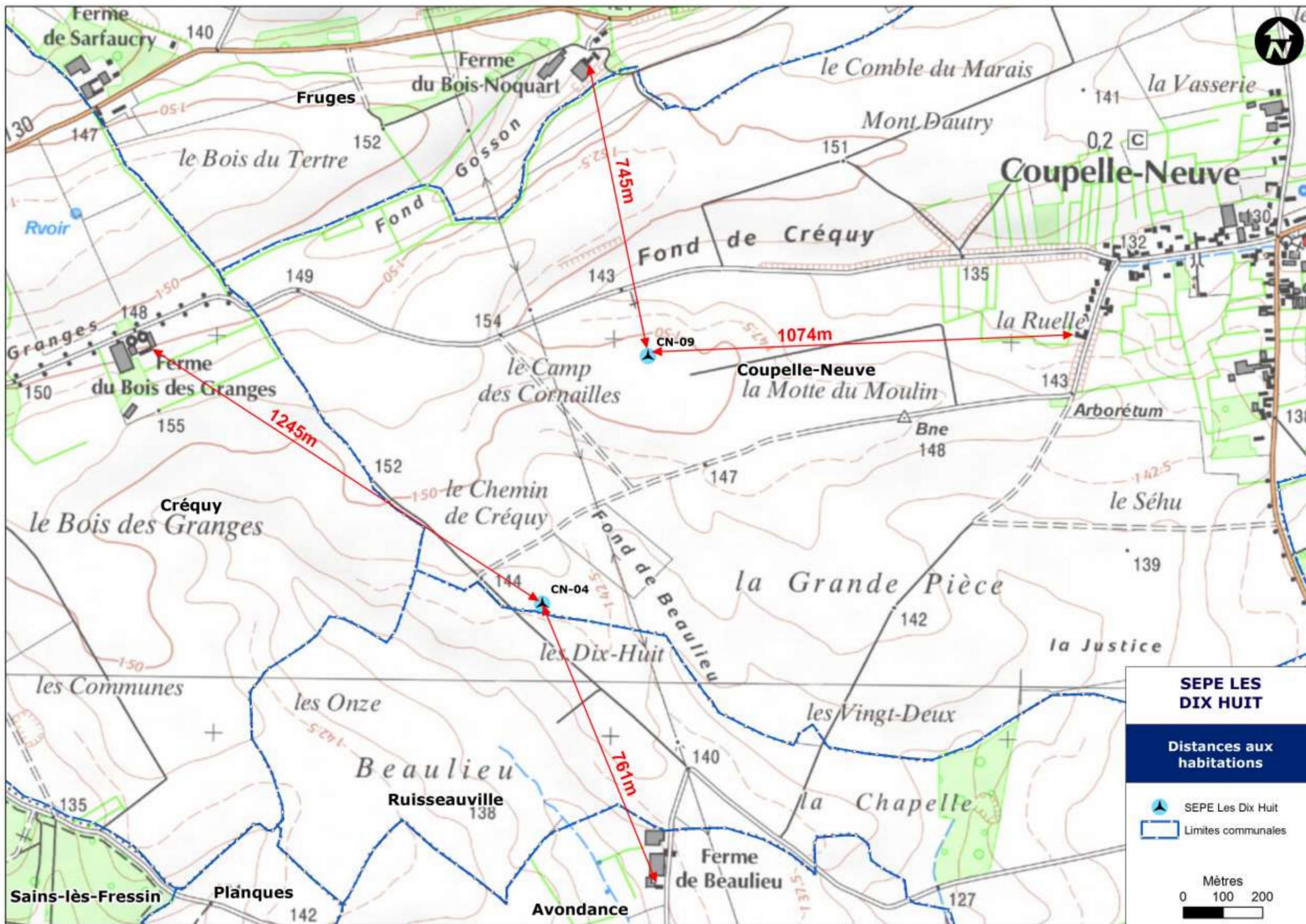
Les communes de Coupelle-Neuve, de Ruisseauville et de Créquy n'intègrent aucun SCoT.

⇒ Le projet éolien du Confortement de Coupelle-Neuve n'intègre aucun périmètre de SCoT.

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

Aucun établissement recevant du public n'est présent au sein du périmètre de la zone d'étude de dangers. L'établissement le plus proche est l'école de Coupelle-Neuve, localisée à 1,7 km à l'Est de l'éolienne CN-09, la plus proche.

⇒ Aucun établissement recevant du public n'est présent au sein du périmètre de la zone d'étude de dangers.



Carte 3 : Distances aux premières habitations (source : Ostwind, 2018)

### 3.1.3. Installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE) et installations nucléaires de base

#### Installations nucléaires de base

Dans le Pas-de-Calais, aucune centrale nucléaire n'est présente. Toutefois, en raison de la présence dans le département limitrophe du Nord du Centre Nucléaire de Production d'Electricité de GRAVELINES et à titre préventif, certaines communes du Pas-de-Calais sont concernées. Cette centrale est située à 57 km au Nord de l'éolienne CN-09, la plus proche.

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

#### Etablissement SEVESO

Aucun établissement classé SEVESO n'est recensé sur les territoires de Coupelle-Neuve, de Ruisseauville et de Créquy.

L'installation SEVESO « Seuil Haut » la plus proche appartient à la société Aperam Stainless France à ISBERGUES, située à 29 km au Nord-Est de l'éolienne CN-09, la plus proche. L'établissement SEVESO « Seuil Bas » le plus proche appartient à l'entreprise TEREOS Sucrerie à Lilliers, localisé à environ 29 km au Nord-Est de l'éolienne CN-09, la plus proche.

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

#### Etablissement ICPE – hors éolien

Relatif aux sites Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (I.C.P.E.), aucun établissement n'est recensé sur le territoire des communes intégrant le périmètre d'étude de dangers.

⇒ Aucun établissement ICPE (hors éolien) n'intègre le périmètre de la zone d'étude de dangers.

#### Etablissement ICPE éolien

Le parc éolien en exploitation le plus proche est celui de la Communauté de Communes de Fruges, dont l'éolienne la plus proche est localisée à 1,9 km au Sud-Est de l'éolienne CN-09, la plus proche.

Deux parcs éoliens autorisés sont inventoriés dans le périmètre d'étude de dangers : le parc de Beaulieu, dont l'éolienne la plus proche est localisée à 240 m au Nord-Ouest de l'éolienne CN-04 ; le parc de la Motte Moulin, dont l'éolienne la plus proche est localisée à 248,5 m au Sud-Est de l'éolienne CN-09.

⇒ Aucun parc éolien construit n'est présent dans le périmètre d'étude de dangers ;  
 ⇒ Cependant, deux parcs éoliens autorisés (ceux de Beaulieu et de la Motte Moulin) sont inventoriés dans ce périmètre.

### 3.1.4. Autres activités

Le périmètre d'étude de dangers, recouvre principalement des champs, où une activité agricole est exercée (cultures de plateau ou élevage). Les résultats présentés ci-après sont issus des recensements agricoles de 2010 réalisés par l'AGRESTE.

De manière générale, l'activité agricole du territoire est tournée vers la grande culture avec des exploitations de taille moyenne : environ 75 hectares/exploitation pour la commune de Coupelle-Neuve, 108 hectares/exploitation pour la commune de Ruisseauville et 94 hectares/exploitation pour la commune de Créquy.

En 2010, les communes intégrant le périmètre d'étude de dangers comptaient :

- **Coupelle-Neuve :**
  - Nombre d'exploitations : 5 ;
  - Surface Agricole Utile communale (SAU) : 376 ha ;
  - Cheptel en Unité Gros Bétail (UGB) : 609 ;
  - Superficie labourable : 253 ha ;
  - Superficie en cultures permanentes : 0 ha ;
  - Superficie toujours en herbe : 124 ha.
- **Ruisseauville :**
  - Nombre d'exploitations : 3 ;
  - Surface Agricole Utile communale (SAU) : 325 ha ;
  - Cheptel en Unité Gros Bétail (UGB) : 181 ;
  - Superficie labourable : 279 ha ;
  - Superficie en cultures permanentes : 0 ha ;
  - Superficie toujours en herbe : 0 ha.
- **Créquy :**
  - Nombre d'exploitations : 18 ;
  - Surface Agricole Utile communale (SAU) : 1 687 ha ;
  - Cheptel en Unité Gros Bétail (UGB) : 2 135 ;
  - Superficie labourable : 1 264 ha ;
  - Superficie en cultures permanentes : 0 ha ;
  - Superficie toujours en herbe : 424 ha.

D'après les inventaires de terrain et les photographies aériennes, le périmètre d'étude de dangers est occupé par des terres arables pour la culture de céréales et par des pâtures.

⇒ Une activité agricole est exercée sur les champs recouvrant le périmètre d'étude de dangers.

## 3.2. ENVIRONNEMENT NATUREL

### 3.2.1. Contexte climatique

Le climat du site d'étude est océanique, modulé par sa position septentrionale.

La station de référence la plus proche est celle de Saint-Michel-sur-Ternoise, à 20 km au Sud-Est de la zone projetée. Cependant, les données recueillies sur cette station sont très récentes (2014), et ne permettent pas une analyse plus globale sur de plus longues périodes. Le choix s'est reporté sur la station du Touquet-Paris-Plage, localisé à 36 km à l'Ouest du projet.

Les différentes données énoncées dans les différents thématiques de cette partie (hormis pour la température et la pluviométrie) sont issues de la ville de Boulogne-sur-Mer, à 42 km au Nord-Ouest du projet.

#### Température

Le climat doux se vérifie, puisqu'on compte 9,9°C de température moyenne annuelle au niveau de la station du Touquet-Paris-Plage et des variations saisonnières moyennes (+/- 2°C en été et en hiver). Toutefois, au niveau de la zone d'implantation du projet qui est plus dans les terres, l'effet de continentalité pourra se faire sentir avec une diminution légère des températures.

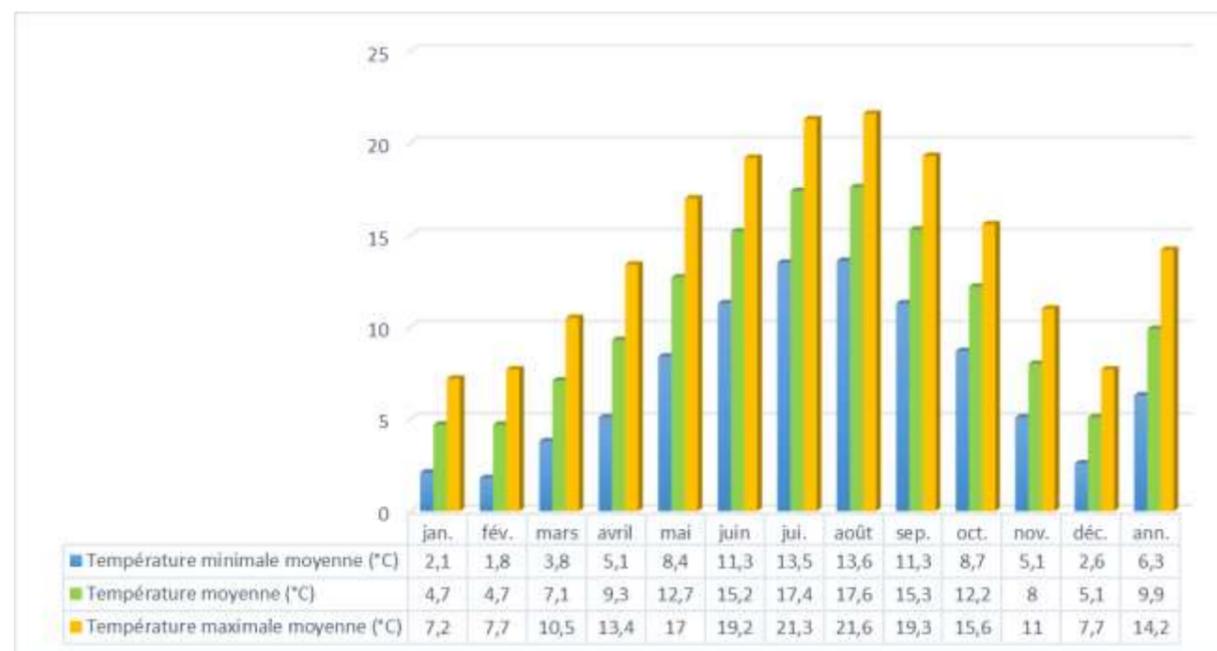


Figure 1 : Illustration des températures de 1981 à 2010 – Station du Touquet-Paris-Plage (source : infoclimat.fr, 2018)

#### Pluviométrie

Les précipitations sont réparties également toute l'année, avec des maximums au printemps et en automne, le mois de février étant le plus sec. Le total annuel des précipitations est important, avec 871,9 mm au Touquet-Paris-Plage ; supérieur à la station de Nice (767 mm).

Cependant, le nombre de jours de pluie (63 à Nice, 172 à Boulogne-sur-Mer (pas de donnée disponible pour le Touquet-Paris-Plage)) confirme le caractère océanique du climat.

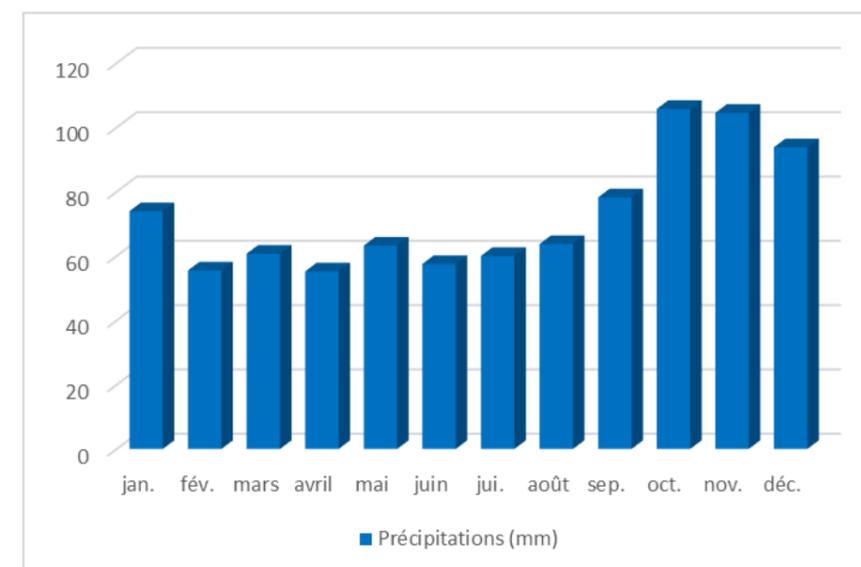


Figure 2 : Illustration des températures de 1981 à 2010 – Station du Touquet-Paris-Plage (source : Infoclimat.fr, 2018)

#### Neige, gel

La ville de Boulogne-sur-Mer compte 13 jours de neige par an contre 14 jours par an pour la moyenne nationale. Elle connaît également 32 jours de gel par an.

#### Orage, grêle, brouillard, tempête

La ville de Boulogne-Sur-Mer compte 10 jours d'orage par an contre 14 pour la moyenne nationale. Le climat est faiblement orageux avec une densité de foudroiement (12), largement inférieure à celle au niveau national (20). Elle connaît également 40 jours de brouillard, soit similaire à la moyenne nationale. Enfin, elle compte 4 jours de grêle par an en moyenne.

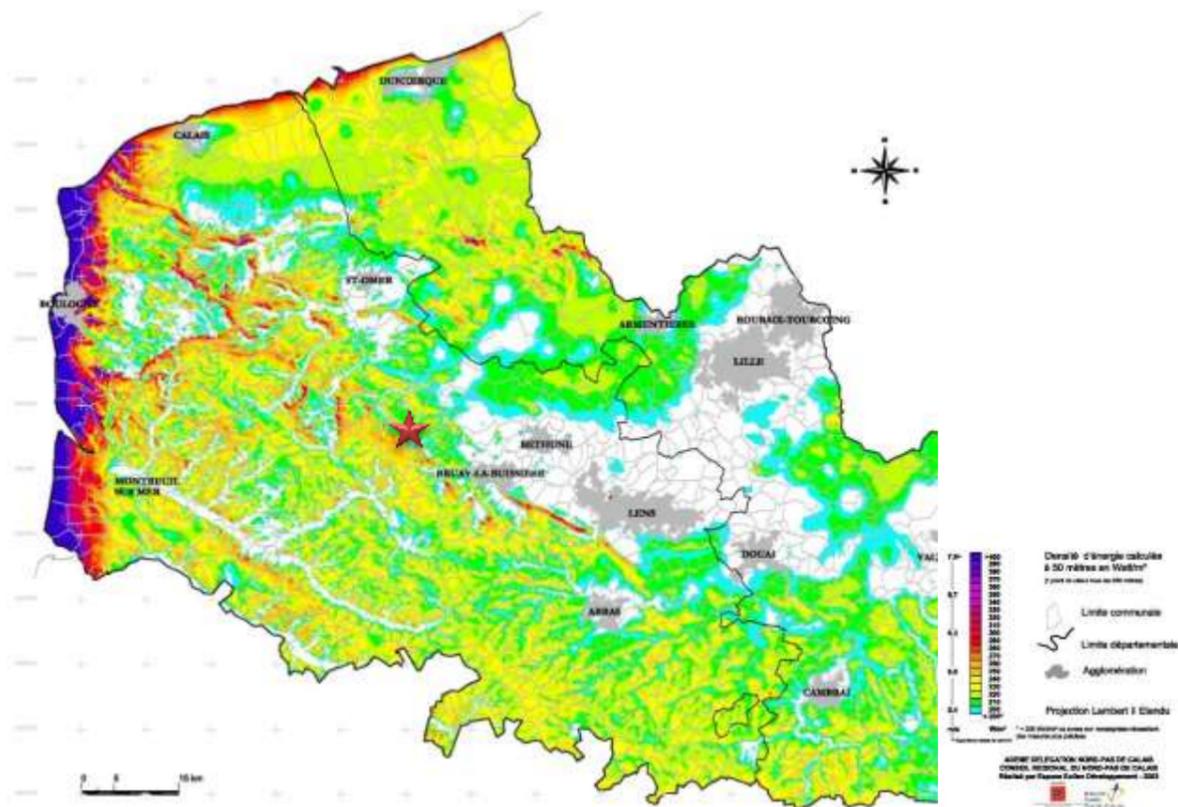
Le vent est dit fort lorsque les rafales dépassent 57 km/h. La ville de Boulogne-Sur-Mer connaît 103 jours par an de vent fort.

#### Ensoleillement

Le secteur d'étude bénéficie d'un ensoleillement inférieur à la moyenne nationale : 1 684 h pour la station de Boulogne-Sur-Mer contre 1 973 h pour la moyenne française.

#### Analyse des vents

D'après le Schéma Régional Eolien de l'ancienne région Nord-Pas-de-Calais, le site d'étude intègre une zone ventée. Les vitesses de vent sont estimées à 50 m d'altitude, entre 5 et 6 m/s.



Carte 4 : Densité d'énergie à 50 m d'altitude / Légende : Etoile rouge – Localisation du projet (source : Atlas Régional Éolien, 2003)

Toutefois, ce gisement énergétique a été évalué à l'échelle régionale.

Afin d'obtenir des données plus précises quant au potentiel éolien de la zone d'implantation choisie, il est nécessaire de réaliser une étude aérodynamique in-situ, notamment afin de déterminer la direction et les vitesses de vent observées sur la zone d'étude.

C'est dans cette optique qu'Ostwind International a fait réaliser une étude de potentiel éolien basée sur des mâts de mesure de vent situés à proximité du site.

La rose des vents obtenue présente un flux principal de secteur sud-ouest. La variabilité de la vitesse des vents a également été étudiée et s'échelonne de 1 à 21 m/s.

La vitesse moyenne a été estimée comme supérieure à 6,5m/s ce qui définit le site comme bien venté et parfaitement compatible avec l'installation d'éoliennes.

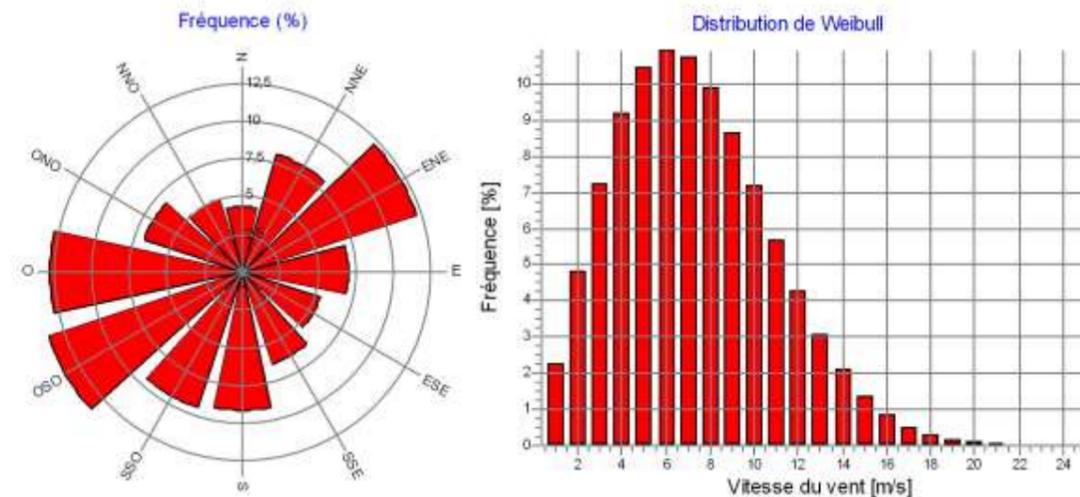


Figure 3 : Rose des vents et distribution des vitesses de vent sur le site de la Motte Moulin à 92 m (source : Ostwind, 2015)

⇒ La vitesse des vents observée sur le site définie aujourd'hui ce dernier comme bien venté.

### 3.2.2. Risques naturels

L'information préventive sur les risques majeurs naturels et technologiques est essentielle pour renseigner la population sur ces risques dans le département 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 le département du Pas-de-Calais d'un dossier Départemental des Risques Majeurs (DDRM), objet d'une révision en 2018. C'est sur cette dernière version que s'appuie l'analyse suivante.

⇒ Notons que l'arrêté préfectoral du Pas-de-Calais, en date du 1<sup>er</sup> janvier 2018 fixant la liste des communes concernées par un ou plusieurs risques majeurs, indique que les communes d'accueil du projet sont concernées par au moins un risque majeur.

INSEE	Commune	Risques naturels							Risque minier		Risques technologiques								
		Inondation	Séisme	Retrait-gonflement des sols argileux*	Cavité	PPRN		Arrêté Cat-Nat	Aléa minier	PPRM	Risque industriel				Risque nucléaire	TMD			
		AZI	Zonage	Présence	Présence	A/P/Aa	Aléa	Reconnu	Présence	PPRM**	ICPE	A/P	PPRT	Aléa	Ppi	CNEP Gravelines	Mode	Type canalisation	PCS
62246	Coupelle-Neuve		Faible			P	Cr Rcb	3									R		
62726	Ruisseauville		Faible					2									R		
62257	Créquy		Faible			P	In	8									R		

**Légende :**  
 AZI : Aa : Aa – Aut : Authie – Can : Canche – Hem – Hem – Lia : Liane – Mau : Marais Audomarois – Sl : Slack --Wim : Wimereux – LyS : Lys Supérieure,  
 - PPR : Aa : Approuvé par anticipation – A : Approuvé – P : Prescrit,  
 - Aléa PPRN : Cr : Inondation par crue – In : Inondation – Rcb : Ruissellements et coulées de boue – Rnp : Remontée de nappe phréatique – Icb : Inondations et coulées de boue - Mvt : mouvement de terrain,  
 - Type Littoral : SM : Submersion Marine - Rtc : Recul du trait de côte – Rfl : Retrait des falaises littorales,  
 - Type ICPE : AS : SEVESO seuil haut – SB : SEVESO seuil bas – SETI Silos à Enjeux Très Importants – DV : Dépôt de munitions – DLI : Dépôt de Liquides Inflammables,  
 - Aléa PPRT : Th : thermique - To : toxique - Sp : surpression,  
 - Mode TMD : R : Route – F : Voie ferrée – N : Voie fluviale – C : Canalisation,  
 Type canalisation : G : Gaz – T : Trapil (hydrocarbure) – O : oxygène – H : Hydrogène,  
 \* Présence à partir du niveau moyen.  
 \*\* Aléas PPRM : mouvement de terrain minier, ouvrage de dépôt, gaz de mines,

Tableau 7 : Synthèse des risques majeurs sur les communes intégrant le périmètre d'étude de dangers (source : DDRM 62, 2018)

Les communes intégrant le périmètre d'étude de dangers ont fait l'objet d'arrêtés de catastrophe naturelle (source : georisques.gouv.fr, 2018) pour cause de :

#### Arrêtés de catastrophes naturelles

Commune	Nature de la catastrophe naturelle	Date arrêté
Coupelle-Neuve	Inondations et coulées de boue	18/07/1995
	Inondations et coulées de boue	21/02/1995
	Inondations, coulées de boue et mouvements de terrain	29/12/1999
Ruisseauville	Inondations, coulées de boue et mouvements de terrain	29/12/1999
	Inondations et coulées de boue	06/10/2005
	Inondations, coulées de boue et mouvements de terrain	29/12/1999
Créquy	Inondations et coulées de boue	07/04/1988
		24/12/1992
		18/05/1993
		11/01/1994
		21/02/1995
		18/07/1995
		21/02/1995

Tableau 8 : Inventaires des arrêtés de catastrophe naturel (source : georisques.gouv.fr, 2018)

## Inondation

### Définition

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

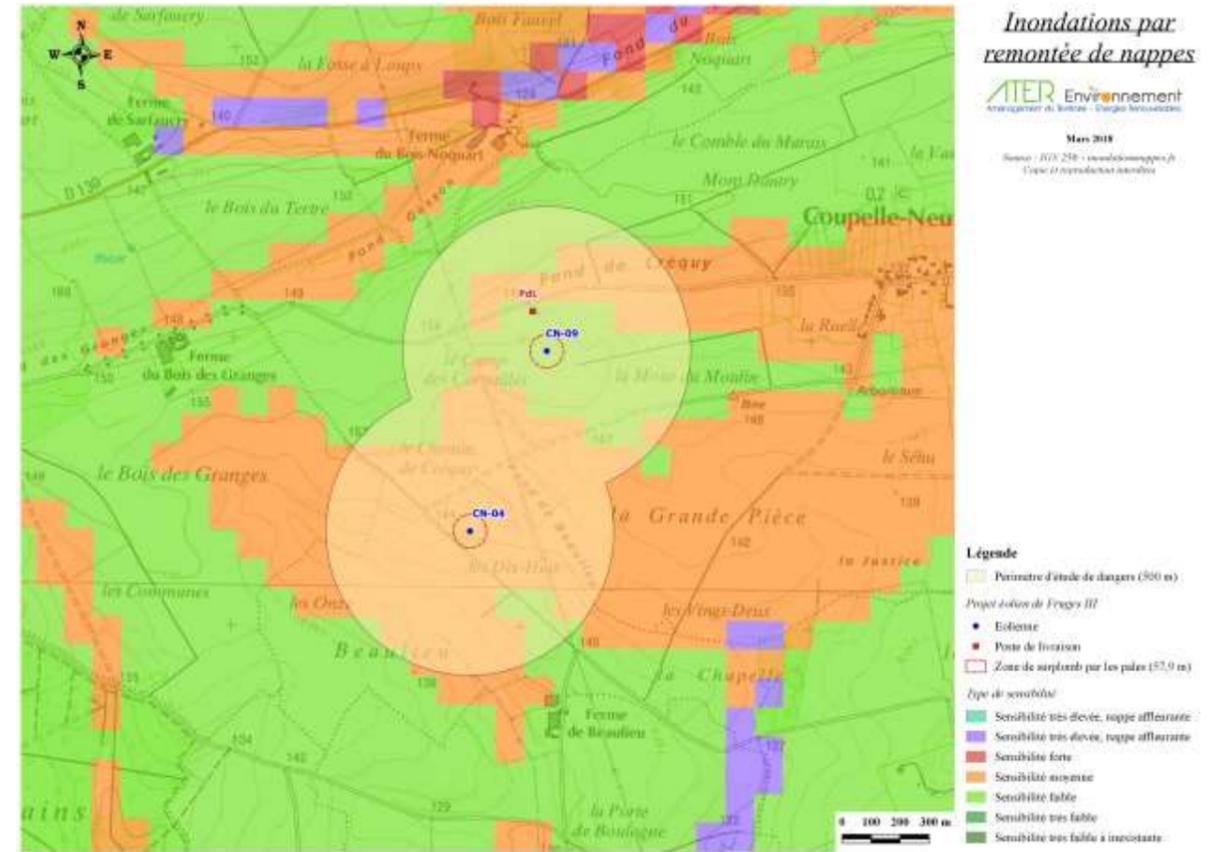
On distingue trois types d'inondations :

- 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 remontée de nappe

Le périmètre d'étude de dangers présente un risque par remontée de nappe allant d'une sensibilité faible à moyenne. (Source : inondationsnappes.fr, 2018).



Carte 5 : Sensibilité du périmètre d'étude de dangers aux phénomènes d'inondations par remontée de nappe (source : inondationsnappes.fr, 2018)

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

La commune de Ruisseauville n'intègre aucun Plan de Prévention des Risques d'Inondation (PPRI).

La commune de Créquy intègre un PPRI, prescrit le 28/12/2000 mais sans plus d'information supplémentaire quant à son approbation.

La commune de Coupelle-Neuve intègre le PPRI de la vallée de la Lys supérieure, prescrit le 17/08/2000 et diffusé le 01/08/2002. Les études relatives à l'élaboration de ce PPRI sont en suspens (source : DDTM 62, 2018). De ce fait, le périmètre d'étude de dangers n'intègre aucun zonage réglementaire d'aléas.

⇒ Les communes de Coupelle-Neuve et de Créquy intègrent un Plan de Prévention des Risques aux Inondations. Cependant, au vu de la suspension des études relatives à l'élaboration du premier document (pour Coupelle-Neuve) et de l'absence d'information pour le second document (pour Créquy), le périmètre d'étude de dangers n'intègre aucun zonage de ces PPRI.

## Mouvements de terrain

### Définition

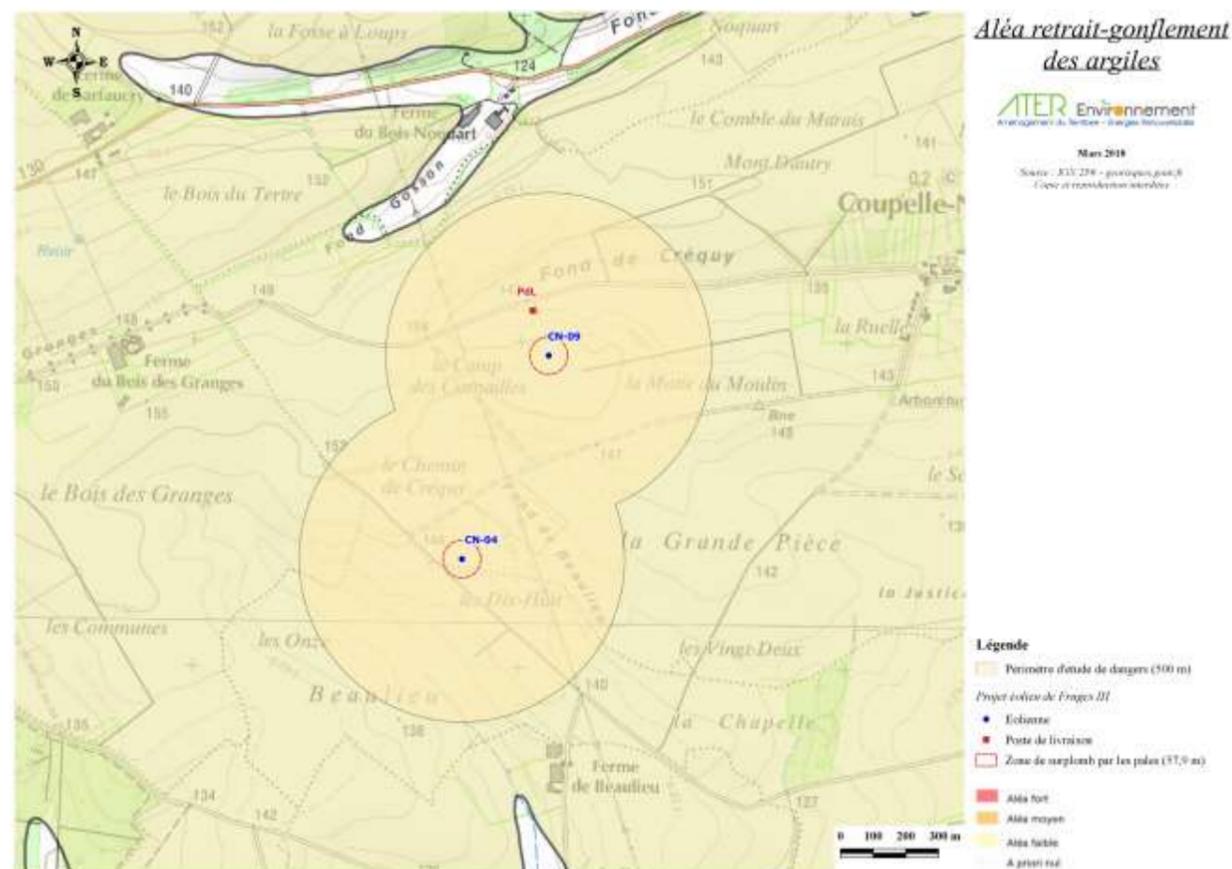
Les mouvements de terrain regroupent un ensemble de déplacements, plus ou moins brutaux, du sol ou du sous-sol, d'origine naturelle ou anthropique. Les volumes en jeu sont compris entre quelques mètres cubes et quelques millions de mètres cubes. Les déplacements peuvent être lents (quelques millimètres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

### Sur le territoire d'étude

Relatif à la présence de cavité : Aucune cavité n'est inventoriée sur les communes de Coupelle-Neuve, de Ruisseauville et de Créquy (source : georisques.gouv.fr, 2018).

⇒ Aucune cavité n'est présente sur le périmètre d'étude de dangers.

### Relatif à l'aléas retrait et gonflement des argiles :



Carte 6 : Aléa retrait-gonflement des argiles sur le périmètre d'étude de dangers (source : georisques.gouv.fr, 2018)

⇒ Le périmètre d'étude de dangers est soumis à un aléa faible. Ce point sera confirmé ou infirmé par la réalisation de sondages lors de la phase de travaux.

## Risque sismique

### Définition

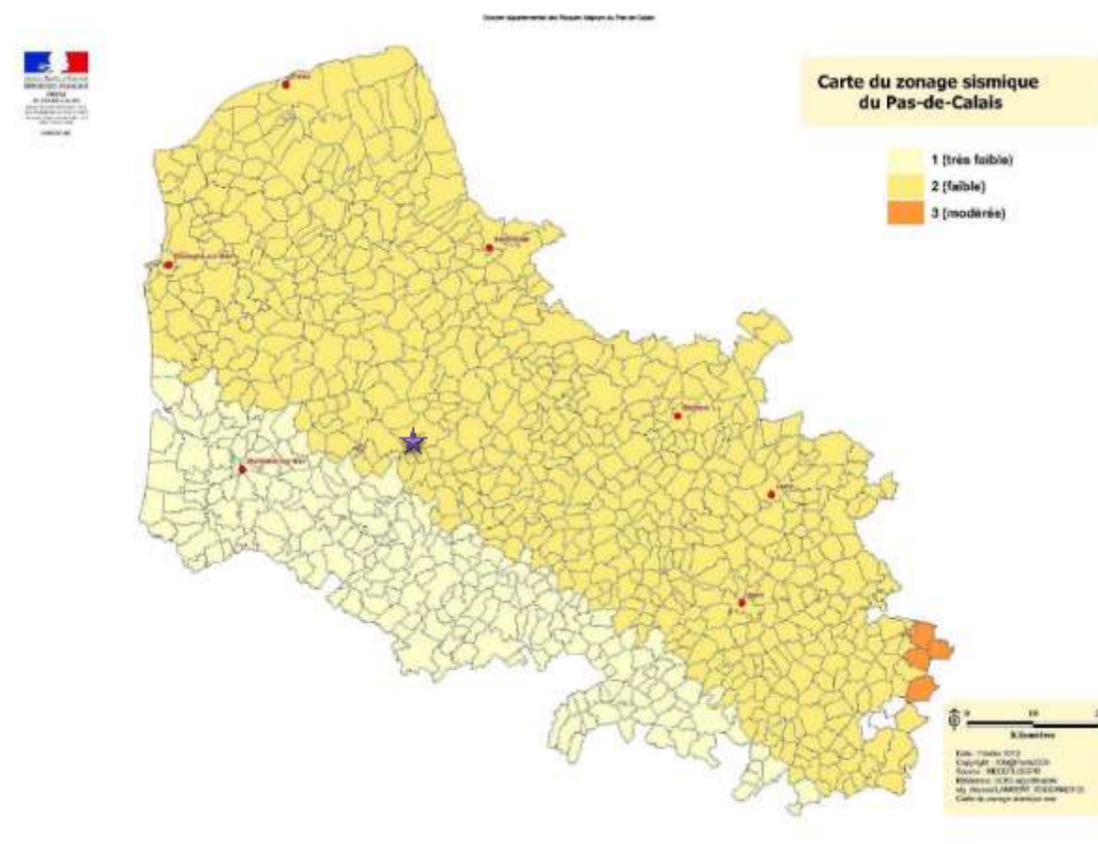
Un séisme est une fracturation brutale des roches en profondeur créant des failles dans le sol et parfois en surface, et se traduisant par des vibrations du sol transmises aux bâtiments. Les dégâts observés sont fonction de l'amplitude, de la durée et de la fréquence des vibrations.

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 le territoire d'accueil du projet en zone de sismicité faible. L'indice de sismicité 2 est soumis à des règles de construction parasismique applicables aux nouveaux bâtiments, et aux bâtiments anciens dans des conditions particulières, l'aléa sismique étant qualifié de faible.



Carte 7 : Zonage sismique dans le Pas-de-Calais – Légende : Etoile violette / Localisation du projet (source : DDRM 62, 2018)

⇒ Le périmètre d'étude de dangers est soumis à un risque sismique faible.

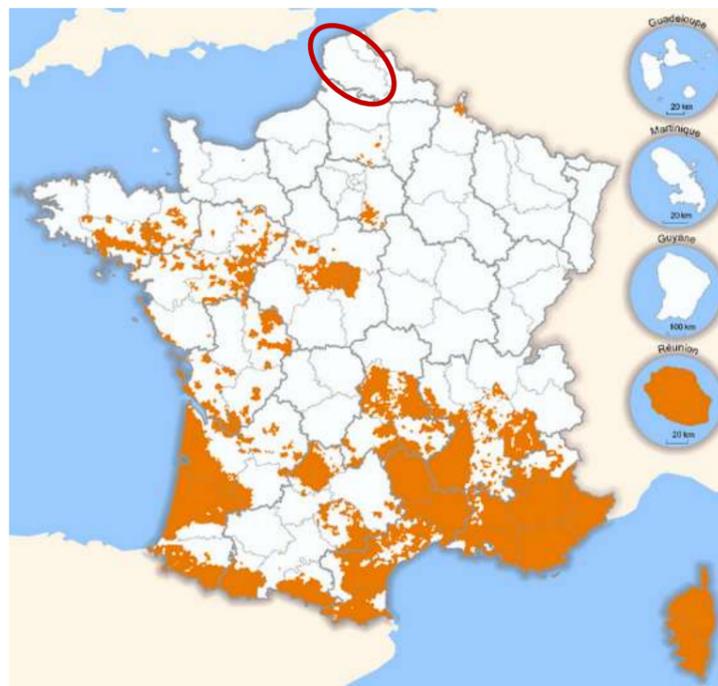
## Feux de forêt

### 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,...



Carte 8 : Localisation des communes exposées aux risques de feux de forêts – Légende : Orange / Communes exposées, Cercle rouge / Département du Pas-de-Calais (MEEDM, base de données Gaspar, mars 2010)

### Sur le territoire d'étude

Le Dossier Départemental des Risques Majeurs du Pas-de-Calais ne qualifie pas le risque incendie de forêt. Il peut donc être considéré comme très faible.

⇒ Le périmètre d'étude de dangers est soumis à un risque de feux de forêt 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 périmètre d'étude de dangers est soumis à un risque de tempête probable.

## Foudre

### Définition

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

### Sur le territoire d'étude

Le climat global du département est faiblement orageux (densité de foudroiement de 12 nettement inférieure à la moyenne nationale de 20).



Carte 9 : Densité de foudroiement en France métropolitaine - Légende : Etoile / Localisation du projet (source : Météo France)

⇒ Le périmètre d'étude de dangers est soumis à un risque foudre faible.

## Risque littoral

### Définition

Le risque littoral se caractérise par la proximité de l'activité humaine avec la survenance de deux types de phénomènes pouvant interférer l'un avec l'autre. D'une part, la submersion marine qui est une inondation lente ou rapide par la mer de zones habituellement hors d'eau. Et d'autre part l'érosion du trait de côte qui est une résultante de l'action combinée des vagues, du vent, des courants et de la flore fixatrice du substrat.

### Sur le territoire d'étude

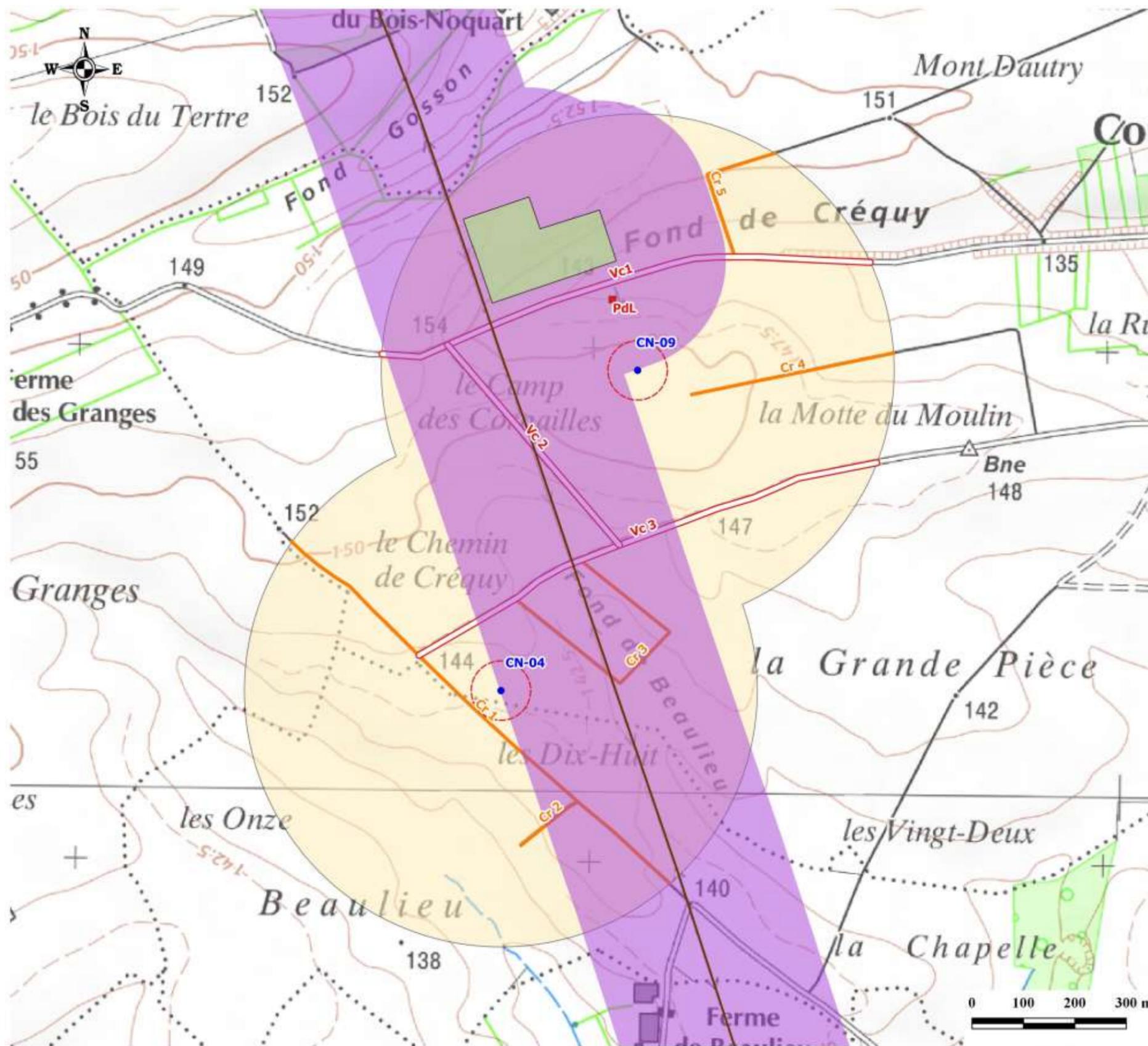
#### Concernant les inondations par submersion marine

Dans les estuaires et zones littorales, la conjonction de vents violents, d'une surcote liée à une tempête, associées à un fort coefficient de marée et à un phénomène de vague peut engendrer une submersion marine parfois aggravée par la destruction ou la fragilisation de barrières naturelles ou d'ouvrages de protection. La projection de paquets de mer peut aussi être observée au niveau des ouvrages qui peuvent emporter les badauds (zone de déferlement). Ces paquets de mer peuvent aussi transporter des galets et autres projectiles qui peuvent atteindre les passants mais aussi les façades du premier rang d'habitation faisant face à la mer.

#### Concernant l'érosion littorale

Ce phénomène naturel affecte aussi bien les côtes rocheuses par glissement et effondrement de falaise que les côtes sableuses soumises à l'érosion par les vagues et les courants marins.

⇒ Le périmètre d'étude de dangers étant éloigné du littoral le plus proche (environ 35 km à l'Est), le risque littoral est considéré comme faible.



## Enjeux matériels

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

Mars 2018

Source : IGN 2500  
Copie et reproduction interdites.

### Légende

- Périmètre d'étude de dangers (500 m)
- Projet éolien de Fruges III*
- Eolienne
- Poste de livraison
- Zone de surplomb par les pales (57,9 m)
- Infrastructures électriques*
- Ligne électrique haute tension (400 kV)
- Poste source
- Distance à respecter (210 m)
- Infrastructures routières*
- Voie communale
- Chemin rural

Carte 10 : Enjeux matériels au sein du périmètre d'étude de dangers

### 3.3. ENVIRONNEMENT MATERIEL

L'environnement matériel inventorié dans le périmètre d'étude de dangers est présenté sur la carte ci-après.

#### 3.3.1. Voies de communication

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

##### Infrastructure aérienne

**Relatif à l'aviation militaire**, d'après le courrier-réponse en date du 15/01/2018, la Défense indique que le projet n'est pas concerné par des servitudes radioélectriques militaires, et émet par conséquent un avis favorable.

**Relatif à l'aviation civile**, un courrier de demande a été envoyé, par la société OSTWIND, le 18 décembre 2017. Il reste à ce jour sans réponse.

##### Infrastructure routière présente sur le périmètre d'étude

Le domaine routier est confié au Conseil Départemental du Pas-de-Calais.

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

Une partie des infrastructures routières suivantes se situent dans le périmètre d'étude de dangers :

- Des voies communales, identifiées Vc sur la carte ;
- Des chemins ruraux, identifiés Cr sur la carte.

##### Définition du trafic

Concernant les chemins ruraux (ou communaux) et les voies communales, aucune donnée n'est disponible. Toutefois, d'après les communes, le trafic est estimé inférieur à 2 000 véhicules/jour.

Ci-après sont présentées les distances des éoliennes par rapport aux différentes voies de communication recensées dans le périmètre d'étude.

Numéro de l'éolienne	Voie communale	Chemin rural
CN-09	179 m de Vc 1	116 m Cr 4
	248 m de Vc 2	291 m Cr 5
	308 m de Vc 3	387 m Cr 3
CN-04	140 m de Vc 3	61 m de Cr 1
	366 m de Vc 2	154 m de Cr 3
		260 m de Cr 2

Tableau 9 : Distance des éoliennes par rapport aux infrastructures routières présentes dans le périmètre d'étude de dangers

⇒ Aucune infrastructure structurante n'intègre le périmètre d'étude de dangers.

##### Risque de transport de matière dangereuse (TMD)

Le risque de 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.

Les communes situées dans le périmètre d'étude de dangers sont soumises à un risque de transport de matières dangereuses par voie routière d'après le Dossier Départemental des Risques Majeurs (Pas-de-Calais, 2018).

⇒ Les communes de Coupelle-Neuve, de Ruisseauville et de Créquy sont soumises au risque TMD d'après le DDRM du Pas-de-Calais.

##### Infrastructure ferroviaire présente sur le périmètre d'étude

Aucune infrastructure ferroviaire n'est présente dans le périmètre d'étude de dangers.

⇒ Aucune ligne ferroviaire n'est présente dans le périmètre d'étude de dangers.

#### 3.3.2. Réseaux publics et privés

##### Radioélectrique

Selon l'Agence Nationale des Fréquences (source : servitudes.anfr.fr, Mars 2018), aucune servitude radioélectrique n'a été recensée sur les communes d'accueil du projet.

##### Canalisation de gaz

Par son courrier réponse en date du 12/01/2018, le gestionnaire de réseau GRT Gaz indique aucune exploitation d'ouvrage de transport de gaz à proximité du projet.

##### Faisceau hertzien

Selon l'Agence Nationale des Fréquences (source : servitudes.anfr.fr, Mars 2018), aucune servitude de télécommunication n'a été recensée sur les communes d'accueil du projet.

##### Réseau électrique

Une ligne électrique Haute Tension 400 kV traverse le périmètre d'étude de dangers du Nord au Sud. Un poste source a été inventorié à 215 m au Nord de l'éolienne CN-09.

Dans un courrier en date du 15 mai 2017, le gestionnaire de réseau RTE inventorie les éoliennes CN-04 et CN-09 respectivement à 220 m et à 218 m de la ligne électrique Haute Tension. RTE précise également qu'une distance de sécurité est préconisée par la DREAL, égale à 1,4 fois la hauteur totale des éoliennes, soit 210 m. Au vu que cette distance est respectée, RTE n'émet aucune réserve sur l'implantation des éoliennes CN-04 et CN-09.

##### Captage AEP

Le périmètre d'étude de dangers du projet n'intègre aucun périmètre de captage d'alimentation en eau potable.

##### Radar Météo France

Dans son courrier en date du 15/01/2018, Météo France informe que le projet se situe à une distance approximative de 47 kilomètres du radar le plus proche (radar d'Abbeville). Cette distance est supérieure à la distance minimale d'éloignement (30 km) fixée par l'arrêté du 26 août 2011 relatif aux installations de production d'électricité utilisant l'énergie éolienne. Dès lors aucune contrainte spécifique ne pèse sur le projet au regard des radars météorologiques et l'avis de Météo France n'est pas requis pour sa réalisation.

##### Autres réseaux publics

Aucun autre réseau public ou privé n'est présent dans le périmètre de la zone d'étude de dangers.

### 3.3.3. Autres ouvrages publics

Aucun autre ouvrage public n'est présent sur le périmètre d'étude de dangers.

### 3.3.4. Patrimoine historique et culturel

#### Monument historique

Aucun monument historique n'est présent dans le périmètre d'étude de dangers. Le plus proche est le château de Créquy. Il s'agit d'un monument inscrit au titre des Monuments Historiques, localisé sur le territoire communal du même nom, à 3,6 km à l'Ouest de l'éolienne CN-04, la plus proche.

#### Archéologie

En l'absence de réponse de la part de la Direction Régionale des Affaires Culturelles, conformément aux dispositions du Code de l'Urbanisme du Patrimoine, notamment son livre V, le service régional de l'archéologie pourra être amené à prescrire, lors de l'instruction du dossier, une opération de diagnostic archéologique visant à détecter tout élément du patrimoine archéologique qui se trouverait dans l'emprise des travaux projetés.

#### Chemins de randonnée

Aucun chemin de randonnée ne traverse le périmètre d'étude de dangers. Le plus proche est celui des « 7 Clochers », localisé à 1,8 km au Nord-Est de l'éolienne CN-09, la plus proche.

## 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 n°11). Les différents périmètres d'étude (zone de surplomb, de ruine, de projection de glace ...) correspondent aux différents scénarii de risque développé 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 – 57,9 m) : elle correspond à la zone de risque de la chute d'éléments provenant de la machine ou de la chute de glace, par action de la gravité ;
- **Zone d'effondrement (ou zone de ruine)** : elle correspond à la zone où l'éolienne peut tomber au sol soit 0 – 149,9 m ;
- **Zone de projection de glace** (0 – 311,6 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 :  $1,5 \times (\text{hauteur au moyeu} + \text{diamètre du rotor})$ .
- **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

#### Relatifs aux établissements recevant du public (ERP)

Aucun établissement recevant du public n'intègre le périmètre d'étude de dangers.

#### Relatif aux terrains non bâtis

Les terrains localisés dans le périmètre d'étude de dangers sont constitués de champs, ce qui les inclus donc dans la catégorie « terrains non aménagés et très peu fréquentés » de la circulaire du 10 mai 2010.

Or, en s'appuyant sur les données de cette circulaire pour les terrains non aménagés et très peu fréquentés (champs, prairies, forêts, friches, marais...), la formule suivante est utilisée afin de calculer le nombre d'individus présent sur ces terrains : 1 personne par tranche de 100 ha.

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 :  $Z_E$  correspond à la zone d'effet du risque identifié (cf.8.2)

	Zone de surplomb	Zone d'effondrement	Zone de projection de glace	Intégralité du périmètre
<b>Rayon (m)</b>	57,9 m	149,9 m	311,6 m	500 m
<b>Superficie (ha)</b>	1,05	7,06	30,5	78,5
<b>Nombre d'individus</b>	0,01 personne	0,07 personne	0,31 personnes	0,79 personnes

Tableau 10 : Définition de l'enjeu humain relatif aux terrains non bâtis

#### Relatif aux 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'Ecologie, de l'Energie, du développement Durable et de la Mer, « les voies de circulation qui sont prises en considération sont celles empruntées par un nombre significatif de personnes (plus de 2 000 véhicules/jour) qui ne sont pas déjà comptées parmi les personnes exposées dans d'autres catégories d'installations [...] ».

Dans le guide technique de l'INERIS, utilisé pour la rédaction de la présente étude de dangers (élaboré en concertation par la Direction Générale de la Prévention de Risques (DGPR), le Syndicat des Energies Renouvelables (SER) et la Fédération Energie Eolienne (FEE)), il est indiqué que les voies de circulation n'ont à être prises en considération que si elles sont empruntées par plus de 2 000 véhicules/jour. Les routes dont le trafic journalier est inférieur à cette valeur sont assimilées au terrain non bâti aménagés mais peu fréquentés

**Aucune infrastructure routière structurante n'évolue dans le périmètre d'étude de dangers.**

#### Relatif aux infrastructures routières non structurantes

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 présent sur ces terrains.

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

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 et de 10 m pour les voies communales.

Eolienne CN-04				
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>Vc 2</b>	Zone de projection de pale	282	0,28	0,03
	Zone de ruine	103	0,10	0,02
<b>Vc 3</b>	Zone de projection de glace	384	0,38	0,04
	Zone de projection de pale	596	0,60	0,06
<b>Cr 1</b>	Zone de ruine	273	0,14	0,02
	Zone de projection de glace	613	0,3065	0,04
	Zone de projection de pale	993	0,4965	0,05
<b>Cr 2</b>	Zone de projection de glace	139	0,0695	0,01
	Zone de projection de pale	139	0,0695	0,01
<b>Cr 3</b>	Zone de projection de glace	359	0,1795	0,02
	Zone de projection de pale	624	0,312	0,04

Tableau 13 : Définition de l'enjeu humain relatif aux terrains aménagés mais peu fréquentés – Eolienne CN-04

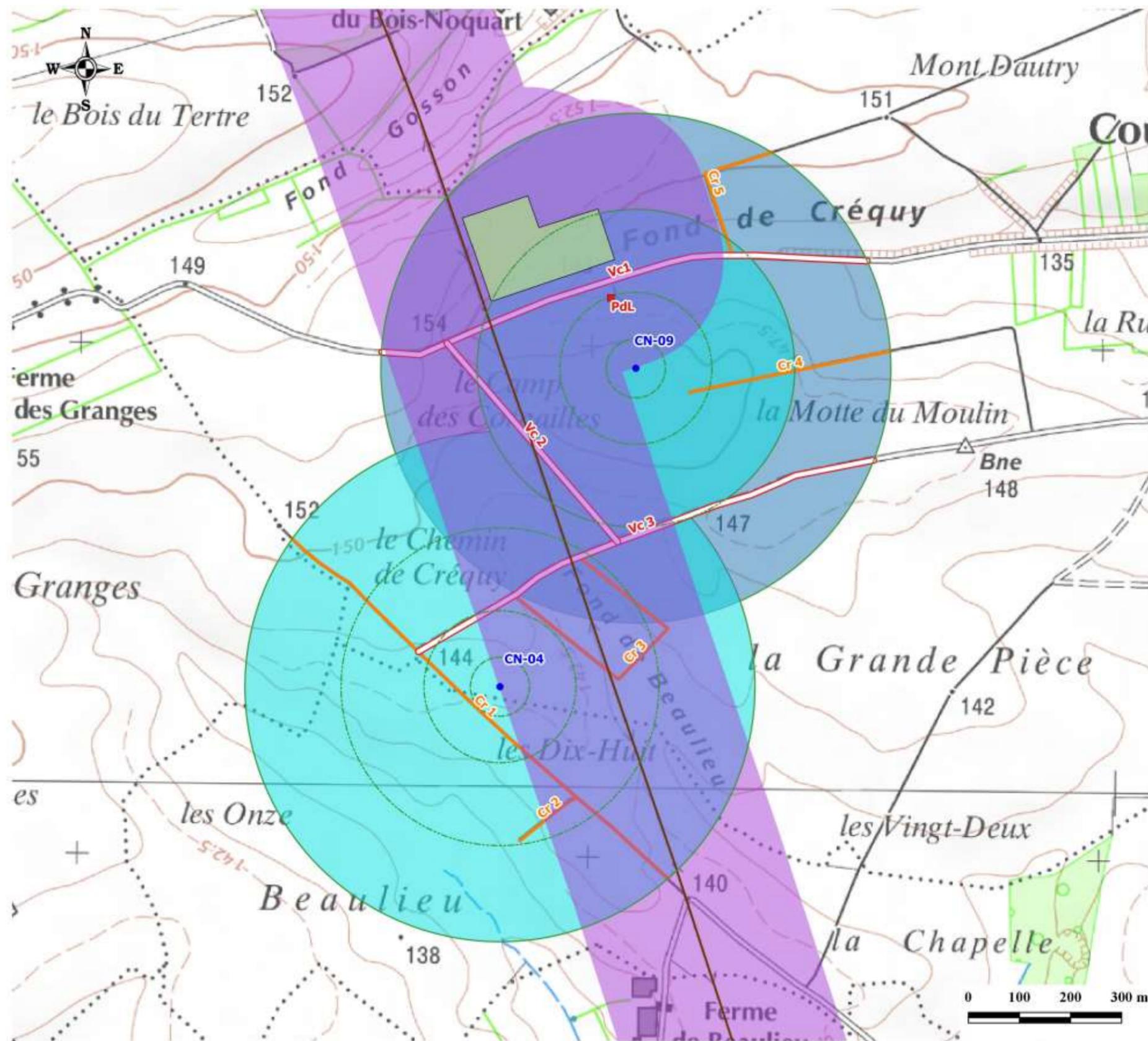
Eolienne CN-09				
Nom de la voie de circulation	Périmètre concerné	Longueur de l'infrastructure (mètres)	Surface en ha	Nombre d'individus exposés 1 personne / 10 ha
<b>Vc 1</b>	Zone de projection de glace	544	0,54	0,06
	Zone de projection de pale	987	0,99	0,10
<b>Vc 2</b>	Zone de projection de glace	374	0,37	0,04
	Zone de projection de pale	513	0,51	0,06
<b>Vc 3</b>	Zone de projection de glace	107	0,11	0,02
	Zone de projection de pale	751	0,75	0,08
<b>Cr 3</b>	Zone de projection de pale	202	0,10	0,02
<b>Cr 4</b>	Zone de ruine	40	0,02	0,01
	Zone de projection de glace	211	0,11	0,02
	Zone de projection de pale	401	0,20	0,03
<b>Cr 5</b>	Zone de projection de glace	36	0,02	0,01
	Zone de projection de pale	306	0,15	0,02

Tableau 13 : Définition de l'enjeu humain relatif aux terrains aménagés mais peu fréquentés – Eolienne CN-09

#### Relatif aux chemins de randonnées

Pour les chemins de promenade, de randonnée, la circulaire du 10 mai 2010 nous indique de compter 2 personnes pour 1 kilomètre par tranche de 100 promeneurs/jour en moyenne. Or malgré l'absence de données actuelles, nous pouvons confirmer, de par la connaissance du site, que la fréquentation du chemin de randonnée présent sur le site (GRP Tour du Ternois Nord) est plutôt en moyenne de l'ordre de 10 personnes par jour maximum.

**Aucun chemin de randonnée ne traverse le périmètre d'étude de dangers.**



## Enjeux matériels et humains

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

Mars 2018

Source : IGN 25®  
Copie et reproduction interdites

### Légende

- Périmètre d'étude de dangers (500 m)
- Projet éolien de Fruges III*
- Eolienne
- Poste de livraison
- Zone de surplomb par les pales (57,9 m)
- Infrastructures électriques*
- Ligne électrique haute tension (400 kV)
- Poste source
- Distance à respecter (210 m)
- Infrastructures routières*
- Voie communale
- Chemin rural
- Présentation des scénarios étudiés*
- Risque de chute de glace ou autre éléments (57,9 m)
- Risque d'effondrement (149,9 m)
- Risque de projection de glace (311,6 m)
- Risque de projection de pale (500 m)
- Personne exposée*
- Moins de 1 personne
- Entre 1 et 10 personnes

Carte 11 : Enjeux humains dans le périmètre d'étude de dangers

## Synthèse

Ci-dessous se trouve le tableau récapitulatif des différents enjeux humains par périmètre d'étude (ou zone d'effet) et par éolienne :

Eolienne	Ensemble homogène	Superficie exposée (ha ou km)	Règle de calcul	Enjeux humains	Enjeux humains totaux
<b>Zone de surplomb</b>					
CN-04	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	1,05	1 pers / 100 ha	0,02	0,02
	Terrains aménagés mais peu fréquentés	0,00	1 pers / 10 ha	0,00	
CN-09	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	1,05	1 pers / 100 ha	0,02	0,02
	Terrains aménagés mais peu fréquentés	0,00	1 pers / 10 ha	0,00	
<b>Zone de ruine</b>					
CN-04	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	6,82	1 pers / 100 ha	0,07	0,10
	Terrains aménagés mais peu fréquentés	0,24	1 pers / 10 ha	0,03	
CN-09	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	7,04	1 pers / 100 ha	0,08	0,09
	Terrains aménagés mais peu fréquentés	0,02	1 pers / 10 ha	0,01	
<b>Zone de projection de glace</b>					
CN-04	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	29,57	1 pers / 100 ha	0,30	0,40
	Terrains aménagés mais peu fréquentés	0,94	1 pers / 10 ha	0,10	
CN-09	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	29,36	1 pers / 100 ha	0,30	0,42
	Terrains aménagés mais peu fréquentés	1,15	1 pers / 10 ha	0,12	
<b>Zone de projection de pale</b>					
CN-04	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	76,78	1 pers / 100 ha	0,77	0,95
	Terrains aménagés mais peu fréquentés	1,76	1 pers / 10 ha	0,18	
CN-09	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	75,83	1 pers / 100 ha	0,76	1,04
	Terrains aménagés mais peu fréquentés	2,71	1 pers / 10 ha	0,28	

Tableau 11 : Récapitulatif des enjeux humains

Pour rappel, les terrains non aménagés et très peu fréquentés correspondent aux terrains non bâtis à savoir les champs, prairies, forêts, friches, marais.... Les terrains aménagés mais peu fréquentés correspondent aux voies de circulation non structurantes, aux voies communales, aux chemins agricoles, aux sentiers de randonnées...

### 3.4.3. Enjeux matériels

Outre l'installation en elle-même, les principaux enjeux sont les infrastructures routières et la ligne électrique haute tension (400 kV).



## 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 ») ;
- Un ou plusieurs poste(s) de livraison électrique, concentrant l'électricité des éoliennes et organisant son évacuation vers le réseau public d'électricité au travers du poste source local (point d'injection de l'électricité sur le réseau public) ;
- Un réseau de câbles enterrés permettant d'évacuer l'électricité regroupée au poste 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, le mât et la nacelle.

##### ▪ Le rotor

Le rotor de l'éolienne est équipé de trois pales construites en matériaux composites (résine époxy) renforcée de fibres de verre et réunies au niveau du moyeu. Il se prolonge dans la nacelle pour constituer l'arbre lent. La forme des pales est déterminante pour le rendement de l'éolienne et son comportement sonore.

À l'extérieur, les pales du rotor sont protégées des intempéries par un revêtement de surface (« Gel Coat »). Ce revêtement à base de polyuréthane est robuste, très résistant à l'abrasion, aux facteurs chimiques et aux rayons du soleil.

Les pales de l'éolienne sont conçues pour fonctionner à angle et à vitesse variables. Le réglage d'angle individuel de chaque pale du rotor est assuré par trois systèmes indépendants et commandés par microprocesseurs. L'angle de chaque pale est surveillé en continu par une mesure d'angle des pales, et les trois angles sont synchronisés entre eux. Ce principe permet d'ajuster rapidement et avec précision l'angle des pales aux conditions du vent (ce qui limite la vitesse du rotor et la force engendrée par le vent). La puissance fournie par l'éolienne est ainsi limitée exactement à la puissance nominale, même pour des courtes durées.

L'inclinaison des pales du rotor en position dite de drapeau stoppe le rotor de manière aérodynamique, sans que l'arbre d'entraînement ne subisse les fortes contraintes occasionnées par l'action d'un frein mécanique.

À l'extérieur, les pales du rotor sont protégées des intempéries par un revêtement de surface (« Gel Coat »). Ce revêtement à base de polyuréthane est robuste, très résistant à l'abrasion, aux facteurs chimiques et aux rayons du soleil.

Les pales de l'éolienne sont conçues pour fonctionner à angle et à vitesse variables. Le réglage d'angle individuel de chaque pale du rotor est assuré par trois systèmes indépendants et commandés par microprocesseurs. L'angle de chaque pale est surveillé en continu par une mesure d'angle des pales, et les trois angles sont synchronisés entre eux. Ce principe permet d'ajuster rapidement et avec précision l'angle des pales aux conditions du vent (ce qui limite la vitesse du rotor et la force engendrée par le vent). La puissance fournie par l'éolienne est ainsi limitée exactement à la puissance nominale, même pour des courtes durées.

L'inclinaison des pales du rotor en position dite de drapeau stoppe le rotor de manière aérodynamique, sans que l'arbre d'entraînement ne subisse les fortes contraintes occasionnées par l'action d'un frein mécanique.



Figure 4 : Levage du rotor d'une éolienne Enercon (source : Enercon, 2018)

Le rotor a un diamètre de 115,71 m.

##### ▪ Le mât

D'une hauteur de 89,73 m, le mât est composé de plusieurs tronçons en acier et en béton. Pour des hauteurs de mât dépassant 85 m, ENERCON a fait le choix du mât béton qui offre une plus grande raideur et une meilleure résistance aux contraintes physiques que l'acier.



Figure 5 : Installation des segments béton du mât d'une éolienne Enercon (source : Enercon, 2018)

Les sections pouvant être divisées en deux ou trois parties (demi/tiers-sections), le transport est facilité. Chaque section à une hauteur d'environ 3,8 m. Entre deux sections, un mortier spécial est appliqué pour assurer la coplanarité.

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

Elle abrite plusieurs éléments fonctionnels :

- ✓ Le générateur transforme l'énergie de rotation du rotor en énergie électrique. La partie rotative du générateur annulaire ENERCON et le rotor forment une unité. Ces pièces sont fixées directement sur le moyeu, de sorte qu'elles tournent à la même vitesse de rotation (vitesse lente). Grâce à l'absence de boîte de vitesse et d'autres pièces à grande vitesse de rotation, les pertes d'énergie entre le rotor et le générateur, les bruits émis, la consommation d'huile à engrenages et l'usure mécanique se trouvent considérablement réduits. En raison de la faible vitesse de rotation et de la grande section transversale du générateur, le niveau de température reste relativement bas en service et ne subit que de faibles variations. De faibles fluctuations de température pendant le fonctionnement et des variations de charges relativement rares réduisent les tensions mécaniques et le vieillissement des matériaux ;
- ✓ 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.

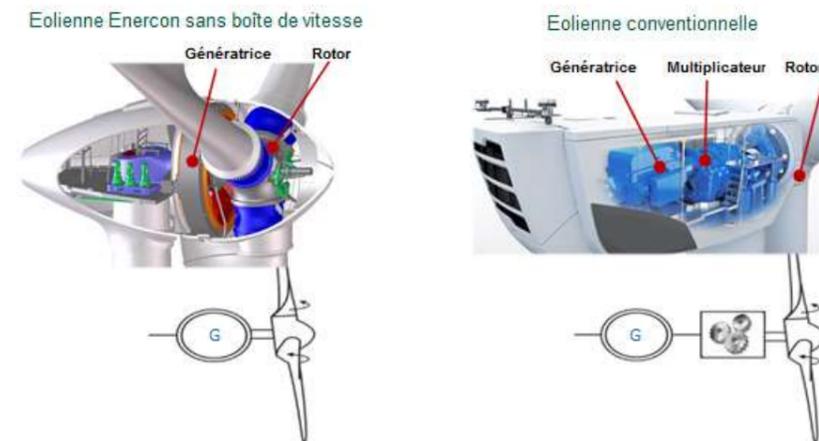


Figure 6 : Comparaison des génératrices d'une éolienne Enercon et d'une éolienne concurrente (source : Enercon, 2018)

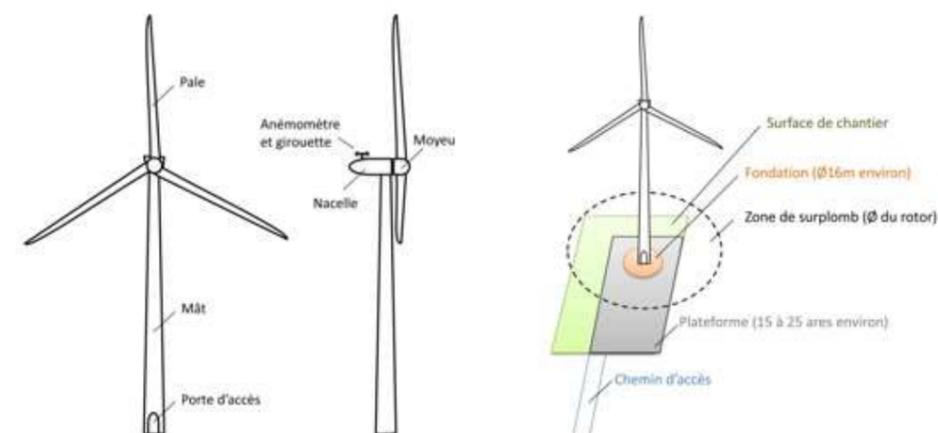


Figure 7 : Schéma simplifié d'un aérogénérateur (à gauche) - Illustration des emprises au sol d'une éolienne (à droite) (Les dimensions sont données à titre d'illustration pour une éolienne d'environ 150 m de hauteur totale) (SOURCE : INERIS/SER/FERR, 2012)

#### 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 de 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).

#### 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.

### Croisements et virages

En cas de croisements ou virage, il convient d'aménager la route en respectant des rayons de courbure et surface de survol en fonction de la taille des éoliennes. Dans l'exemple ci-dessous, les zones rayées doivent être exemptes d'obstacles, car elles seront franchies par les composants transportés (les pales des rotors, par exemple, dépassent de l'arrière du véhicule lors de leur transport).

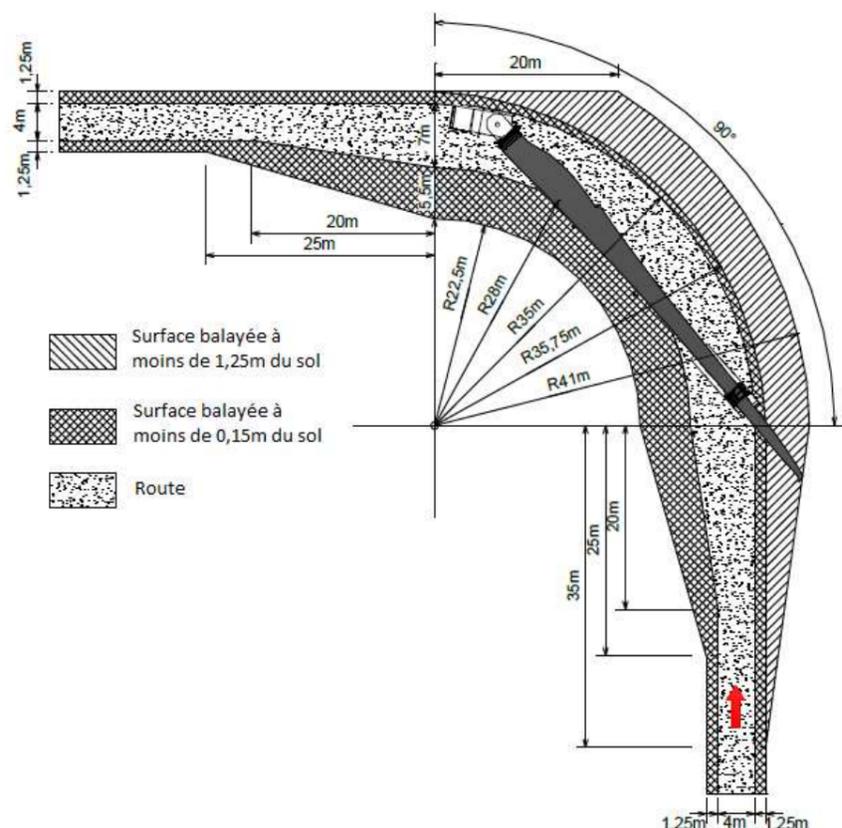


Figure 8 : Exemple de spécifications d'aménagement (source : ENERCON, 2018)

### Aires de grutage

L'aire de grutage garantit l'effectivité du déroulement de la phase de construction, conformément aux prescriptions de sécurité.

De ce fait, l'aire de grutage doit également être construite de manière durable et insensible au gel.

La construction de l'aire de grutage est réalisée en concertation avec un expert géotechnique afin de prouver sa capacité portante.

Une surface parfaitement plane est établie, avec un revêtement de mélange de minéraux.

Le niveau altimétrique de l'aire de grutage doit être supérieur à celui du sol afin de garantir l'évacuation des eaux superficielles. Le niveau de l'aire de grutage peut être inférieur au niveau des fondations jusqu'à 200mm maximum.

Pour évacuer les précipitations, de l'aire de grutage dispose d'un système de drainage.

### Autres installations

Certains parcs éoliens peuvent aussi être constitués d'aires d'accueil pour informer le public, de parkings d'accès, de parcours pédagogiques, etc.

#### 4.1.2. Activité de l'installation

L'activité principale du parc éolien du Confortement de Coupelle-Neuve est la production d'électricité à partir de l'énergie mécanique du vent avec une hauteur au moyeu de 92,05 m, soit une hauteur totale en bout de pale de 149,9 m. Cette installation est donc soumise à la rubrique 2980 des installations classées pour la protection de l'environnement.

Le tableau suivant indique les coordonnées géographiques des aérogénérateurs et du poste de livraison dans le système de coordonnées NTF Lambert 93 :

Eolienne	Coordonnées Lambert 93		Altitude (m)	
	Longitude Ouest	Latitude Nord	Au sol	Bout de pale
CN-04	635 646	7 044 183	143,75	293,05
CN-09	635 912	7 044 807	153,65	302,95
Poste de livraison	635 863	7 044 945	144,16	-

Tableau 12 : Coordonnées géographiques du parc éolien

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



Carte 12 : Plan détaillé de l'installation

## 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 la girouette qui détermine la direction du vent, le rotor se positionnera pour être continuellement face au vent.

Les pales se mettent en mouvement lorsque l'anémomètre (positionné sur la nacelle) indique une vitesse de vent d'environ 7,2 km/h (2m/s) et que l'éolienne peut être couplée au réseau électrique.

Les éoliennes ENERCON sont dépourvues de multiplicateur. La génératrice est entraînée directement par l'arbre « lent » lié au rotor et transforme alors l'énergie mécanique captée par les pales en énergie électrique.

La puissance électrique produite varie en fonction de la vitesse de rotation du rotor. Dès que le vent atteint environ 43,2 km/h (12m/s) à hauteur de nacelle, l'éolienne fournit sa puissance maximale. Cette puissance est dite « nominale ».

Pour un aérogénérateur de 3 MW par exemple, la production électrique atteint 3 000 kWh dès que le vent atteint environ 43,2 km/h. L'électricité est produite par la génératrice correspond à un courant alternatif de fréquence 50 Hz avec une tension de 400 à 690 V. La tension est ensuite élevée jusqu'à 20 000 V par un transformateur placé dans chaque éolienne pour être ensuite injectée dans le réseau électrique public.

Les éoliennes ENERCON disposent d'un système de contrôle spécial « Mode tempête » leur permettant de fonctionner par vents violents. Sans ce mode tempête, les éoliennes s'arrêteraient quand la vitesse de vent atteint environ 25m/s. Avec l'activation de ce mode, elles peuvent continuer à produire en mode bridé jusqu'à environ 40m/s (en moyenne sur 12s) selon le type de machine. Cela signifie que le système contrôle de l'éolienne va réduire la puissance de l'éolienne jusqu'à la vitesse d'arrêt. Ce système offre deux avantages : un gain de productible et une influence positive sur la stabilité du réseau électrique du fait que la puissance injectée est réduite graduellement évitant les passages brusques de pleine puissance à puissance nulle.

	E-44	E-48	E-53	E-70	E-82 E2	E-82 2,35	E-82 3,0	E-92	E-103	E-101	E-101 E2	E-115	E-115 E2	E-126 EP4	E-141
V démarrage	3m/s	3m/s	2m/s	2m/s	2m/s	2m/s	2,5m/s	2m/s	2m/s	2m/s	2m/s	2m/s	2m/s	2,5m/s	2m/s
V puissance nominale	16m/s	14m/s	13m/s	15m/s	13,5m/s	14m/s	16m/s	14m/s	12m/s	13m/s	15m/s	12m/s	13m/s	14m/s	13,5m/s
V réduction de puissance	28,5m/s	28,8m/s	28,6m/s	28,7m/s	29,0m/s	28,8m/s	28,9m/s	28,0m/s	28,5m/s	29,1m/s	na	28,0m/s	28,0m/s	28,0m/s	28,0m/s
V arrêt	37,7m/s	38,5m/s	38,8m/s	40,40m/s	41,0m/s	40,6m/s	41,0m/s	40,0m/s	40,42m/s	39,9m/s	na	40,0m/s	40,0m/s	38,0m/s	38,0m/s

Tableau 13 : Vitesses de vent définissant les différents modes de fonctionnement par type d'éolienne (source : ENERCON, 2018)

Lorsque la mesure de vent, indiquée par l'anémomètre, atteint des vitesses de plus de 40 m/s sur une moyenne de 10 minutes, l'éolienne cesse de fonctionner pour des raisons de sécurité. Deux systèmes de freinage permettront d'assurer la sécurité de l'éolienne :

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

Elément de l'installation	Fonction	Caractéristiques
<b>Certificat</b>		<ul style="list-style-type: none"> <li>Classe 2A selon IEC 61400-1</li> </ul>
<b>Conception technique</b>		<ul style="list-style-type: none"> <li>Puissance nominale : 3 MW ;</li> <li>Régularisation de puissance : variation active de pale individuelle ;</li> <li>Diamètre du rotor : 115,71 m ;</li> <li>Hauteur du moyeu : 92,05 m ;</li> <li>Concept de l'installation : boîte de vitesse, vitesse de rotation variable ;</li> <li>Plage de vitesse de rotation du rotor : 4,4 à 12,4 tours par minute.</li> </ul>
<b>Fondation</b>	Ancrer et stabiliser l'éolienne dans le sol	<ul style="list-style-type: none"> <li>En béton armé, de forme octogonale ;</li> <li><u>Dimension</u> : design adapté en fonction des études géotechnique et hydrogéologique réalisées avant la construction. En standard, de 17,5 m ou 20,5 m de diamètre à leur base et se resserre jusqu'à 6,8 m de diamètre représentant environ 600 m<sup>3</sup> ;</li> <li><u>Profondeur</u> : en standard, 3,35 m.</li> </ul>
<b>Mât</b>	Supporter la nacelle et le rotor	<ul style="list-style-type: none"> <li><u>Hauteur</u> : 89,73 m ;</li> <li><u>Type</u> : en béton et en acier ;</li> <li><u>Protection contre la corrosion</u> : Revêtement multicouche résine époxy ;</li> <li><u>Fixation du pied du mât</u> : Cage d'ancrage noyée dans le béton de fondation.</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 pâles ;</li> <li><u>Le multiplicateur</u>, à engrenage planétaire à plusieurs étages + étages à roue dentée droite ou entraînement planétaire – A pour objectif d'augmenter le nombre de rotation de l'arbre – Tension nulle ;</li> <li><u>La génératrice annulaire</u>, synchrone, à double alimentation, qui fabrique l'électricité – Tension de 660 V.</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><u>Type</u> : orientation active des pales face au vent ;</li> <li><u>Sens de rotation</u> : Sens horaire ;</li> <li><u>Nombre de pales</u> : 3 par machine ;</li> <li><u>Surface balayée</u> : 10 515,5 m<sup>2</sup> ;</li> <li><u>Contrôle de vitesse</u> : Pitch électromotorisé indépendant sur chaque pale ;</li> <li>Plastique renforcé à la fibre de verre (GFK), protection contre la foudre intégrée en accord complet avec la norme IEC 61 - 400-24 (Juin 2010).</li> </ul>
<b>Systèmes de freinage</b>	Freiner et arrêter la machine en cas de maintenance, vent fort ou survitesse	<ul style="list-style-type: none"> <li><u>Frein principal aérodynamique</u> : Orientation individuelle des pales par activation électromagnétique avec alimentation de secours ;</li> <li><u>Frein auxiliaire mécanique</u> : Frein à disque à actionnement actif sur l'arbre rapide.</li> </ul>
<b>Transformateur</b>	Élever la tension de sortie de la génératrice avant l'acheminement du courant électrique par le réseau	<ul style="list-style-type: none"> <li>A l'intérieur du mât ;</li> <li>Tension de 20 kV à la sortie.</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> </ul>

Tableau 14 : Synthèse du fonctionnement des aérogénérateurs ENERCON 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.

### Système de fermeture de la porte

#### Technologie Enercon

Conformément à l'article 13 de l'arrêté du 26 août 2011, 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.

Des procédures claires de fermeture des portes ont été rédigées et communiquées à l'ensemble des intervenants sur le parc et des vérifications sont régulièrement menées. Ces portes sont toujours verrouillées en cas d'absence de personnel dans la machine ou le poste. Le personnel verrouille également la porte dès qu'il effectue des opérations qui font sortir cette dernière de son champ de vision (montée dans l'éolienne, travail dans le poste uniquement ...).

L'ouverture de la porte de l'éolienne enclenche l'allumage automatique des éclairages de l'éolienne. L'ouverture des postes électriques entraîne leur démarrage ainsi qu'une alarme visuelle et sonore sur le système de contrôle à distance des éoliennes de la société ENERCON. Les portes de ces postes se verrouillent automatiquement dès qu'elles sont fermées.

### Balises des éoliennes

Le balisage des éoliennes est défini par les arrêtés du 13 Novembre 2009 et du 7 Décembre 2010. **Les éoliennes E115 sont conformes à cet arrêté ainsi qu'à l'article 11 de l'arrêté du 26 août 2011.**

La couleur des éoliennes est une nuance RAL 7038. Toutes les éoliennes constituant le parc éolien, d'une hauteur inférieure à 150 m, sont dotées d'un balisage lumineux d'obstacle au niveau de la nacelle.

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

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 h.

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

Les éoliennes du parc éolien du Confortement de Coupelle-Neuve sont conformes aux exigences des articles 22, 23 et 24 de l'arrêté du 26 août 2011.

### Système de détection et d'alarme

#### Technologie Enercon

Tous les composants mécaniques et électriques de l'éolienne dans lesquels un incendie pourrait potentiellement se déclencher en raison d'une éventuelle surchauffe ou de court-circuit, sont continuellement surveillés par des capteurs, 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 avec une 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 sera 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. Certains composants sont fabriqués en matériaux ignifugés, difficilement inflammables, ou non inflammables. En outre, la technologie Enercon sans boîte de vitesse permet également de réduire le risque d'incendie provoqué par frottement mécanique.

### Système de lutte contre l'incendie

#### Technologie Enercon

Toutes les éoliennes Enercon sont équipées de système de détection incendie et d'extincteurs. Leur nombre et emplacement varient selon le modèle d'éolienne (cf. tableau ci-dessous) 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.

Modèles	Détection	Extinction
E-44, E-48, E-53, E-70, E-82, E-92, E-101, E-115	1 capteur optique de fumée dans le mât 1 capteur optique de fumée dans la nacelle	1 extincteur manuel CO <sub>2</sub> dans la nacelle 1 extincteur manuel CO <sub>2</sub> au pied du mât
E-126 EP4, E-141	1 capteur optique de fumée dans le mât 2 capteurs optiques de fumée dans la nacelle 1 capteur optique de fumée pour chaque transformateur	2 extincteurs manuel CO <sub>2</sub> dans la nacelle 1 extincteur manuel CO <sub>2</sub> au pied du mât

Figure 9 : équipement de protection incendie dans les éoliennes Enercon (source : ENERCON, 2018)

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

### Procédure d'urgence en cas d'incendie

#### Technologie Enercon

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 effets destructeurs de la foudre.

Conformément à l'article 9 de l'arrêté du 26 août 2016, 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.

### Technologie ENERCON

Le système de protection externe est conçu pour gérer un coup de foudre direct sur l'éolienne et pour conduire le courant de foudre à la terre au bas de l'éolienne. La pointe de la pale est en aluminium moulé, le bord d'attaque et le bord de fuite de la pale du rotor sont équipés de profilés aluminium, reliés par un anneau en aluminium à la base de la pale. Un coup de foudre est absorbé en toute sécurité par ces profilés et le courant de foudre est dévié vers la terre entourant la base de l'éolienne.

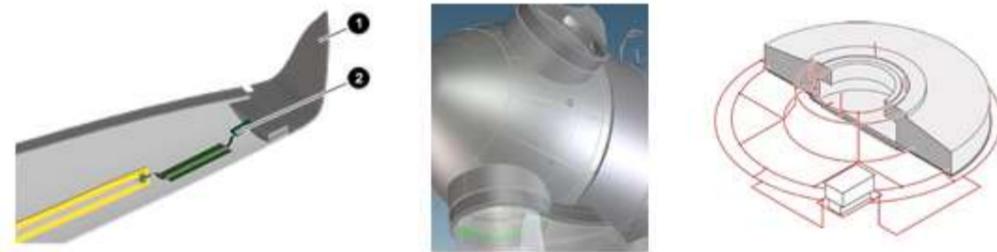


Figure 10 : Système de protection foudre sur les éoliennes Enercon (source : ENERCON, 2018)

La protection interne est conçue pour minimiser les dégâts et les interférences sur les équipements électriques et les composants électroniques à l'intérieur de l'éolienne grâce à une ligne équipotentielle, à une protection contre les surtensions et les perturbations électromagnétiques. Ainsi, les composants principaux tels que l'armoire de contrôle et la génératrice sont protégés par des parasurtenseurs. Toutes les autres platines possédant leur propre alimentation sont équipées de filtres à hautes absorptions. Aussi, la partie télécom est protégée par des parasurtenseurs de lignes et une protection galvanique. Enfin, une liaison de communication télécom en fibre optique entre les machines permet une insensibilité à ces surtensions atmosphériques ou du réseau.

De même, l'anémomètre est protégé et entouré d'un arceau.

Le système de protection contre la foudre a été conçu pour atteindre un niveau de protection I selon la norme CEI 61400-24. 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

#### Technologie ENERCON

La machine possède 3 capteurs placés dans le support du rotor de la génératrice. Ce capteur est une masselotte montée sur ressort. Lorsque la force centrifuge du rotor est trop importante (cas de la survitesse), le déplacement de cette masselotte atteint un capteur situé en bout de course.

La détection de survitesse est alors enclenchée et les pales reviennent en position drapeau (le système coupe l'alimentation électrique du système d'orientation des pales. Les condensateurs électriques de sécurité du système d'orientation des pales se déchargent alors, activant la mise en drapeau des pales).

Conformément aux articles 22 et 23 de l'arrêté du 26 août 2011, le Maître d'Ouvrage est 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. Il sera capable également de mettre en œuvre les procédures d'urgence dans un délai de 60 minutes.

Les condensateurs sont contrôlés périodiquement et des tests de survitesse sont réalisés tous les ans.

Le redémarrage de l'éolienne suite à un arrêt par action du système de détection de survitesse nécessite un réenclenchement manuel dans la nacelle, après identification des causes.

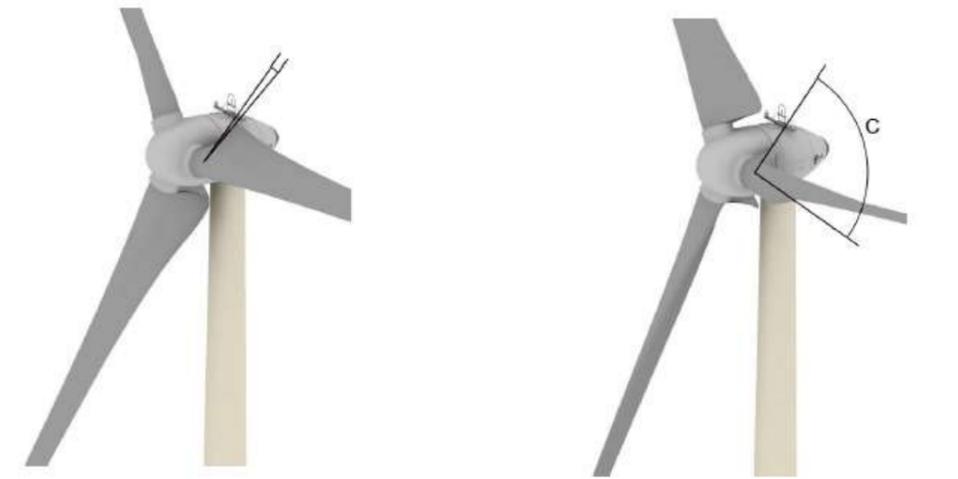
Ce système intervient en plus des systèmes de sécurité prévenant un fonctionnement avec une défaillance sur la génératrice (plus de forces contre électromotrices) ainsi que du système « mode tempête ». Les détails du « mode tempête » sont donnés en annexe page 78.

### Système de freinage

Il existe plusieurs types de freinage :

- Arrêt automatique

Les éoliennes sont freinées de façon aérodynamique grâce aux dispositifs d'inclinaison des pales (pitch) qui mettent les pales « en drapeau », c'est-à-dire dans la position offrant la moindre résistance au vent possible. Ce système de freinage permet à l'éolienne de passer de sa puissance nominale à une puissance nulle en 10 à 15 secondes sans que l'arbre d'entraînement ne subisse les fortes contraintes occasionnées par l'action d'un frein mécanique. Chaque pale dispose d'un pitch indépendant les uns des autres. La mise en drapeau d'une seule pale suffit à arrêter l'éolienne, ainsi même si l'un d'eux est défaillant, il est tout à fait possible d'arrêter l'éolienne.



Position normale des pales pour une récupération maximale de l'énergie cinétique du vent.

Position en drapeau, les forces exercées sur les pales dans cette position sont réduites au minimum. Le rotor ne tourne pas ou extrêmement lentement.

Figure 11 : Positionnement en drapeau des pales d'éoliennes Enercon (source : ENERCON, 2018)

L'éolienne s'arrête automatiquement en cas de défaut. Lorsque l'éolienne est à l'arrêt, le rotor n'est pas bloqué, cela permet de limiter les charges qui s'exercent sur le rotor.

- Arrêt manuel

En cas d'arrêt manuel, via les boutons d'arrêt d'urgence, en plus du frein aérodynamique, le frein électro-mécanique s'enclenche, ralentissant au maximum les mouvements résiduels du rotor. Il est alors possible de verrouiller le rotor grâce au verrouillage du rotor.

Le verrouillage du rotor est notamment actionné en cas de maintenance pour assurer la sécurité des techniciens.

### Protection contre l'échauffement

#### Technologie ENERCON

Tous les principaux composants 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 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 30s, ou en valeur moyennée sur 1s.

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.

#### Technologie ENERCON

Le système de contrôle commande de l'éolienne mesure, à l'aide de deux sondes de température indépendantes, la température de l'air sur la nacelle et en pied du mât, afin de détecter si les conditions sont propices à la formation de givre.

Les caractéristiques aérodynamiques des pales de rotor sont très sensibles aux modifications des contours et de la rugosité des profils de pale causées par le givre ou la glace. Le système de détection de givre/glace utilise la modification importante des caractéristiques de fonctionnement de l'éolienne (rapport vent/vitesse de rotation/puissance/angle de pale) en cas de formation de givre ou de glace sur les pales du rotor.

Lorsque la température dépasse +2 °C sur la nacelle, les rapports de fonctionnement spécifiques à l'éolienne (vent/puissance/angle des pales) sont identifiés comme étant des valeurs moyennes à long terme. Pour des températures inférieures à +2 °C (conditions de givre), les données de fonctionnement mesurées sont comparées aux valeurs moyennes à long terme.

Pour cela, une plage de tolérance, déterminée de manière empirique, est définie autour de la courbe de puissance de l'éolienne et de la courbe d'angle de pale. Celle-ci se base sur des simulations, des essais et plusieurs années d'expérience sur un grand nombre d'éoliennes de types variés. Si les données de fonctionnement concernant la puissance ou l'angle de pale sont hors de la plage de tolérance, l'éolienne est stoppée.

En cas de détection d'écarts de comportement de la machine, un compteur est incrémenté pour chaque mesure hors tolérance, à raison de 1 mesure par minute. Lorsque 30 mesures sont en dehors des tolérances, la machine s'arrête automatiquement pour détection de glace et envoi une alerte via le SCADA.

Les paramètres analysés par le système de sécurité sont :

- La vitesse de vent pour une puissance donnée<sup>1</sup>. La détection, l'alerte et l'arrêt se font dès la sortie de la machine de ces tolérances (comme expliqué ci-dessus) ;
- La puissance produite, lorsque la machine fonctionne à sa puissance nominale<sup>2</sup>.

Grâce à l'étroitesse de la plage de tolérance, la coupure a lieu généralement en moins d'une heure, avant que l'épaisseur de la couche de glace ne constitue un danger pour l'environnement de l'éolienne.

La plausibilité de toutes les mesures liées à l'éolienne est contrôlée en permanence par la commande de l'éolienne. Une modification non plausible d'une valeur de mesure est interprétée comme un dépôt de glace par la commande et l'éolienne est stoppée.

Les détails du système de détection de givre et de glace et du système de redémarrage après détection de glace sont donnés en annexe pages 77 et 79.

### Protection contre le risque électrique

#### Technologie ENERCON

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

<sup>1</sup> Détection efficace pour la partie de courbe correspondant à la montée en puissance vers sa valeur nominale (détection d'écart standard : +/- 1,2m/s). Les paramètres de tolérances sont ajustables dans une plage de +/- 0,6m/s à +/- 3m/s.

<sup>2</sup> Une fois que la machine fonctionne à sa puissance nominale, la courbe de puissance présente un plateau sur une large plage de vitesse de vent, rendant inopérante la tolérance définie précédemment pour la détection de glace ou de givre. Ainsi, pour les vitesses de vent supérieures à 10,5m/s une tolérance sur

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 auxdites vérifications sont fixés par l'arrêté du 10 octobre 2000.

### Protection contre le risque de fuite de liquide dans la nacelle

#### Technologie ENERCON

L'absence de multiplicateur limite grandement les risques de fuite de liquide dans la nacelle. En effet, l'utilisation de liquide est liée uniquement aux éléments graissés (roue dentée/engrenage, transmission d'orientation de l'éolienne, frein hydraulique) limitant ainsi la quantité (15 à 20 litres utilisés).

### 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 ...) 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 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)

L'exploitation des éoliennes ne fera pas l'objet d'une présence permanente sur site, mis à part lors des opérations de maintenance. Le fonctionnement du parc éolien du Confortement de Coupelle-Neuve est entièrement automatisé et contrôlé à distance depuis le centre de maintenance qui s'occupera du parc.

L'exploitation des éoliennes s'effectue grâce à un Automate Programmable Industriel (API) qui analyse en permanence les données en provenance des différents capteurs de l'installation et de l'environnement (conditions météorologiques, vitesse de rotation des pales, production électrique, niveau de pression du réseau hydraulique, etc.) et qui contrôle les commandes en fonction des paramètres.

Sur un moniteur de contrôle placé au niveau du poste électrique de livraison, toutes les données d'exploitation peuvent être affichées et contrôlées, et des fonctions telles que le démarrage, l'arrêt et l'orientation des pales peuvent être commandées.

De plus, les éoliennes sont équipées d'un système de contrôle à distance des données, appelé système SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition). La supervision peut s'effectuer à distance depuis un PC équipé d'un navigateur Internet et d'une connexion ADSL ou RNIS.

Le SCADA constitue un terminal de dialogue entre l'automate et son système d'entrée/sortie, connecté en réseau au niveau des armoires de contrôle placées dans la nacelle et dans le pied de l'éolienne.

### 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.

la puissance produite permet donc de détecter les comportements déviant de la courbe de puissance normale (valeur de tolérance standard : 75% ; minimale : 100% ; maximale : 50%).

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.

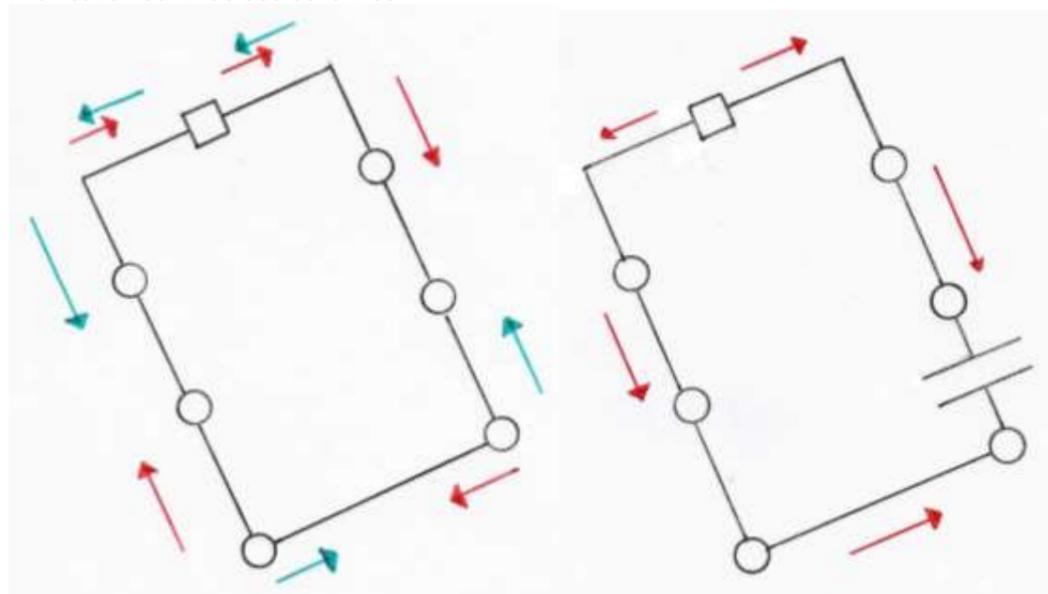


Figure 12 : Illustration du système en anneau garantissant une communication continue des éoliennes –

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

Les détails complémentaires du système SCADA sont donnés en annexe page 76.

### Organisation des moyens de secours

- **Moyens internes** : Lors du déclenchement des alarmes incendie de la machine, une sirène se met en route dans la nacelle et la tour, une information est envoyée par gsm en moins de 15 minutes vers le centre de télésurveillance, les pompiers et l'exploitant. L'alerte provoque la mise à l'arrêt de la machine.
- **Moyens externes** : Les moyens d'intervention de secours ou de lutte contre les incendies sont basés sur des moyens externes (sapeurs-pompiers). L'exploitant détermine un plan d'intervention en accord avec les services

### Perte du réseau électrique :

- **Effets** : en cas de perte du réseau électrique, la pression accumulée dans les systèmes d'orientation des pâles est renvoyée vers le réseau hydraulique de la nacelle ce qui a pour effet d'entraîner une mise en drapeau des pales qui va permettre un freinage aérodynamique du rotor et une mise à l'arrêt de l'éolienne.
- **Mesures prévues** : dans ce cas, il n'y a pas de danger particulier, les équipes de gestion technique sont prévenues par SMS et/ou mail de la déconnexion des machines du réseau. Le centre de conduite du gestionnaire de réseau (Enedis) est alors contacté pour connaître les raisons de cette panne et demander l'autorisation de reconnexion si le réseau est à nouveau disponible.
- **Capacité et délais d'interventions** : ce cas de figure ne présentant pas de danger pour la sécurité, les équipes vont intervenir dans les meilleurs délais pour permettre la reprise de la production.

### Perte du réseau de télécommunication :

- **Effets** : ceci peut entraîner la non réception des alarmes par les équipes d'exploitation et de maintenance. Ainsi, l'effet cumulé avec la survenance d'un incendie ou de l'entrée en survitesse pourrait retarder le temps de prévention des secours.
- **Mesures prévues** : le système d'alarme sera doublé et utilisera deux technologies (ADSL pour l'envoi de mail et GSM pour l'envoi de SMS), afin de pallier à la défaillance de l'un des deux systèmes d'alerte.
- **Capacités et délais d'intervention** : en cas de panne d'un système de télécommunication, l'opérateur prendra contact avec le gestionnaire du réseau de télécommunication dans les meilleurs délais pour demander le rétablissement du service. La deuxième ligne (GSM ou ADSL) fera office de secours pour assurer la prévention en cas d'incendie ou de survitesse.

### Conception des éoliennes

#### Certification de la machine

##### Technologie Enercon

Les éoliennes ENERCON sont conçues, fabriquées, installées et certifiées selon les exigences des normes IEC 61400-1 et IEC 61400-24, tel que requis par les articles 8 et 9 de l'arrêté du 26 Août 2011.

La société ENERCON tient à disposition de l'Inspection des Installations Classées les rapports des organismes compétents attestant de la conformité des aérogénérateurs aux normes précitées.

#### Process de fabrication

##### Technologie Enercon

Les machines Enercon sont dites à « attaque directe » : c'est-à-dire que le moyeu du rotor et le générateur annulaire forment une unité solidaire. Ils sont accouplés l'un à l'autre directement sans boîte de vitesse intercalée (multiplicateur). Cette technologie permet de limiter l'usure mécanique et restreint les quantités d'huile présente dans la nacelle ; un multiplicateur contenant environ 5 000 L.

La génératrice utilisée est annulaire et à électro-éléments. Ainsi, aucune terre-rare n'est utilisée.

Enfin, ces machines peuvent fonctionner en mode dégradé.

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

La maintenance de l'installation sera réalisée par ENERCON pour le compte de la Société d'Exploitation de Parcs Éoliens (SEPE) « Les Dix-Huit ».

#### Maintenance et inspections périodiques sur les éoliennes

- **Inspection visuelle** : Une fois par an
- **Graissage d'entretien** : Une fois par an
- **Maintenance électrique** : Une fois par an
- **Maintenance mécanique** : Une fois par an
- **Tests de commissioning** : Les tests réalisés lors du commissioning prévoient notamment un essai de survitesse ainsi que des tests électriques.
- **Maintenance des 300 heures** : La première maintenance après la mise en service a lieu après 300 heures. Au cours de cette opération, l'intégralité des opérations de maintenance précédemment mentionnées est effectuée.

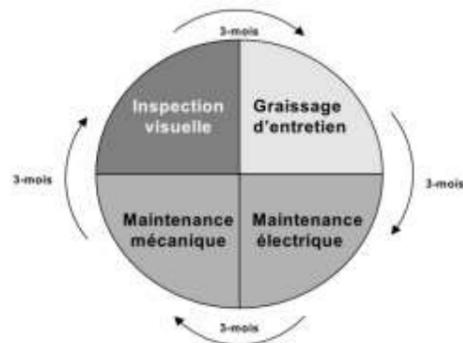


Figure 13 : Phases de maintenance Enercon (source : Enercon, 2012)

Chaque éolienne dispose d'un carnet de maintenance dans lequel sont consignées les différentes opérations réalisées. De plus, une inspection visuelle de l'état général de l'éolienne est effectuée lors de chaque opération de maintenance.

Ces opérations de maintenance garantissent le suivi et la durabilité des éoliennes dans le temps, comme le montrent les photos ci-dessous.

Nacelle d'éolienne ENERCON neuve

Nacelle d'éolienne ENERCON en service depuis 15 ans



Figure 14 : Illustration de la maintenance réalisée sur une éolienne de 17 ans (source : Enercon, 2012)

Les photographies suivantes illustrent différentes autres parties de ces mêmes nacelles, neuve et ayant 17 ans de service.

Nacelle d'éolienne ENERCON neuve :



Nacelle d'éolienne ENERCON en service depuis 17 ans :

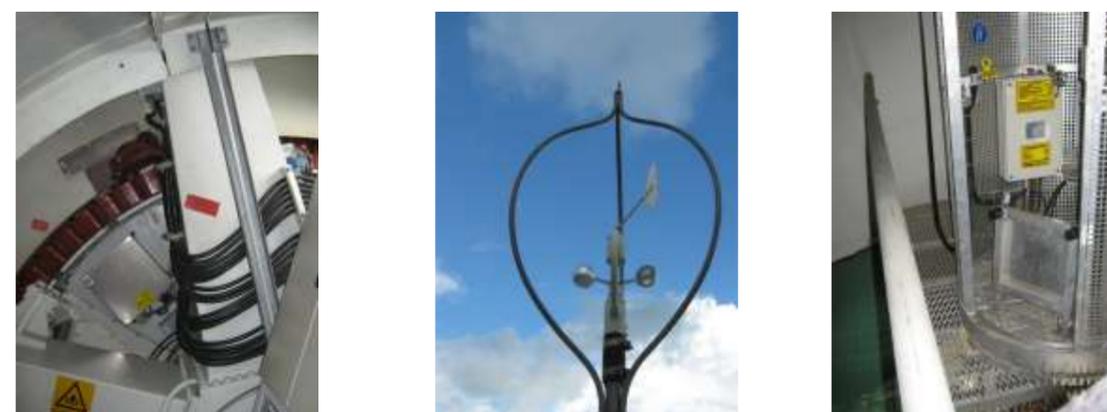


Figure 15 : Illustration de la maintenance réalisée sur une éolienne de 17 ans (source : Enercon, 2012)

#### Inspection visuelle

Lors des inspections visuelles, les points particuliers de vigilance sont axés sur les aspects suivants :

- Corrosion,
- Dommages mécaniques (par ex. fissures, déformation, écaillage, câbles usés),
- Fuites (huile, eau),
- Unités incomplètes,
- Encrassements / corps étrangers.

Ces opérations d'inspection sont faites au moins une fois par an.

#### Graissage d'entretien

Les opérations de graissage visent à s'assurer du bon état des pièces mobiles et d'assurer un appoint ou de vidanger les huiles et lubrifiants. L'ensemble des points à vérifier est précisé dans le Plan de Maintenance relatif au graissage défini pour chaque modèle.

#### Maintenance électrique

Les opérations de maintenance électrique visent à s'assurer du bon fonctionnement de tous les équipements électriques actifs (transformateurs, éclairage, mises à jour logicielles, ...) et passifs (mises à la terre, ...). L'ensemble des points à vérifier est précisé dans le Plan de Maintenance Electrique défini pour chaque modèle.

### Maintenance mécanique

Lors des opérations de maintenance mécanique, les points particuliers de vigilance sont axés sur les aspects suivants :

- Panneaux d'avertissement,
- Pied du mât / local des armoires électriques,
- Fondations,
- Mât : échelle de secours, ascenseurs de service, plateformes et accessoires, chemin et fixation de câbles, assemblages à vis,
- Nacelle : treuil à chaîne, extincteurs et trousse de secours, système de ventilation, câbles, trappes, support principal, arbre de moyeu, Transmissions d'orientation, Contrôle d'orientation (« yaw »), Couronne d'orientation, Entrefer du générateur, Groupe hydraulique, Frein électromécanique, Dispositif de blocage du rotor, Assemblages à vis, ...
- Tête du rotor : Rotor, Câbles et lignes, Générateur, moyeu du rotor et adaptateur de pale, engrenage de réglage des pales (« pitch »), Système de graissage centralisé, vis des pales du rotor, pales de rotor, ...
- Système parafoudre
- Anémomètre
- ...

Ces opérations d'inspections sont faites au moins une fois par an.

### Personnel qualifié et formation continue

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

- Electriciquement, selon son niveau de connaissance ;
- Aux travaux en hauteur, port des EPI, 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.

### 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 du Confortement de Coupelle-Neuve.

## 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)

L'annexe 10.8 reprend en détail la demande d'approbation de construction et de l'exploitation des ouvrages de transport et de distribution d'électricité (article T323-11 du code de l'Energie).

Le raccordement électrique inter-éolien ainsi que le raccordement jusqu'au poste de livraison sera exécuté exclusivement au moyen de câbles souterrains de 20 kV qui seront enfouis à une profondeur minimum 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 » ci-après est présenté le tracé des câbles de liaison inter-éoliennes, ainsi que des câbles de liaison jusqu'au poste de livraison.

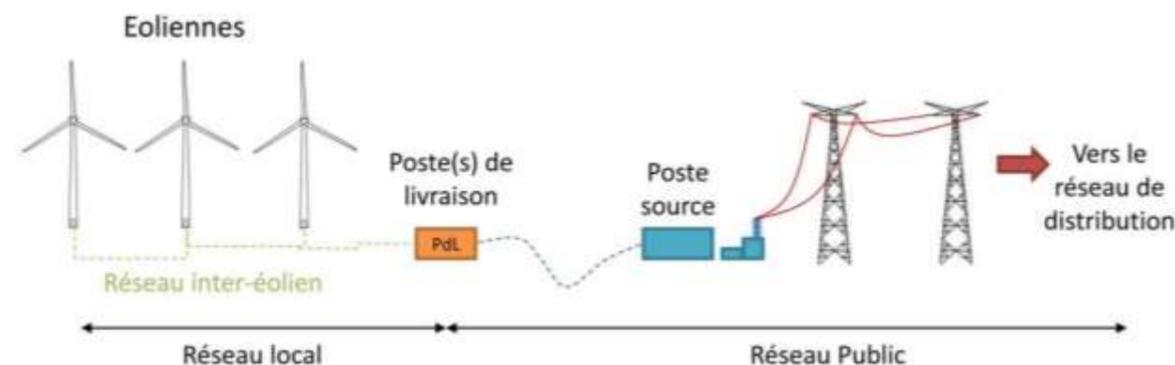


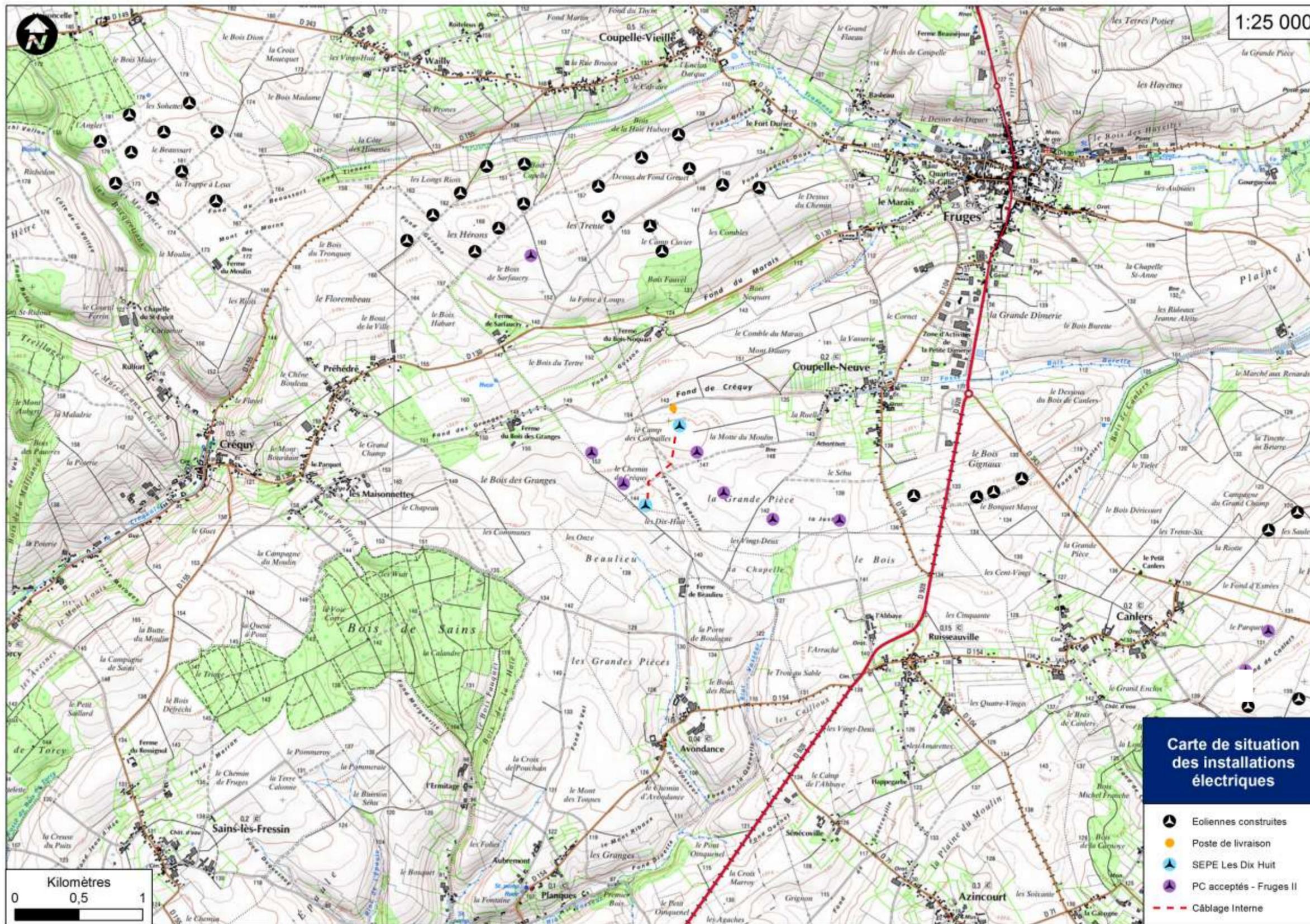
Figure 16 : Raccordement électrique des installations (source : INERIS/SER/FEE, 2012)

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

Le réseau inter-éolien permet de relier le transformateur, intégré ou non 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. Ces câbles constituent le réseau interne de la centrale éolienne.

Ces réseaux de raccordement électrique ou téléphonique (surveillance) entre les éoliennes et le poste de livraison seront enterrés sur toute leur longueur en longeant préférentiellement les pistes et chemins d'accès entre les éoliennes et le poste de livraison. La tension des câbles électriques est de 20 000 V.

Pour le raccordement inter-éolien, les caractéristiques des tranchées sont en moyenne une largeur d'un mètre et une profondeur de 1,20 m. Lors du chantier de raccordement, au moins une voie de circulation devra être assurée sur les voies concernées (l'autre étant réservée à la sécurité du chantier). 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 les lieux présentant peu d'intérêt écologique, et à une profondeur empêchant toute interaction avec les engins agricoles.



Carte 13 : Réseaux électriques internes à l'installation

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. Les pistes seront restituées dans leur état initial, sans élargissement supplémentaire.

La fermeture de la tranchée dans l'axe des nouvelles pistes, de moindre compacité que le terrain en place, permettra avec le temps la régénération herbacée d'un andin central, sans gêne pour le passage éventuel d'une grue, de véhicules 4 x 4 ou encore d'engins agricoles.

### Conformité des liaisons électriques

Conformément à l'article 6 II du décret n°2014-450 du 2 mai 2014 relatif à l'expérimentation d'une autorisation environnementale unique en matière d'installations classées pour la protection de l'environnement, le pétitionnaire s'engage à respecter les dispositions de l'arrêté du 17 mai 2001 fixant les conditions techniques auxquelles doivent satisfaire les ouvrages électriques. Les liaisons électriques seront donc de fait conformes avec la réglementation technique en vigueur.

### 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 3x240 mm<sup>2</sup>.

### Caractéristiques des tranchées

Pour le raccordement inter-éolien, les caractéristiques des tranchées sont en moyenne d'une largeur variant de 30 à 45 cm et d'une profondeur de 1 à 1,3 mètre. Des illustrations de coupe type sont présentées ci-après. Les sols traversés sont des roches primaires.

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 les lieux présentant peu d'intérêt écologique. Ils passeront également pour partie à travers champs.

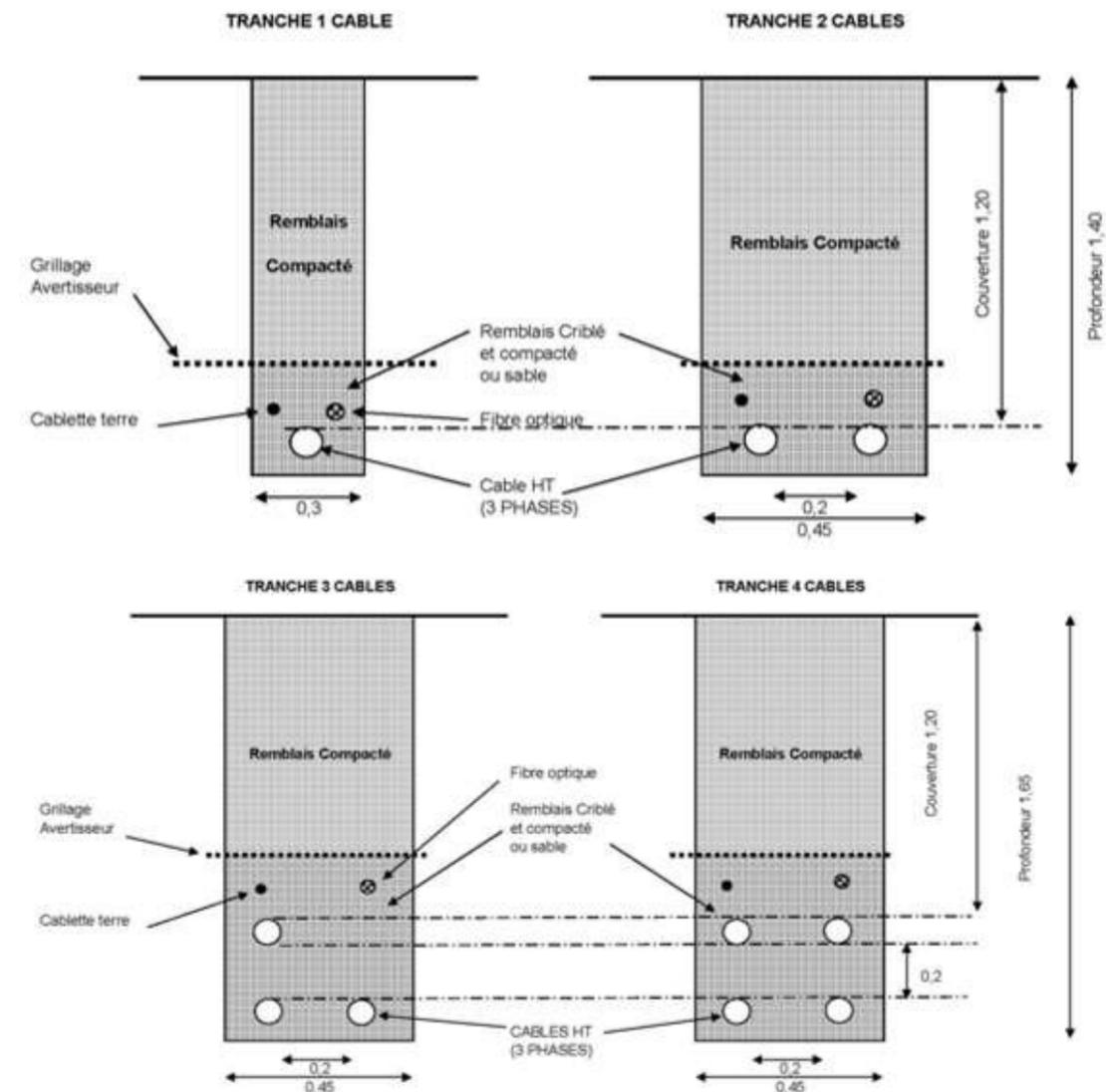


Figure 17 : Vue en coupe des tranchées pour un câble HTA passé (source : ATER Environnement, 2016)

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'Energie, 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 son SIG des ouvrages. Il s'engage à diligenter un contrôle technique des travaux en application de l'article R.323-30 du Code de l'Energie 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-canalisation.gouv.fr](http://www.reseaux-et-canalisation.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.

### Représentation graphique

Une carte de situation sur fond IGN ([Carte 13](#)), précise le tracé des canalisations électriques projetées et les ouvrages électriques projetés.

### Poste de livraison

Le poste de livraison est le nœud de raccordement de toutes les éoliennes avant que l'électricité ne soit injectée dans le réseau public. Certains parcs éoliens, par leur taille, peuvent posséder plusieurs postes de livraison, voire se raccorder directement sur un poste source, qui assure la liaison avec le réseau de transport d'électricité (lignes haute tension).

La localisation exacte de l'emplacement du poste de livraison est fonction de la proximité du réseau inter-éolien et de la localisation du poste source vers lequel l'électricité est ensuite acheminée.

### 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 le poste de livraison avec le poste source (réseau public de transport d'électricité). Ce réseau est réalisé par le gestionnaire du réseau de distribution (généralement ERDF- Electricité Réseau Distribution France). Il est lui aussi entièrement enterré.

## 4.3.2. Autres réseaux

Le projet éolien du Confortement de Coupelle-Neuve 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.

Le planning de chantier ci-dessous présente, à titre indicatif, la durée d'exécution de chaque phase et les actions mises en place.

Travaux	Durée
Terrassement (voies d'accès, plateformes de montage)	2 mois
Fondations et installations des câbles électriques	3 mois
Montages, mise en service et tests des éoliennes	3 mois

Figure 18 : Planning des travaux



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

Les dangers liés au fonctionnement de l'extension du parc éolien du Confortement de Coupelle-Neuve sont de cinq types :

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

Ces dangers potentiels sont recensés dans le tableau suivant.

Installation ou système	Fonction	Phénomène redouté	Danger potentiel
<b>Système de transmission</b>	Transmission de l'énergie mécanique	Survitesse	Echauffement des pièces mécaniques et flux thermique
<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	Energie cinétique de projection
<b>Rotor</b>	Transfert l'énergie éolienne en énergie mécanique	Projection d'objets	Energie cinétique des objets
<b>Nacelle</b>	Protection des équipements destinés à la production électrique	Chute de nacelle	Energie cinétique de chute

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

### 5.3.3. 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.

#### Intégration dans le Schéma Régional Eolien

Dans le cadre du Grenelle de l'Environnement fixé par les lois Grenelle, l'ancienne région Nord-Pas-de-Calais a élaboré son Schéma Régional Climat Air Energie (SRCAE), approuvé en date du 20 novembre 2012. L'un des volets de ce schéma très général est constitué par un Schéma Régional Eolien (SRE), approuvé le 25 juillet 2012, qui fixe les objectifs des départements du Nord et du Pas-de-Calais à l'horizon 2020, détermine quelles sont les zones favorables à l'accueil des parcs et quelles puissances pourront y être installées.

L'arrêté approuvant le Schéma Régional Eolien a été annulé par le tribunal administratif de Lille en date du 19 avril 2016, suite à de nombreuses oppositions et à l'absence d'analyse des enjeux liés à l'environnement préalablement à son adoption. Toutefois, et en application de l'article L.553-1 du code de l'environnement :

- L'instauration d'un SRE n'est pas une condition préalable à l'octroi d'une autorisation ;
- L'annulation du SRE de l'ancienne région Nord-Pas-de-Calais est sans effet sur les procédures d'autorisation de construire et d'exploiter les parcs éoliens déjà accordés ou à venir.

Bien que n'ayant plus de valeur réglementaire à la date de rédaction du présent dossier, le SRE a été pris en compte avant son annulation dans le choix du site du projet.

L'objectif de ce Schéma Régional Eolien est d'améliorer la planification territoriale du développement de l'énergie éolienne et de favoriser la construction des parcs éoliens dans des zones préalablement identifiées. La finalité de ce document est d'**éviter** le mitage du paysage, de **maîtriser** la densification éolienne sur le territoire, de **préserver** les paysages les plus sensibles, et de rechercher une **mise en cohérence** des différents projets éoliens. Pour cela, le Schéma Régional Eolien s'est appuyé sur des démarches existantes (Schémas Paysagers Eoliens départementaux, Atlas de Paysages, Chartes,...). Les données patrimoniales et techniques ont ensuite été agrégées, puis les contraintes ont été hiérarchisées. Il en est alors ressorti une cartographie des zones favorables à l'éolien.

Le périmètre d'étude de dangers se situe sur les communes de Coupelle-Neuve, Ruisseauville et de Créquy, territoires intégrés à la liste des communes constituant les délimitations territoriales du SRE.

#### Focus sur le secteur Haut-Artois / Ternois

##### Caractéristiques du secteur

Le paysage du haut-plateau de l'Artois est déjà fortement marqué par la présence de l'éolien avec des secteurs présentant des saturations.

Le secteur paraît très vaste mais est néanmoins délimité par des secteurs très contraints :

- À l'Ouest, confrontation avec les paysages et espaces naturels sanctuarisés du Boulonnais ;
- Au Sud, retrait des éoliennes vis-à-vis de la vallée de l'Authie et du pôle éolien du Ponthieu ;
- À l'Est, sites patrimoniaux de l'ouest Arrageois (belvédères, cônes de vue, ...)
- Au Nord, le développement est limité par l'impact paysager sur la plaine de Flandres.

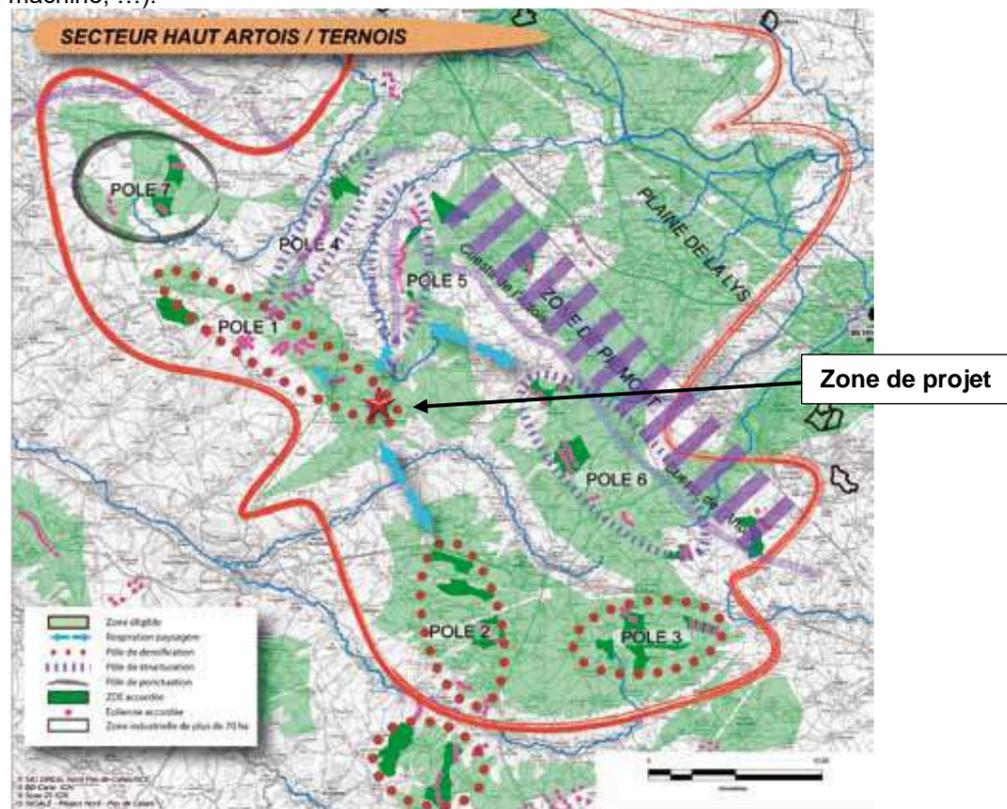
Toute implantation dans la zone de Piémont pose le problème du rapport d'échelle éoliennes/cuesta. La plaine de la Lys est très contrainte par la présence déjà marquée de l'éolien (proximité des projets de la Haute-Lys et des projets A26).

##### Orientations stratégiques du secteur

Le territoire étant déjà fortement investi par l'éolien, seule une stratégie de confortement des projets existants paraît adaptée. La zone de Piémont n'apparaît pas propice à un développement de l'éolien. Il apparaît donc peu probable que le développement de l'éolien s'établisse en dehors du cadre des pôles existants :

- **Développement en structuration** : accompagnement des lignes de force de la cuesta en respectant les rapports d'échelle (lignes simples d'éoliennes) ;
- **Confortement des pôles de densification** (densification des bouquets existants) : le potentiel de développement reste relativement limité.

Les nouvelles éoliennes devront s'harmoniser avec les projets existants qu'elles viendront compléter (hauteur, rythme, type de machine, ...).



Carte 14 : Orientations stratégiques du secteur de l'Artois – Légende : Etoile rouge / Localisation du projet (source : SRE, 2012)

#### Confortement des pôles de densification

**Pôles 1 à 4** : ces bouquets seront à densifier de façon très maîtrisée.

#### Structuration

**Pôles 5, 6** : les lignes d'éoliennes accompagnant les vallées de la Lys et de l'Aa pourront être complétées de façon à respecter l'existant et sans créer d'effet de barrière visuelle (ligne simple).

**Pôle 7** : la ligne d'éoliennes suivant la cuesta de l'Artois pourra être poursuivie en veillant à ne pas créer d'effet de barrière.

#### Ponctuation

**Pôle 8** : parc éolien très ponctuel et maîtrisé.

#### Etude itérative de limitation des impacts

Dans la limite du périmètre du projet (polygone au-delà de 500 m des premières habitations et intégrant d'autres contraintes techniques telles que les distances minimales aux routes etc.), un travail important d'itérations conduisant au choix de l'implantation a été engagé, faisant intervenir plusieurs spécialistes (ingénieur éolien, écologue 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 et humaines, biologiques, et enfin techniques, afin de réduire systématiquement les impacts sur les éléments les plus sensibles**. Le choix de l'implantation doit enfin **prendre en compte la présence des autres parcs éolien sur le territoire** afin d'aboutir à un projet de territoire cohérent.

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 exploitant 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.

Ainsi, ce projet est composé des deux éoliennes de la Motte Moulin déplacés.

L'implantation du projet éolien du Confortement de Coupelle-Neuve résulte du travail d'une variante d'implantation présentant le meilleur compromis face aux différents enjeux présents sur le territoire.

Les résultats des études acoustique, paysagère et écologique, ainsi que la prise en compte des contraintes techniques ont permis de définir la meilleure variante. Dans le cas présent, il s'agit de la variante n°3. Celle-ci présente en effet une bonne articulation avec le projet voisin en comparaison avec les précédents scénarios, ainsi qu'un impact écologique plus faible ; les éoliennes ont notamment été décalées pour respecter une distance minimum avec les infrastructures RTE (poste source et ligne électrique Haute Tension).

Cette variante respecte également les seuils d'émergences et la réglementation acoustique en vigueur.

#### 5.3.4. Utilisation des meilleurs 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 IED (« Integrated Pollution Prevention and Control »), afin d'autoriser et de contrôler les installations industrielles.

Pour l'essentiel, la directive IED 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 IED doivent obtenir des autorités des Etats-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'accident 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 du Confortement de Coupelle-Neuve. 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 de 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

Un total de 66 incidents a pu être recensé entre 2000 et 2018 (voir tableau ci-après listant les accidents survenus en France). Ce tableau de travail a été validé par les membres du groupe de travail précédemment mentionné. Les 37 premiers accidents de ce tableau ont été validés par les membres du groupe de travail précédemment mentionné, à travers le guide technique élaboré en mai 2012.

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, ...) 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. Elles sont représentées 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. Elles sont représentées 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.

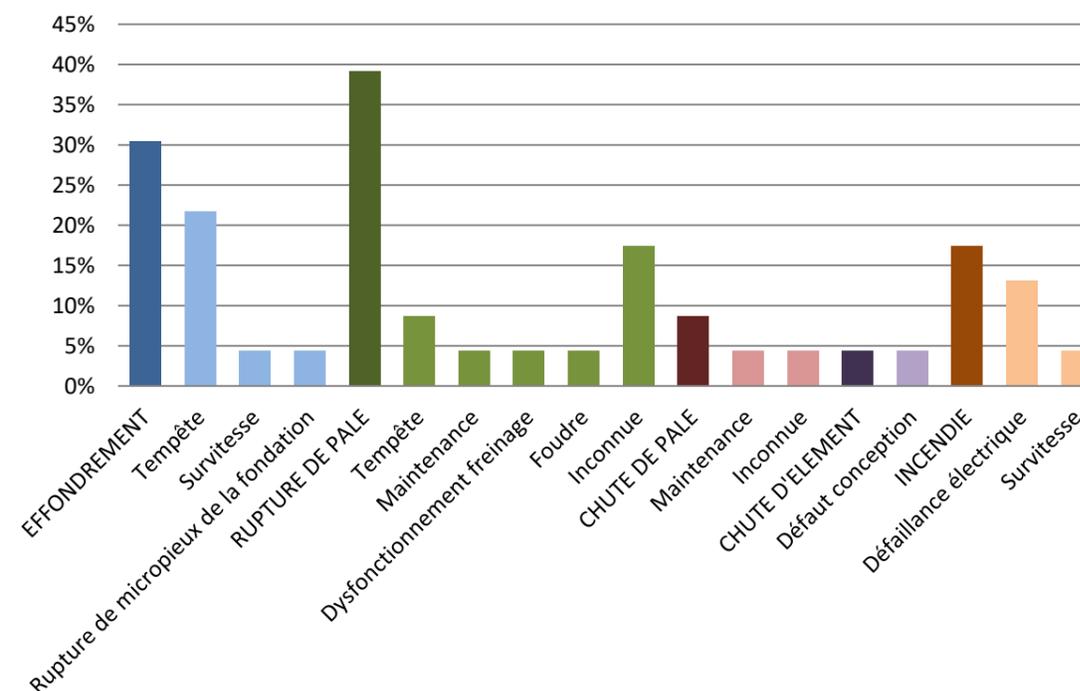


Figure 19 : Répartition des événements accidentels et de leurs causes premières sur le parc éolien français entre 2000 et 2011 (source : SER/FEE/INERIS, 2012)

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 mât 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 des 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 ont été arrachés. 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 aux mains)
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 hub
30/05/2012	Port-la-Nouvelle (Aude)	Chute d'une éolienne liée à des rafales de vent de 130 km/h – Eolienne de 1991, tour en treillis (200 kW)
01/11/2012	Vieillespesse (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	Conihac-de-la-Montagne (Aude)	Chute d'une pale liée à un problème de fixation entraînant un arrêt automatique de l'éolienne (détection d'échauffement + vitesse de rotation excessive)
17/03/2013	Euvy (Marne)	Incendie dans une nacelle conduisant à la chute d'une pale et une fuite de 450 L d'huile en provenance du multiplicateur. L'origine du feu est liée à une défaillance électrique. Le feu a été maîtrisé en 1 heure
01/07/2013	Cambon-et-Salvergues (34)	Un opérateur remplissant un réservoir d'azote sous pression dans une éolienne est blessé par la projection d'un équipement. Ses voies respiratoires ont également été atteintes lors de l'accident
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
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
06/02/2014	Lusseray (Deux-Sèvres)	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 (Dinéault)	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

Date	Localisation	Incident
18/08/2016	Hescamps (Oise)	Feu dans une éolienne
14/09/2016	Les Grandes Chapelles (Aube)	Electrisation d'un employé dans une éolienne
27/02/2017	Meuse (Lavallée)	Rupture de pale
27/07/2017	Trayes (Deux-Sèvres)	Chute d'un élément d'une pale d'éolienne
03/08/2017	Priez (Aisne)	Détachement d'une pale du parc éolien de l'Osière
26/10/2017	Vaux-les-Mouzon (Ardennes)	Décès d'un technicien (circonstances encore non établies) au cours d'une opération de maintenance
01/01/2018	Bouin (Vendée)	Effondrement d'une éolienne, sectionnée à la base sous la puissance du vent (tempête Carmen)

Tableau 18 : Liste des incidents intervenus en France (source : Base de données ARIA, mise à jour 15/03/2018)

### 6.1.3. Bilan accidentologie humain

Le bilan de l'accidentologie humaine indique que depuis 15 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 brûlure	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. Le seul accident de personne recensé en France relève de la sécurité du travail dans des locaux où des appareils à haute tension sont en service.

## 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.

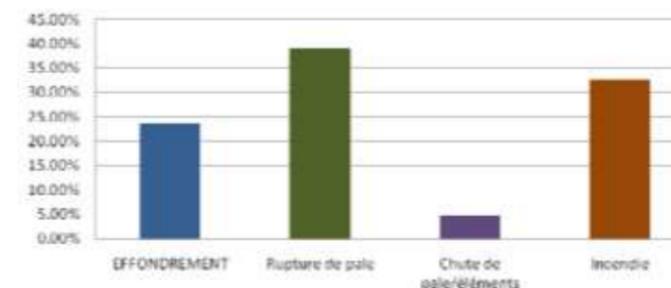


Figure 20 : Répartition des événements accidentels dans le monde entre 2000 et 2010 (source : SER/FEE/INERIS, 2012)

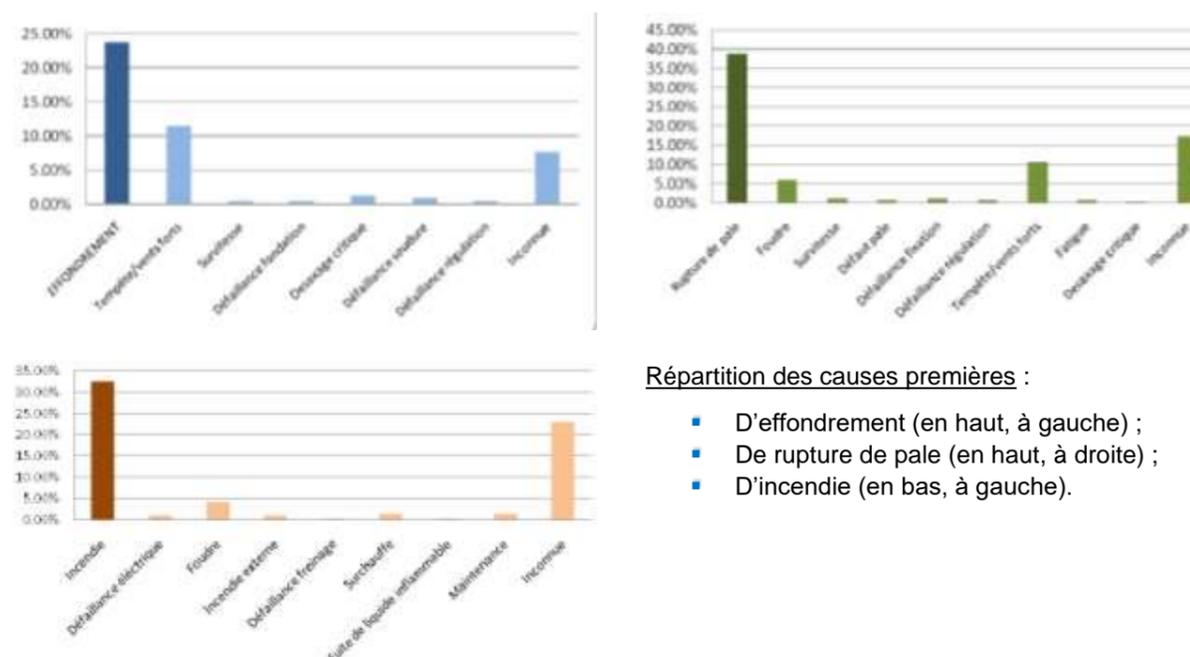


Figure 21 : Répartition des causes premières d'accident pour le parc éolien mondial (source : SER/FEE/INERIS, 2012)

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

A la date de rédaction de la présente étude, aucun n'incident n'est survenu sur l'un des parcs développés par la société Ostwind (source : Ostwind, 2018).

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

### 6.3.1. Analyse de l'évolution des accidents en France

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

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

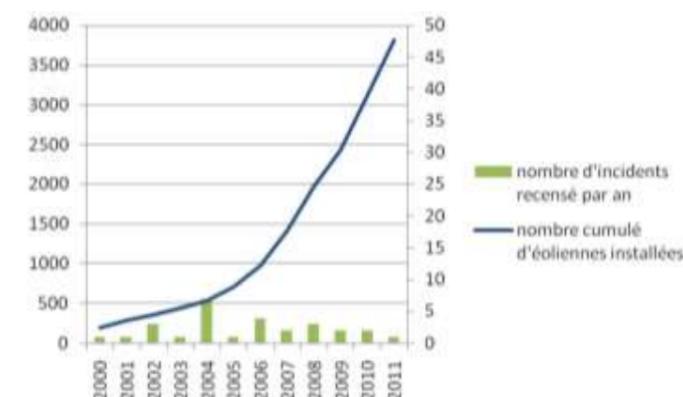


Figure 22 : Evolution du nombre d'incidents annuels en France et nombre d'éoliennes installées (source : INERIS/SER/FEE, 2012)

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

Comme le montre les graphiques ci-contre, de nombreux phénomènes peuvent être à l'origine d'incident et d'accident. Toutefois, la tempête (vent fort) associée à un dysfonctionnement du système de freinage est l'une des principales causes.

Le retour d'expérience de la filière éolienne française et internationale permet 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 à une échelle détaillée, elle comporte de nombreuses incertitudes.



## 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) basé 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 ;
- Événements climatiques d'intensité supérieure aux événements historiquement connus ou prévisibles pouvant affecter l'installation, selon les règles en vigueur ;
- Chute d'avion hors des zones de proximité d'aéroport ou aérodrome (rayon de 2 km des aéroports et aérodromes) ;
- Rupture de barrage de classe A ou B au sens de l'article R. 214-212 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. Agression externe 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 m (distance à partir de laquelle l'activité considérée ne constitue plus un agresseur potentiel) sont recensées ici, à l'exception de la présence des aérodromes qui sera reportée lorsque ceux-ci sont implantés dans un rayon de 2 km et des autres aérogénérateurs qui seront reportés dans un rayon de 500 mètres.

Remarque : Aucun aérodrome n'est présent 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
Périmètre	200 m	2 000 m	200 m	500 m
Distance par rapport au mât des éoliennes	CN-04	61 m de Cr 1 140 m de Vc 3 154 m de Cr 3	-	240 m de CN-05 (parc éolien de Beaulieu)
	CN-09	116 m de Cr 4 179 m de Vc 1	-	249 m de CN-08 (parc éolien de la Motte Moulin)

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

### 7.3.2. Agression externe 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>Le DDRM du Pas-de-Calais indique que les communes d'accueil du projet sont soumises à un risque de tempête probable ;</li> <li>Absence de cyclone.</li> </ul>
<b>Foudre</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Densité de foudroiement : 14 contre 20 en moyenne nationale ;</li> <li>Respect de la norme IEC 61 400-24 (Juin 2010) et EN 62 305 – 3 (Décembre 2006).</li> </ul>
<b>Glissement de sols / affaissement miniers</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Aléa faible de retrait et gonflement des argiles ;</li> <li>Cavité : Aucune cavité sur les communes de Coupelle-Neuve, Ruisseauville et Créquy.</li> </ul>

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

Comme il a été précisé précédemment, les agressions externes liées à des inondations, à des incendies de forêt ou de cultures, des séismes ne sont pas considérées dans ce tableau dans le sens où les dangers qu'elles pourraient entraîner sont largement inférieurs aux dommages causés par le phénomène naturel lui-même.

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

En ce qui concerne la foudre, on considère que le respect des normes rend le risque d'effet direct de la foudre négligeable (risque électrique, risque 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 danger 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 doit identifier l'ensemble des séquences accidentelles et phénomènes dangereux associés pouvant déclencher la libération du 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'événement redoutés centraux identifiés grâce au retour d'expérience 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). Les détails des scénarios sont présentés en annexe p.69.

N°	Événement initiateur	Événement intermédiaire	Événement redouté central	Fonction de sécurité (intitulé générique)	Phénomène dangereux	Qualification de la zone d'effet
G01	Conditions climatiques favorables à la formation de glace	Dépôt de glace sur les pales, le mât et la nacelle	Chute de glace lorsque les éoliennes sont arrêtées	Prévenir l'atteinte des personnes par la chute de glace (N°2)	Impact de glace sur les enjeux	1
G02	Conditions climatiques favorables à la formation de glace	Dépôt de glace sur les pales	Projection de glace lorsque les éoliennes sont en mouvement	Prévenir la mise en mouvement de l'éolienne lors de la formation de la glace (N°1)	Impact de glace sur les enjeux	2
I01	Humidité / Gel	Court-circuit	Incendie de tout ou partie de l'éolienne	Prévenir les Courts-circuits (N°5)	Chute/projection d'éléments enflammés Propagation de l'incendie	2
I02	Dysfonctionnement électrique	Court-circuit	Incendie de tout ou partie de l'éolienne	Prévenir les Courts-circuits (N°5)	Chute/projection d'éléments enflammés Propagation de l'incendie	2
I03	Survitesse	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
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

N°	Evénement initiateur	Evénement intermédiaire	Evénement redouté central	Fonction de sécurité (intitulé générique)	Phénomène dangereux	Qualification de la zone d'effet
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
C3	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
P03	Serrage inapproprié Erreur maintenance – desserrage	Chute de fragment de pale	Projection de tout ou partie pale	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9)	Impact sur cible	2
E01	Effets dominos autres installations	Agression externe et fragilisation structure	Effondrement éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9)	Projection/chute fragments et chute mât	2
E02	Glissement de sol	Agression externe et fragilisation structure	Effondrement éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9)	Projection/chute fragments et chute mât	2

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

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

## 7.5. EFFETS DOMINOS SUR LES ICPE

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. Par exemple, la projection de pale impactant les canalisations d'une usine à proximité peut conduire à des fuites de canalisations de substances dangereuses. Ce phénomène est appelé « effet domino ».

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

En ce qui concerne les accidents sur des aérogénérateurs qui conduiraient à des effets dominos sur d'autres installations, le paragraphe 1.2.2 de la circulaire du 10 mai 2010 précise : « [...] seuls les effets dominos générés par les fragments sur des installations et équipements proches ont vocation à être pris en compte dans les études de dangers [...]. Pour les effets de projection à une distance plus lointaine, l'état des connaissances scientifiques ne permet pas de disposer de prédictions suffisamment précises et crédibles de la description des phénomènes pour déterminer l'action publique ».

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

On limite l'évaluation de la probabilité d'impact d'un élément de l'aérogénérateur sur une autre installation ICPE que lorsque celle-ci se situe dans un rayon de 100 m (source : INERIS/SER/FEE, Mai 2012). Or, sur la zone d'étude, aucune éolienne du parc éolien du Confortement de Coupelle-Neuve ne se trouve à moins de 100 m d'une installation ICPE.

⇒ 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 mise en œuvre sur les éoliennes de l'extension du parc éolien de l'Epine Marie-Madeleine. Dans le cadre de la présente étude de dangers, les fonctions de sécurité sont détaillées selon les critères suivants :

- **Fonction de sécurité** : il est proposé ci-dessous un tableau par fonction de sécurité. Cet intitulé décrit l'objectif de la ou des mesure(s) de sécurité : il s'agira principalement de « empêcher, éviter, détecter, contrôler ou limiter » et sera en relation avec un ou plusieurs événements conduisant à un accident majeur identifié dans l'analyse des risques. Plusieurs mesures de sécurité peuvent assurer une même fonction de sécurité.
- **Numéro de la fonction de sécurité** : ce numéro vise à simplifier la lecture de l'étude de dangers en permettant des renvois à l'analyse de risque par exemple.
- **Mesures de sécurité** : cette ligne permet d'identifier les mesures assurant la fonction concernée. Dans le cas de systèmes instrumentés de sécurité, tous les éléments de la chaîne de sécurité sont présentés (détection + traitement de l'information + action).
- **Description** : cette ligne permet de préciser la description de la mesure de maîtrise des risques, lorsque des détails supplémentaires sont nécessaires.
- **Indépendance** (« oui » ou « non ») : cette caractéristique décrit le niveau d'indépendance d'une mesure de maîtrise des risques vis-à-vis des autres systèmes de sécurité et des 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 assigné. 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 « NA » (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.

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

Notamment selon l'art. 15 de l'arrêté du 26 août 2011, 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.

Fonction de sécurité	Prévenir la mise en mouvement de l'éolienne lors de la formation de glace	N° de la fonction de sécurité	1
Mesures de sécurité	Système de détection de glace ou givre sur les pales de l'aérogénérateur par déduction (analyse des paramètres de puissance). Temps de redémarrage automatique échelonné en fonction de la température extérieure.		
Description	Deux sondes mesurent la température de l'air en nacelle et en pied du mât, afin de détecter si les conditions sont propices à la formation de givre. La présence de glace ou de givre modifie les caractéristiques aérodynamiques de la pale entraînant une dégradation de la courbe de puissance. Lorsque la température est inférieure à 2°C la courbe de puissance à l'instant t est comparée à la courbe de puissance de l'éolienne en condition normale. Une plage de tolérance est définie et les points en dehors de la plage de tolérance sont comptabilisés. A partir d'un certain nombre (donnée paramétrable) de points enregistrés hors de la plage de tolérance, l'éolienne s'arrête automatiquement.		
Indépendance	Non		
Temps de réponse	10 à 30 minutes, conformément à l'article 25 de l'arrêté du 26 août 2011		
Efficacité	100 %		
Tests	Le système de détection de glace par courbe de puissance a été certifié par le bureau et par le TÜV Nord (rapport n°8104206760).		
Maintenance	S'agissant d'un système purement logiciel, il n'y a pas de maintenance spécifique.		

Fonction de sécurité	Prévenir l'atteinte des personnes par la chute de glace	N° de la fonction de sécurité	2
Mesures de sécurité	Panneautage en pied de machine ainsi que sur les voies d'accès au parc. 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 %		
Tests	NA		
Maintenance	NA		

Fonction de sécurité	Prévenir l'échauffement significatif des pièces mécaniques	N° de la fonction de sécurité	3
Mesures de sécurité	Capteurs de température des pièces mécaniques Définition de seuils critiques de T° pour chaque type de composant avec alarmes Mise à l'arrêt ou bridage jusqu'à refroidissement		
Description	En cas de température anormalement haute, une alarme est émise par le système SCADA au centre de contrôle ENERCON. 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		
Temps de réponse	NA		
Efficacité	100 %		
Tests	A préciser si possible		
Maintenance	Contrôle automatique permanent grâce à des redondances pour les capteurs des principaux composants (génératrices, transformateur). Lors de la maintenance annuelle, vérification de la vraisemblance des informations données par les capteurs par lecture sur le moniteur. Maintenance de remplacement en cas de dysfonctionnement de l'équipement.		

Fonction de sécurité	Prévenir la survitesse	N° de la fonction de sécurité	4
Mesures de sécurité	Détection de survitesse et système de freinage.		
Description	Systèmes de coupure s'enclenchant en cas de dépassement des seuils de vitesse prédéfinis, indépendamment du système de contrôle commande. NB : Le système de freinage est généralement constitué d'un frein aérodynamique principal (mise en drapeau des pales) et / ou d'un frein mécanique auxiliaire. Le système coupe l'alimentation électrique des pitch. Les condensateurs électriques du système de sécurité des pitchs se déchargent alors, activant la mise en drapeau des pales. L'éolienne s'arrête en 10 à 15 secondes.		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	Temps de détection < 1 minute L'exploitant ou l'opérateur désigné sera en mesure de transmettre l'alerte aux services d'urgence compétents dans un délai de 15 minutes suivant l'entrée en fonctionnement anormal de l'aérogénérateur conformément aux dispositions de l'arrêté du 26 août 2011		
Efficacité	100 %		
Tests	Test d'arrêt simple, d'arrêt d'urgence et de la procédure d'arrêt en cas de survitesse avant la mise en service des aérogénérateurs conformément à l'article 15 de l'arrêté du 26 août 2011. Un test de survitesse est également effectué lors de la mise en service de l'installation.		
Maintenance	Vérification du système au bout de 3 mois de fonctionnement puis contrôle annuel conformément à l'article 18 de l'arrêté du 26 août 2011 (notamment de l'usure du frein et de pression du circuit de freinage d'urgence.) Maintenance de remplacement en cas de dysfonctionnement de l'équipement.		

Fonction de sécurité	Prévenir les Courts-circuits	N° de la fonction de sécurité	5
Mesures de sécurité	Coupure de la transmission électrique en cas de fonctionnement anormal d'un composant électrique.		
Description	Les organes et armoires électriques de l'éolienne sont équipés d'organes de coupures et de protection adéquats et correctement dimensionnés. Tout fonctionnement anormal des composants électriques est suivi d'une coupure de		

	la transmission électrique et à la transmission d'un signal d'alerte vers l'exploitant qui prend alors les mesures appropriées. Les systèmes électriques sont équipés de disjoncteurs à tous les niveaux.
Indépendance	Oui
Temps de réponse	De l'ordre de la seconde
Efficacité	100 %
Tests	/
Maintenance	La vérification des organes de coupure est comprise dans la maintenance électrique annuelle. Les installations électriques sont contrôlées avant la mise en service du parc puis à une fréquence annuelle, conformément à l'article 10 de l'arrêté du 26 août 2011.

Fonction de sécurité	Prévenir les effets de la foudre	N° de la fonction de sécurité	6
Mesures de sécurité	Mise à la terre et protection des éléments de l'aérogénérateur.		
Description	Système de protection foudre de l'éolienne dimensionné pour prévenir toute dégradation des pales de l'éolienne conformément à la norme IEC 61400-24. Pour la protection parafoudre extérieure, la pointe de la pale est en aluminium moulé, et un profilé conducteur est relié par un anneau en aluminium à la base de la pale. Un coup de foudre est absorbé en toute sécurité par ces profilés et le courant de foudre est dévié vers la terre entourant la base de l'éolienne. Pour la protection interne de la machine, les composants principaux tels l'armoire de contrôle et la génératrice sont protégés par des parasurtenseurs. Toutes les autres platines possédant leur propre alimentation sont équipées de filtres à hautes absorptions. Aussi, la partie télécommunication est protégée par des parasurtenseurs de ligne et une protection galvanique. Enfin, une liaison en fibre optique entre les machines permet une insensibilité à ces surtensions atmosphériques ou du réseau. De même, l'anémomètre est protégé et entouré d'un arceau.		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	NA		
Efficacité	100 %		
Tests	/		
Maintenance	Contrôle visuel des pales et des éléments susceptibles d'être impactés par la foudre inclus dans les opérations de maintenance, conformément à l'article 9 de l'arrêté du 26 août 2011.		

Fonction de sécurité	Protection et intervention incendie	N° de la fonction de sécurité	7
Mesures de sécurité	Capteurs de températures sur les principaux composants de l'éolienne pouvant permettre, en cas de dépassement des seuils, la mise à l'arrêt de la machine. Système de détection incendie relié au système SCADA qui émet une alarme au centre de contrôle ENERCON et prévient la SEPE « les Dix-Huit » par SMS.		
Description	La technologie Enercon sans boîte de vitesse permet de réduire le risque d'échauffement provoqué par frottement mécanique. En effet la génératrice ENERCON tourne environ à 20 tours par minute, alors que les génératrices entraînées par une boîte de vitesse tournent à environ 1500 tours par minute. De nombreux capteurs de températures sont présents à proximité de tous les composants critiques : - Nacelle - Génératrice - Palier du moyeu - Mât - Armoires électriques - Transformateurs - Ventilateurs et éléments chauffants - Extérieur de la machine		

	Des seuils d'acceptabilité de niveau de températures sont prédéfinis dans le système de contrôle de l'éolienne pour chacun des capteurs. Des capteurs optiques de fumée sont placés en pied de mât et dans la nacelle. Leur déclenchement conduit 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 ENERCON ainsi qu'à la SEPE « Les Dix-Huit » par SMS, qui se charge de contacter les services d'urgence compétents. 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'alarme et le lancement 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	Les capteurs optiques de fumée sont testés annuellement (détection volontaire).
Maintenance	Vérification du système au bout de 3 mois de fonctionnement puis contrôle annuel conformément à l'article 18 de l'arrêté du 26 août 2011. Le matériel incendie (type extincteurs) est contrôlé périodiquement par le fabricant du matériel ou un organisme extérieur. Maintenance curative suite à une défaillance du matériel.

Fonction de sécurité	Prévention et rétention des fuites	N° de la fonction de sécurité	8
Mesures de sécurité	Utilisation d'une très faible quantité d'huile (absence de boîte de vitesses) Présence de rétention pour les composants critiques Détecteurs de niveau d'huiles		
Description	Nombreux détecteurs de niveau d'huile permettant de détecter les éventuelles fuites d'huile et d'arrêter l'éolienne en cas d'urgence. Les opérations de remplacement des bacs de graisse vides font l'objet de procédures spécifiques. Dans tous les cas, le transfert des huiles s'effectue de manière sécurisée et encadrée par les procédures de maintenance. La propreté des rétentions est vérifiée lors de chaque inspection de la nacelle.		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	Instantané		
Efficacité	100 %		
Tests	/		
Maintenance	Inspection des niveaux d'huile plusieurs fois par an et de l'état des rétentions plusieurs fois par an.		

Fonction de sécurité	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation)	N° de la fonction de sécurité	9
Mesures de sécurité	Contrôles réguliers des fondations et des différentes pièces d'assemblages (ex : brides ; joints, etc.) Procédures qualités		
Description	La norme IEC 61 400-1 « Exigence pour la conception des aérogénérateurs » fixe les prescriptions propres à fournir « un niveau approprié de protection contre les dommages résultant de tout risque durant la durée de vie » de l'éolienne. Ainsi la nacelle, le nez, les fondations et la tour répondent au standard IEC 61 400-1. Les pales respectent le standard IEC 61 400-1 ; 12 ; 23. Les éoliennes sont protégées contre la corrosion due à l'humidité de l'air, selon la norme ISO 9223.		
Indépendance	Oui		

Temps de réponse	NA
Efficacité	100 %
Tests	NA
Maintenance	Les couples de serrage (brides sur les diverses sections de la tour, bride de raccordement des pales au moyeu, bride de raccordement du moyeu à l'arbre lent, éléments du châssis, éléments du pitch system, couronne du Yaw Gear, boulons de fixation de la nacelle...) sont vérifiés au bout de 3 mois de fonctionnement puis tous les 3 ans, conformément à l'article 18 de l'arrêté du 26 août 2011.

<b>Fonction de sécurité</b>	<b>Prévenir les erreurs de maintenance</b>	<b>N° de la fonction de sécurité</b>	<b>10</b>
<b>Mesures de sécurité</b>	Procédure maintenance		
<b>Description</b>	Préconisations du manuel de maintenance Formation du personnel		
<b>Indépendance</b>	Oui		
<b>Temps de réponse</b>	NA		
<b>Efficacité</b>	100 %		
<b>Tests</b>	Il existe des manuels de maintenance spécifiques à chaque modèle d'éolienne. Tout personnel amené à intervenir dans les éoliennes est formé et habilité : <ul style="list-style-type: none"> <li>- Electriquement, selon son niveau de connaissance ;</li> <li>- Aux travaux en hauteur, port des EPI, évacuation et sauvetage ;</li> <li>- Sauveteur Secouriste du Travail.</li> </ul> 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.		
<b>Maintenance</b>	NA		

<b>Fonction de sécurité</b>	<b>Prévenir les risques de dégradation de l'éolienne en cas de vent fort</b>	<b>N° de la fonction de sécurité</b>	<b>11</b>
<b>Mesures de sécurité</b>	Classe d'éolienne adaptée au site et au régime de vents. Détection et prévention des vents forts et tempêtes Déclenchement du mode tempête = diminution de la prise au vent progressive des pales et arrêt automatique au-delà d'une certaine vitesse de vent.		
<b>Description</b>	Procédure « site vérification » : une étude de vent est menée sur un an afin de vérifier l'adéquation effective des machines. En cas de doute sur l'adéquation des aérogénérateurs, le site est modélisé et une étude de charge est effectuée. Le mode tempête s'enclenche au-delà d'une certaine vitesse de vent, permettant à l'éolienne de continuer à produire mais à puissance réduite. L'éolienne s'arrête complètement au-delà d'un autre seuil de vitesse de vent.		
<b>Indépendance</b>	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.		
<b>Temps de réponse</b>	< 1 min		
<b>Efficacité</b>	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. Si le site est trop turbulent ou les machines trop rapprochées entre elles, il est possible de mettre en place des arrêts sectoriels pour limiter l'impact de la turbulence sur les machines.		
<b>Tests</b>	Procédure de « Site Verification » (contrôle de l'adéquation par rapport à des mesures de fonctionnement)		

Maintenance	Les paramètres d'entrée en cas d'arrêt sectoriel sont régulièrement mis à jour et contrôlés lors des modifications d'hardware ou de software. L'usure de l'éolienne est contrôlée à chaque maintenance.
-------------	---

<b>Fonction de sécurité</b>	<b>Prévenir les risques de dégradation de l'éolienne par la surveillance de paramètres clés</b>	<b>N° de la fonction de sécurité</b>	<b>12</b>
<b>Mesures de sécurité</b>	Capteurs de vibrations entraînant un arrêt de l'éolienne Capteurs de bruit Contrôle de l'entrefer		
<b>Description</b>	Deux capteurs sont placés dans la nacelle pour détecter les accélérations longitudinales et transversales. Au-delà d'une certaine limite (spécifique à chaque modèle d'éolienne) l'éolienne s'arrête puis redémarre automatiquement après un court délai. Si plusieurs niveaux d'oscillation au-delà du seuil d'acceptabilité sont enregistrés au cours d'une période de 24h, le redémarrage automatique est suspendu.  L'espace entre le rotor et le stator appelé entrefer ne doit pas être réduit en deçà d'une largeur minimum. Des capteurs mesurent cette largeur et si un certain seuil est atteint, l'éolienne s'arrête puis redémarre automatiquement après un court délai. Si la faute se répète plus d'une fois en 24h, le redémarrage automatique est suspendu.  Un capteur de bruit est positionné dans la tête du rotor. En cas de bruits correspondant à des chocs importants (détachement ou rupture d'une pièce) et que la cause ne peut être discernée, p. ex. la grêle pendant un orage, l'éolienne s'arrête.		
<b>Indépendance</b>	Oui. Les signaux des capteurs sont traités par l'automate de sécurité embarqué sur chaque éolienne, dont le rôle est dédié à la sécurité de l'installation.		
<b>Temps de réponse</b>	Quelques secondes (< 2 min)		
<b>Efficacité</b>	100 %		
<b>Tests</b>	Les protocoles de maintenance annuelle prévoient la vérification de chacun de ces capteurs.		
<b>Maintenance</b>	NA		

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

## 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	En cas d'incendie de ces éléments, les effets ressentis à l'extérieur des bâtiments (poste de livraison dont la tenue au feu est de 2 h) 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 et impose le respect des normes NFC 15-100, NFC 13-100 et NFC 13-200)
Chute et projection de glace dans les cas particuliers où les températures hivernales ne sont pas inférieures à 0°C	<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'huiles 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 ETUDES DETAILLEES 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 toxique.

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 nationale 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 considérée comme rapide.

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

#### 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 toute ou partie de pale), de chute d'éléments (glace ou toute ou partie de pale) ou d'effondrement de machine.

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

Dans le cas de 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 : seuils d'exposition très forte,
- 1% d'exposition : seuil d'exposition forte.

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

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 définit 3 zones :

- **En vert** : une zone pour laquelle les risques peuvent être qualifiés de moindre et donc acceptable, et l'évènement est 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 acceptable pour laquelle des modifications substantielles doivent être définies afin de réduire le risque à un niveau acceptable ou intermédiaire, par la démonstration de la maîtrise de ce risque.

GRAVITÉ Conséquences	Classe 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	Vert	Jaune	Jaune	Rouge
Modéré	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. DETERMINATION DES PARAMETRES POUR L'ETUDE DETAILLEE DES RISQUES

### 8.2.1. Effondrement de l'éolienne

#### Zone d'effet

La zone d'effet de l'effondrement d'une éolienne correspond à une surface circulaire de rayon égal à la hauteur totale de l'éolienne en bout de pale, soit 149,9 m pour les éoliennes du parc du Confortement de Coupelle-Neuve.

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 mât non balayée par le rotor, d'une part, et la superficie de la zone d'effet du phénomène, d'autre part.

Le tableau ci-dessous permet d'évaluer l'intensité du phénomène d'effondrement de l'éolienne dans le cas du parc éolien du Confortement de Coupelle-Neuve. R est la longueur de pale (R= 55,96 m), H la hauteur du mât (H= 89,73 m), L la largeur du mât (L= 6,8 m) et LB la largeur de la base de la pale (LB= 5,68 m).

Effondrement de l'éolienne			
Zone d'impact en m <sup>2</sup>	Zone d'effet du phénomène étudié en m <sup>2</sup>	Degré d'exposition du phénomène étudié en %	Intensité
$Z_I = (H \times L) + (3 \times R \times LB / 2)$	$Z_E = \pi \times (H + R)^2$	$d = (Z_I / Z_E) \times 100$	
1 118	70 596	1,6 (>1%)	Exposition forte

Tableau 29 : Evaluation de l'intensité dans le scénario effondrement de la machine

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 de chute de glace 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		
CN-04	6,82	0,07	0,24	0,03	0,10	Sérieuse
CN-09	7,04	0,08	0,02	0,01	0,09	Sérieuse

Tableau 30 : Evaluation de la gravité dans le scénario de l'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	$4,5 \times 10^{-4}$	Retour d'expérience
Specification of minimum distances	$1,8 \times 10^{-4}$ (effondrement de la nacelle et de la tour)	Retour d'expérience

Tableau 31 : 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>6</sup>, soit une probabilité de  $4,47 \times 10^{-4}$  par éolienne et par an.

Ces événements 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.

<sup>6</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.

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 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 éolien du Confortement de Coupelle-Neuve, la gravité associée et le niveau de risque (acceptable/inacceptable).

Effondrement de l'éolienne		
Eolienne	Gravité	Niveau de risque
CN-04	Sérieuse	Acceptable
CN-09	Sérieuse	Acceptable

Tableau 32 : Détermination de l'acceptabilité du risque du scénario « effondrement de l'éolienne »

⇒ Ainsi, pour le parc du Confortement de Coupelle-Neuve, le phénomène d'effondrement des éoliennes constitue un risque acceptable pour les personnes.

## 8.2.2. Chute de glace

### Considérations générales

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

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

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

### Zone d'effet

Le risque de chute de glace est cantonné à la zone de survol des pales, soit un disque de rayon égal à un demi-diamètre de rotor autour du mât de l'éolienne. Pour le parc du Confortement de Coupelle-Neuve, **la zone d'effet a donc un rayon de 57,9 mètres**. 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 du Confortement de Coupelle-Neuve.  $Z_I$  est la zone d'impact,  $Z_E$  est la zone d'effet,  $R$  est le rayon du rotor ( $R=57,9$  m),  $SG$  est la surface du morceau de glace majorant ( $SG=1$  m<sup>2</sup>).

Chute de glace			
Zone d'impact en m <sup>2</sup>	Zone d'effet du phénomène étudié en m <sup>2</sup>	Degré d'exposition du phénomène étudié en %	Intensité
$Z_I = SG$	$Z_E = \pi \times R^2$	$d = (Z_I/Z_E) \times 100$	Exposition modérée
1	10 516	0,01 (< 1 %)	

Tableau 33 : Evaluation de l'intensité dans le scénario de 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 1000 personnes exposées → « Désastreux » ;
- Entre 100 et 1000 personnes exposées → « Catastrophique » ;
- Entre 10 et 100 personnes exposées → « Important » ;
- Moins de 10 personnes exposées → « Sérieux » ;
- Présence humaine exposée inférieure à « une personne » → « Modéré ».

Le tableau suivant 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		
CN-04	1,05	0,02	-	-	0,02	Modérée
CN-09	1,05	0,02	-	-	0,02	Modérée

Tableau 34 : 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  $10^{-2}$ .

### Acceptabilité

Le tableau ci-après rappelle, pour chaque aérogénérateur du parc éolien du Confortement de Coupelle-Neuve, la gravité associée et le niveau de risque (acceptable/inacceptable).

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.

Chute de glace		
Eolienne	Gravité	Niveau de risque
CN-04	Modérée	Acceptable
CN-09	Modérée	Acceptable

Tableau 35 : Détermination de l'acceptabilité du risque du scénario « chute de glace »

⇒ Ainsi, pour le parc éolien du Confortement de Coupelle-Neuve, le phénomène de chute de glace des éoliennes constitue un risque acceptable pour les personnes.

## 8.2.3. Chute d'éléments de l'éolienne

### Zone d'effet

La chute d'éléments comprend la chute de tous les équipements situés en hauteur : trappes, boulons, morceaux de pales ou pales entières. Le cas majorant est ici le cas de la chute de pale. Il est retenu dans l'étude détaillée des risques pour représenter toutes les chutes d'éléments. Le risque de chute d'élément est cantonné à la zone de survol des pales, c'est-à-dire une zone d'effet correspondant à un disque de rayon égal à un demi-diamètre de rotor.

### Intensité

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

Le tableau ci-dessous permet d'évaluer l'intensité du phénomène de chute d'éléments de l'éolienne, dans le cas du parc éolien du Confortement de Coupelle-Neuve.  $d$  est le degré d'exposition,  $Z_I$  la zone d'impact,  $Z_E$  la zone d'effet,  $R$  le rayon du rotor ( $R=57,9$  m) et  $LB$  la largeur de la base de la pale ( $LB=5,68$  m).

Chute d'éléments de l'éolienne			
Zone d'impact en m <sup>2</sup>	Zone d'effet du phénomène étudié en m <sup>2</sup>	Degré d'exposition du phénomène étudié en %	Intensité
$Z_I = R \times LB/2$	$Z_E = \pi \times R^2$	$d = (Z_I/Z_E) \times 100$	
164	10 516	1,56 (> 1%)	Exposition forte

Tableau 36 : Evaluation de l'intensité dans le scénario de chute de glace

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 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 de chute de glace et la gravité associée :

Chute d'éléments 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		
CN-04	1,05	0,02	-	-	0,02	Modérée
CN-09	1,05	0,02	-	-	0,02	Modérée

Tableau 37 : Evaluation de la gravité dans le scénario « chute d'éléments de l'éolienne »

## 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 éolien du Confortement de Coupelle-Neuve, la gravité associée et le niveau de risque (acceptable/inacceptable) :

Chute d'éléments de l'éolienne		
Eolienne	Gravité	Niveau de risque
CN-04	Sérieuse	Acceptable
CN-09	Sérieuse	Acceptable

Tableau 38 : Détermination de l'acceptabilité du risque du scénario « chute d'éléments de l'éolienne »

⇒ Ainsi, pour le projet éolien du Confortement de Coupelle-Neuve, le phénomène de chute d'éléments de l'éolienne constitue un risque acceptable pour les personnes.

## 8.2.4. 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 (source : Trame type INERIS, Mai 2012) par rapport au mât de l'éolienne. On constate que les autres données disponibles dans cette accidentologie montrent des distances d'effet inférieures.

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

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 au chapitre 10.5 (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 pale ou de fragment de pale, le degré d'exposition correspond au ratio entre la surface d'un élément (cas majorant d'une pale entière) et la superficie de la zone d'effet du phénomène (500 m).

Le tableau ci-dessous permet d'évaluer l'intensité du phénomène de projection de pale ou de fragment de pale dans le cas du parc éolien du Confortement de Coupelle-Neuve.  $d$  est le degré d'exposition,  $Z_I$  la zone d'impact,  $Z_E$  la zone d'effet,  $R$  correspond à la longueur de la pale ( $R = 55,96$  m),  $R_E$  correspond au rayon d'effet de projection de pale et  $LB$  la largeur de la base de la pale ( $LB = 5,68$  m).

Projection de pale ou de fragment de pale			
Zone d'impact en m <sup>2</sup>	Zone d'effet du phénomène étudié en m <sup>2</sup>	Degré d'exposition du phénomène étudié en %	Intensité
$Z_I = R \times LB/2$	$Z_E = \pi \times R_E^2$	$d = (Z_I/Z_E) \times 100$	
164	785 398	0,021 (< 1%)	Exposition modérée

Tableau 39 : Evaluation de l'intensité dans le scénario « projection de pale ou de fragment de pale »

## 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 m autour de l'éolienne :

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

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		
CN-04	76,78	0,77	1,76	0,18	0,95	Modérée
CN-09	75,83	0,76	2,71	0,28	1,04	Sérieuse

Tableau 40 : Evaluation de la gravité dans le scénario « projection de pale ou de fragment de pale »

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

Tableau 41 : 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  $7,66 \times 10^{-4}$  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 supplémentaires ont été mises en place notamment :

- Les dispositions de la norme IEC 61 400-1 ;
- Les dispositions des normes IEC 61 400-24 et EN 62 305-3 relatives à la foudre ;
- 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 ;
- L'utilisation de matériaux résistants pour la fabrication des pales (fibre de verre ou de carbone, résines, etc.).

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

Il est 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 parc éolien du Confortement de Coupelle-Neuve, la gravité associée et le niveau de risque (acceptable/inacceptable) :

Projection de pale ou de fragment de pale		
Eolienne	Gravité	Niveau de risque
CN-04	Modérée	Acceptable
CN-09	Sérieuse	Acceptable

Tableau 42 : Détermination de l'acceptabilité du risque du scénario « projection de pale ou de fragment de pale »

⇒ Ainsi, pour le parc éolien du Confortement de Coupelle-Neuve, le phénomène de projection de tout ou partie de pale des éoliennes constitue un risque acceptable pour les personnes.

## 8.2.5. Projection de glace

### Zone d'effet

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

En ce qui concerne la distance maximale atteinte par ce type de projectiles, il n'existe pas d'information dans l'accidentologie. La référence n°15 du chapitre 10.5 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 :

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

soit 311,6 m

Cette distance de projection est jugée conservatrice dans des études postérieures (voir n°17 du chapitre 10.5). 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 avec les éoliennes ENERCON dans le cas du parc éolien du Confortement de Coupelle-Neuve. d est le degré d'exposition, ZI la zone d'impact, ZE la zone d'effet, R le rayon rotor (R= 57,9 m), H la hauteur au moyeu (H= 92,05 m), et SG la surface majorante d'un morceau de glace.

Projection de morceaux de glace			
Zone d'impact en m <sup>2</sup>	Zone d'effet du phénomène étudié en m <sup>2</sup>	Degré d'exposition du phénomène étudié en %	Intensité
ZI= SG	$Z_E = \pi \times (1,5 \times H + 2 \times R)^2$	$d = (Z_I / Z_E) \times 100$	
1	305 110	0,0003 (< 1%)	Exposition modérée

Tableau 43 : Evaluation de l'intensité dans le scénario « projection 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 1000 personnes exposées → « Désastreux » ;
- Entre 100 et 1000 personnes exposées → « Catastrophique » ;
- Entre 10 et 100 personnes exposées → « Important » ;
- Moins de 10 personnes exposées → « Sérieux » ;
- Présence humaine exposée inférieure à « une personne » → « Modéré ».

**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 glace et la gravité associée :

Projection 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		
CN-04	29,57	0,30	0,94	0,10	0,40	Modérée
CN-09	29,36	0,30	1,15	0,12	0,42	Modérée

Tableau 44 : 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 des éléments suivants :

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

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

### Acceptabilité

Le risque de projection pour chaque aérogénérateur est évalué comme acceptable dans le cas d'un niveau de gravité « modéré ». Cela correspond pour cet événement à un nombre équivalent de personnes permanentes inférieures à 1 dans la zone d'effet.

Le tableau suivant rappelle, pour chaque aérogénérateur du parc éolien du Confortement de Coupelle-Neuve, la gravité associée et le niveau de risque (acceptable/inacceptable) :

Projection de morceaux de glace			
Eolienne	Gravité	Présence de système d'arrêt en cas de détection ou déduction de glace et de procédure de redémarrage	Niveau de risque
LI-01	Modéré	Oui	Acceptable
LI-02	Modéré	Oui	Acceptable

*Tableau 45 : Détermination de l'acceptabilité du risque du scénario « projection de morceaux de glace »*

⇒ Ainsi, pour le parc éolien du Confortement de Coupelle-Neuve, le phénomène de projection de glace constitue un risque acceptable pour les personnes.

### 8.3. SYNTHÈSE DE L'ÉTUDE DÉTAILLÉE DES RISQUES

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

Le tableau suivant récapitule, pour chaque événement redouté central retenu, les paramètres de risques : la cinétique, l'intensité, la gravité et la probabilité.

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 (149,9 m)	Rapide	Exposition forte	D	Sérieuse CN-04, CN-09
Chute d'élément de l'éolienne	Zone de survol des pales (de rayon 57,9 m)	Rapide	Exposition forte	C	Sérieuse CN-04, CN-09
Chute de glace	Zone de survol des pales (de rayon 57,9 m)	Rapide	Exposition modérée	A	Modérée CN-04, CN-09
Projection de pale	500 m autour de l'éolienne	Rapide	Exposition modérée	D	Modérée CN-04 Sérieuse CN-09
Projection de glace	1,5 x (H+2R) autour de l'éolienne soit un disque de rayon 311,6 m	Rapide	Exposition modérée	B	Modérée CN-04, CN-09

Tableau 46 : Synthèse des scénarios étudiés pour l'ensemble des éoliennes du parc – Légende : H est la hauteur au moyeu et R le rayon du rotor

#### 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-dessous, adaptée de la circulaire du 29 septembre 2005 reprise dans la circulaire du 10 mai 2010 mentionnée ci-dessus sera utilisée.

La liste des scénarios pointés dans la matrice sont les suivants :

- Chute d'éléments des éoliennes CN-04 et CN-09 (scénarios C<sub>e</sub>CN-04 et C<sub>e</sub>CN-09) ;
- Chute de glace des éoliennes CN-04 et CN-09 (scénarios C<sub>g</sub>CN-04 et C<sub>g</sub>CN-09) ;
- Effondrement des éoliennes CN-04 et CN-09 (scénarios E<sub>r</sub>CN-04 et E<sub>r</sub>CN-09) ;
- Projection de glace des éoliennes CN-04 et CN-09 (scénarios P<sub>g</sub>CN-04 et P<sub>g</sub>CN-09) ;
- Projection de pale des éoliennes CN-04 et CN-09 (scénarios P<sub>p</sub>CN-04 et P<sub>p</sub>CN-09).

Conséquence	Classe 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	E <sub>r</sub> CN-04, E <sub>r</sub> CN-09 P <sub>p</sub> CN-09	C <sub>e</sub> CN-04, C <sub>e</sub> CN-09	Jaune	Rouge
Modéré	Vert	P <sub>p</sub> CN-04	Vert	P <sub>g</sub> CN-04, P <sub>g</sub> CN-09	C <sub>g</sub> CN-04, C <sub>g</sub> CN-09

Légende de la matrice :

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

Tableau 47 : 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

Une carte de synthèse des risques est présentée à la page précédente. Elle fait apparaître, pour les scénarios les plus critiques :

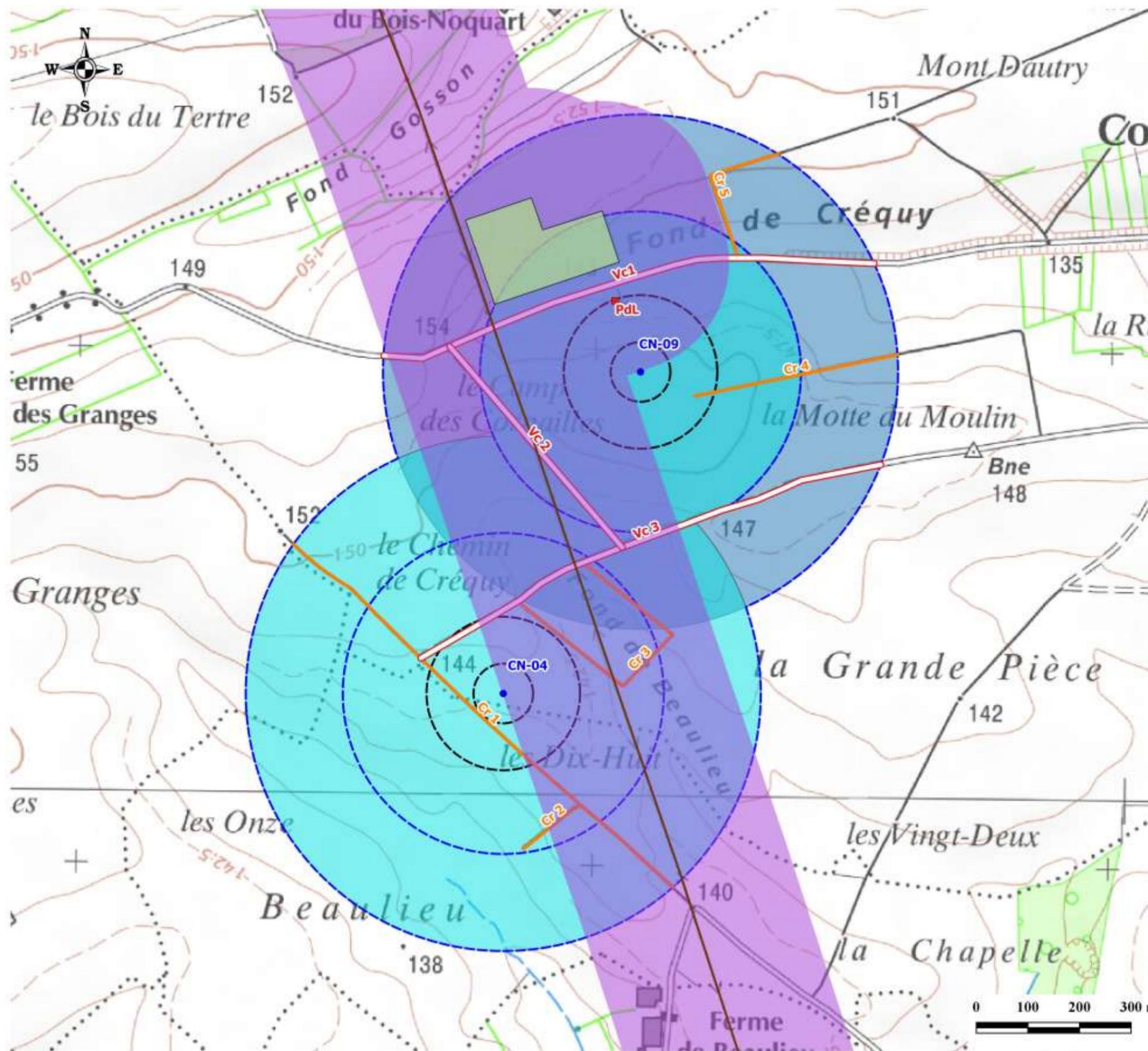
- Les enjeux étudiés dans l'étude détaillée des risques ;
- Une représentation graphique de la probabilité d'atteinte des enjeux.

## Synthèse des enjeux

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

Mars 2018

Source : IGN 25®  
Copie et reproduction interdites



### Légende

- Périmètre d'étude de dangers (500 m)
- Projet éolien de Fruges III*
- Eolienne
- Poste de livraison
- Zone de surplomb par les pales (57,9 m)
- Infrastructures électriques*
- Ligne électrique haute tension (400 kV)
- Poste source
- Distance à respecter (210 m)
- Infrastructures routières*
- Voie communale
- Chemin rural
- Présentation des scénarios étudiés*
- Risque de chute de glace ou autre éléments (57,9 m)
- Risque d'effondrement (149,9 m)
- Risque de projection de glace (311,6 m)
- Risque de projection de pale (500 m)
- Personne exposée*
- Moins de 1 personne
- Entre 1 et 10 personnes
- Intensité d'exposition*
- Modéré
- Forte

Carte 15 : Synthèse des risques sur le périmètre d'étude de dangers

## 9 CONCLUSION

Les principaux risques d'accidents majeurs identifiés pour le parc éolien du Confortement de Coupelle-Neuve 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 d'un fragment de pale ;
- B pour la projection de glace.

Dans la zone de surplomb des éoliennes, là où s'observe la chute de glace et d'éléments, l'enjeu humain est de 0,02 personne engendrant une gravité modérée dans le cas d'une chute de glace, et sérieuse dans le cas d'une chute d'éléments. Sur cette zone, seuls des champs sont présents. L'enjeu humain rester inférieur à 1 personne.

Dans la zone d'effondrement de la machine, l'enjeu humain est évalué entre 0,09 et 0,01 personne. Sur cette zone, des champs, mais également une voie communale et deux chemins ruraux ont été observés. Toutefois, en l'absence d'infrastructure structurante, l'enjeu humain est nettement inférieur à 1 personne.

Dans la zone de projection de glace, l'enjeu humain est défini entre 0,40 et 0,42 personne. Sur cette zone, des champs, mais également trois voies communales et cinq chemins ruraux ont été observés. Toutefois, en l'absence d'infrastructure structurante, l'enjeu humain est nettement inférieur à 1 personne.

Enfin, sur dans la zone de projection de pale, l'enjeu humain est évalué entre 0,95 et 1,04 personnes. Toutes les infrastructures étudiées dans cette étude sont également observées dans cette zone. Toutefois, en l'absence d'infrastructure structurante, l'enjeu humain est légèrement supérieur à 1 personne.

La SEPE « Les Dix-Huit », 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 (ERP, ICPE, 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.

Enfin, dans le but de garantir un risque acceptable sur l'installation, la SEPE « Les Dix-Huit » a mis en place des mesures de sécurité (voir tableau suivant) et a organisé une maintenance périodique (trois mois après le début de l'exploitation, puis tous les six mois).

Numéro de la fonction de sécurité	Fonction de sécurité	Mesures de sécurité
1	Prévenir la mise en mouvement de l'éolienne lors de la formation de glace	- Système de déduction de la formation de glace sur les pales de l'aérogénérateur - Arrêt préventif en cas de déséquilibre du rotor ou en cas de givrage de l'anémomètre - Procédure adéquate de redémarrage
2	Prévenir l'atteinte des personnes par la chute de glace	- Signalisation en pied de machine - Éloignement des zones habitées et fréquentées
3	Prévenir l'échauffement significatif des pièces mécaniques	- Capteurs de température des pièces mécaniques - Définition de seuils critiques de température pour chaque type de composant avec alarme - Mise à l'arrêt ou bridage jusqu'à refroidissement
4	Prévenir la survitesse	Détection de survitesse du générateur et système de freinage
5	Prévenir les courts-circuits	Coupage de la transmission électrique en cas de fonctionnement anormal d'un composant électrique
6	Prévenir les effets de foudre	Mise à la terre et protection des éléments de l'aérogénérateur
7	Protection et intervention incendie	- 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 : SDIS 62.
8	Prévention et rétention des fuites	- Détecteurs de niveaux d'huiles - Procédure de gestion des situations d'urgence - Kits antipollution associés à une procédure de gestion des situations d'urgence - Sensibilisation des opérateurs aux bons gestes d'utilisation des produits
9	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction-exploitation)	- Contrôles réguliers des fondations et des différentes pièces d'assemblages (ex : brides, joints, etc.) - Procédures qualités - Attestation du contrôle technique (procédure permis de construire)
10	Prévenir les erreurs de maintenance	- Procédure maintenance
11	Prévenir la dégradation de l'état de l'équipement	- Procédure de contrôle des équipements - Suivi de données mesurées par les capteurs et sondes présentes dans les éoliennes
12	Prévenir les risques de dégradation de l'éolienne en cas de vent fort	- 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

Tableau 48 : Mesures de sécurité (source : OSTWIND, 2018)

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

- 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 scénarios étudiés est en zone de risques intermédiaires, 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 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 ci-dessous 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 (Ex : Foudre + défaillance du système parafoudre = Incendie).

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

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

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

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

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

L'emballement peut notamment intervenir lors de pertes d'utilités (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, ...)
- Perte de communication : le système de communication entre le parc éolien et le superviseur à distance du parc peut être interrompu pendant une certaine durée.

Concernant la perte du réseau électrique, celle-ci peut être la conséquence d'un défaut sur le réseau d'alimentation du parc éolien au niveau du poste source. En fonction de leurs caractéristiques techniques, le comportement des éoliennes face à une perte d'utilité peut être différent (fonction du constructeur). Cependant, deux systèmes sont couramment rencontrés :

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

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

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

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

Les solutions aux pertes d'utilités étant diverses, les porteurs de projets pourront apporter dans leur étude de 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 danger. Plusieurs mesures pourront être mises en place (photographie du fond de fouille des fondations pour montrer que la nappe phréatique n'a pas été atteinte, comblement des failles karstiques par des billes d'argile, utilisation de graisses végétales pour les engins, ...).

#### Scénario F01

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

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

- Vérification des niveaux d'huile lors des opérations de maintenance
- Détection des fuites potentielles par les opérateurs lors des maintenances
- Procédure de gestion des situations d'urgence.

Deux événements peuvent être aggravants :

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

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

### 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...

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

L'emballlement de l'éolienne constitue un facteur aggravant en cas de projection de tout ou partie d'une pale. Cet emballlement peut notamment être provoqué par la perte d'utilité décrite au 2.2 de la présente partie C (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...), conditions climatiques (averses violentes de grêle, foudre...) - peuvent entraîner la dégradation de l'état de surface et à terme l'apparition de fissures sur la pale.

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

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

#### Scénarios 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 E10)

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, ...

## 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 et où des panneaux sont mis en place pour alerter le public de ces risques.

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

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

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

**Evénement 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.

**Evénement 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), associés à un risque, ou les deux. [FD ISO/CEI Guide 73]. Cela peut être fait par le biais de chacune des trois composantes du risque, la probabilité, l'intensité et la vulnérabilité :

- Réduction de la probabilité : par amélioration de la prévention, par exemple par ajout ou fiabilisation des mesures de sécurité
- Réduction de l'intensité :
  - Par action sur l'élément porteur de 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 :

**ICPE :** Installation Classée pour la Protection de l'Environnement  
**SER :** Syndicat des Energies Renouvelables  
**FEE :** France Energie Eolienne (branche éolienne du SER)  
**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* ;  
 DDRM du Pas-de-Calais (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 Pas-de-Calais (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 ingenieurgesellschaft, 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 août 2011 relatif aux installations de production d'électricité utilisant l'énergie mécanique du vent au sein d'une installation soumise à autorisation au titre de la rubrique 2980 de la législation des installations classées pour la protection de l'environnement ;
- Arrêté du 29 Septembre 2005 relatif à l'évaluation et à la prise en compte de la probabilité d'occurrence, de la cinétique, de l'intensité des effets et de la gravité des conséquences des accidents potentiels dans les études de dangers des installations classées soumises à autorisation ;
- Circulaire du 10 mai 2010 récapitulant les règles méthodologiques applicables aux études de dangers, à l'appréciation de la démarche de réduction du risque à la source et aux plans de prévention des risques technologiques (PPRT) dans les installations classées en application de la loi du 30 Juillet 2003 ;
- 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 ;
- DDRM du Pas-de-Calais (2012) – Dossier Départemental des Risques Majeurs ;

- SRE Pas-de-Calais (2012) – Schéma Régional Eolien ;
- PLUi de la Communauté de Communes du Canton de Fruges et Environs ;
- INERIS/SER/FEE (2012) - Trame Type de l'étude de dangers dans le cadre de parcs éoliens.

### Sites internet consultés :

- [www.aria.developpement-durable.gouv.fr](http://www.aria.developpement-durable.gouv.fr)
- [www.argiles.fr](http://www.argiles.fr)
- [www.asn.fr](http://www.asn.fr)
- [www.capareseau.fr](http://www.capareseau.fr)
- [www.cartes-topographiques.fr](http://www.cartes-topographiques.fr)
- [www.inondationsnappes.fr](http://www.inondationsnappes.fr)
- [www.metweb.fr](http://www.metweb.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.georisques.gouv.fr](http://www.georisques.gouv.fr)
- [www.installationsclassées.developpement-durable.gouv.fr](http://www.installationsclassées.developpement-durable.gouv.fr)

## 10.5. TABLE DES ILLUSTRATIONS

### 10.5.1. Liste des figures

Figure 1 : Illustration des températures de 1981 à 2010 – Station du Touquet-Paris-Plage (source : infoclimat.fr, 2018)	16
Figure 2 : Illustration des températures de 1981 à 2010 – Station du Touquet-Paris-Plage (source : Infoclimat.fr, 2018)	16
Figure 3 : Rose des vents et distribution des vitesses de vent sur le site de la Motte Moulin à 92 m (source : Ostwind, 2015)	17
Figure 4 : Levage du rotor d'une éolienne Enercon (source : Enercon, 2018)	29
Figure 5 : Installation des segments béton du mât d'une éolienne Enercon (source : Enercon, 2018)	30
Figure 6 : Comparaison des génératrices d'une éolienne Enercon et d'une éolienne concurrente (source : Enercon, 2018)	30
Figure 7 : 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/FERR, 2012)	30
Figure 8 : Exemple de spécifications d'aménagement (source : ENERCON, 2018)	31
Figure 9 : équipement de protection incendie dans les éoliennes Enercon (source : ENERCON, 2018)	34
Figure 10 : Système de protection foudre sur les éoliennes Enercon (source : ENERCON, 2018)	35
Figure 11 : Positionnement en drapeau des pales d'éoliennes Enercon (source : ENERCON, 2018)	35
Figure 12 : Illustration du système en anneau garantissant une communication continue des éoliennes –	37
Figure 13 : Phases de maintenance Enercon (source : Enercon, 2012)	38
Figure 14 : Illustration de la maintenance réalisée sur une éolienne de 17 ans (source : Enercon, 2012)	38
Figure 15 : Illustration de la maintenance réalisée sur une éolienne de 17 ans (source : Enercon, 2012)	38
Figure 16 : Raccordement électrique des installations (source : INERIS/SER/FEE, 2012)	39
Figure 17 : Vue en coupe des tranchées pour un câble HTA passé (source : ATER Environnement, 2016)	41
Figure 18 : Planning des travaux	42
Figure 19 : Répartition des événements accidentels et de leurs causes premières sur le parc éolien français entre 2000 et 2011 (source : SER/FEE/INERIS, 2012)	47
Figure 20 : Répartition des événements accidentels dans le monde entre 2000 et 2010 (source : SER/FEE/INERIS, 2012)	49
Figure 21 : Répartition des causes premières d'accident pour le parc éolien mondial (source : SER/FEE/INERIS, 2012)	49
Figure 22 : Evolution du nombre d'incidents annuels en France et nombre d'éoliennes installées (source : INERIS/SER/FEE, 2012)	50

### 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 : Principales caractéristiques de la machine	6
Tableau 3 : Référence administrative de la Société d'Exploitation de Parcs Éoliens (SEPE) « Les Dix-Huit » (source : OSTWIND, 2018)	7
Tableau 4 : Références du signataire pouvant engager la société (source : OSTWIND, 2018)	7
Tableau 5 : Identification des parcelles cadastrales (source : OSTWIND, 2018)	9
Tableau 6 : Quelques indicateurs de la population et leur logement (Insee, 2014)	13
Tableau 7 : Liste des ICPE présentes sur le territoire des communes intégrant le périmètre d'étude de dangers (source : installationsclassees.developpement-durable.gouv.fr, 2018)	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
Tableau 8 : Synthèse des risques majeurs sur les communes intégrant le périmètre d'étude de dangers (source : DDRM 62, 2018)	18
Tableau 9 : Inventaires des arrêtés de catastrophe naturelle (source : georisques.gouv.fr, 2018)	19
Tableau 10 : Distance des éoliennes par rapport aux infrastructures routières présentes dans le périmètre d'étude de dangers	23
Tableau 11 : Définition de l'enjeu humain relatif aux terrains non bâtis	25
Tableau 12 : Récapitulatif des enjeux humains	27

Tableau 13 : Coordonnées géographiques du parc éolien	31
Tableau 14 : Vitesses de vent définissant les différents modes de fonctionnement par type d'éolienne (source : ENERCON, 2018)	33
Tableau 15 : Synthèse du fonctionnement des aérogénérateurs ENERCON selon le tableau type de l'INERIS/SER/FEE, 2012	33
Tableau 16 : Liste des produits utilisés pour la maintenance des éoliennes (source : Enercon – 2015)	43
Tableau 17 : Potentiels de dangers liés au fonctionnement de l'installation (source : guide INERIS/SER/FEE, 2012)	44
Tableau 18 : Liste des incidents intervenus en France (source : Base de données ARIA, mise à jour 15/03/2018)	49
Tableau 19 : Liste des accidents humains inventoriés	49
Tableau 20 : Liste des agressions externes liées aux activités humaines (Source : INERIS/SER/FEE, 2012)	53
Tableau 21 : Liste des agressions externes liées aux phénomènes naturels (source : INERIS/SER/FEE, 2012)	54
Tableau 22 : Analyse générique des risques (source : INERIS/SER/FEE, 2012)	56
Tableau 23 : Ensemble des fonctions de sécurité (Source : INERIS/SER/FEE, 2012)	60
Tableau 24 : Scenarios exclus (Source : INERIS/SER/FEE, 2012)	61
Tableau 25 : Degré d'exposition (source : INERIS/SER/FEE, 2012)	63
Tableau 26 : Critères permettant d'apprécier les conséquences de l'événement (source : arrêté du 29 septembre 2005)	64
Tableau 27 : Grille de criticité du scenario redouté (source : arrêté du 29 septembre 2005)	64
Tableau 28 : Matrice de criticité de l'installation (source : INERIS/SER/FEE, 2012)	65
Tableau 29 : Evaluation de l'intensité dans le scenario effondrement de la machine	66
Tableau 30 : Evaluation de la gravité dans le scenario de l'effondrement de l'éolienne	66
Tableau 31 : Fréquence d'effondrement d'une éolienne dans la littérature (source : INERIS/SER/FEE, 2012)	66
Tableau 32 : Détermination de l'acceptabilité du risque du scenario « effondrement de l'éolienne »	67
Tableau 33 : Evaluation de l'intensité dans le scenario de chute de glace	67
Tableau 34 : Evaluation de la gravité dans le scenario « chute de glace »	68
Tableau 35 : Détermination de l'acceptabilité du risque du scenario « chute de glace »	68
Tableau 36 : Evaluation de l'intensité dans le scenario de chute de glace	68
Tableau 37 : Evaluation de la gravité dans le scenario « chute d'éléments de l'éolienne »	68
Tableau 38 : Détermination de l'acceptabilité du risque du scenario « chute d'éléments de l'éolienne »	69
Tableau 39 : Evaluation de l'intensité dans le scenario « projection de pale ou de fragment de pale »	69
Tableau 40 : Evaluation de la gravité dans le scenario « projection de pale ou de fragment de pale »	70
Tableau 41 : Fréquence de rupture de tout ou partie de pale dans la littérature (source : INERIS/SER/FEE, 2012)	70
Tableau 42 : Détermination de l'acceptabilité du risque du scenario « projection de pale ou de fragment de pale »	70
Tableau 43 : Evaluation de l'intensité dans le scenario « projection de glace »	71
Tableau 44 : Evaluation de la gravité dans le scenario « projection de morceaux de glace »	71
Tableau 45 : Détermination de l'acceptabilité du risque du scenario « projection de morceaux de glace »	72
Tableau 46 : Synthèse des scenarios étudiés pour l'ensemble des éoliennes du parc – Légende : H est la hauteur au moyeu et R le rayon du rotor	73
Tableau 47 : Matrice de criticité de l'installation (source : INERIS/SER/FEE, 2012)	73
Tableau 48 : Mesures de sécurité (source : OSTWIND, 2018)	75
Tableau 49 : Coordonnées en WGS 84	83

### 10.5.3. Liste des cartes

Carte 1 : Localisation géographique de l'installation	8
Carte 2 : Périmètre d'étude de dangers	10
Carte 3 : Distances aux premières habitations (source : Ostwind, 2018)	14
Carte 4 : Densité d'énergie à 50 m d'altitude / Légende : Etoile rouge – Localisation du projet (source : Atlas Régional Eolien, 2003)	17
Carte 5 : Sensibilité du périmètre d'étude de dangers aux phénomènes d'inondations par remontée de nappe (source: inondationsnappes.fr, 2018)	19
Carte 6 : Aléa retrait-gonflement des argiles sur le périmètre d'étude de dangers (source : georisques.gouv.fr, 2018)	20
Carte 7 : Zones sismiques dans le Pas-de-Calais – Légende : Etoile violette / Localisation du projet (source : DDRM 62, 2018)	20
Carte 8 : Localisation des communes exposées aux risques de feux de forêts – Légende : Orange / Communes exposées, Cercle rouge / Département du Pas-de-Calais (MEEDM, base de données Gaspar, mars 2010)	21
Carte 9 : Densité de foudroiement en France métropolitaine - Légende : Etoile / Localisation du projet (source : Météo France)	21
Carte 10 : Enjeux matériels au sein du périmètre d'étude de dangers	22
Carte 11 : Enjeux humains dans le périmètre d'étude de dangers	26
Carte 12 : Plan détaillé de l'installation	32
Carte 13 : Réseaux électriques internes à l'installation	40
Carte 14 : Orientations stratégiques du secteur de l'Artois – Légende : Etoile rouge / Localisation du projet (source : SRE, 2012)	45
Carte 15 : Synthèse des risques sur le périmètre d'étude de dangers	74

### 10.6. COORDONNEES

Les coordonnées en WGS 84 du projet éolien du Confortement de Coupelle-Neuve sont données dans le tableau ci-dessous :

Eolienne	Coordonnées WGS 84		Altitude (m)	
	Latitude	Longitude	Au sol	Bout de pale
<b>CN-04</b>	N50°29'30,1"	E2°05'40,1"	143,75	293,05
<b>CN-09</b>	N50°29'50,4"	E2°05'53,2"	153,65	302,95
<b>Poste de livraison</b>	N50°29'54,8"	E2°05'50,7"	144,16	-

*Tableau 49 : Coordonnées en WGS 84*