

PROJET D'EXTENSION DU PARC EOLIEN DE L'EPINE MARIE MADELEINE

DEMANDE D'AUTORISATION UNIQUE

OCTOBRE 2017

ETUDE DE DANGERS

AU 9

Société Parc Eolien Nordex 72 S.A.S.

23 rue d'Anjou

75008 PARIS

Communes de

Agnicourt-et-Séchelles,

Montigny-le-Franc,

Tavaux-et-Pontséricourt (02)



Projet d'extension du parc éolien de l'Épine Marie-Madeleine

Etude de dangers





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 : audrey.moneger@ater-environnement.fr

Rédacteur : Mme Audrey MONEGER

SOMMAIRE

1	PREAMBULE	5
1.1.	OBJECTIF DE L'ETUDE DE DANGERS	5
1.2.	CONTEXTE LEGISLATIF ET REGLEMENTAIRE	5
1.3.	NOMENCLATURE DES INSTALLATIONS CLASSEES	6
2	INFORMATIONS GENERALES CONCERNANT L'INSTALLATION	7
2.1.	RENSEIGNEMENT ADMINISTRATIF	7
2.2.	UN GROUPE INTERNATIONAL	7
2.3.	LA FILIALE FRANÇAISE	8
2.4.	LEURS REALISATIONS	9
2.5.	LOCALISATION DU SITE	11
2.6.	DEFINITION DU PERIMETRE DE L'ETUDE	13
3	DESCRIPTION DE L'ENVIRONNEMENT DE L'INSTALLATION	15
3.1.	ENVIRONNEMENT LIE A L'ACTIVITE HUMAINE	15
3.2.	ENVIRONNEMENT NATUREL	18
3.3.	ENVIRONNEMENT MATERIEL	23
3.4.	CARTOGRAPHIE DE SYNTHESE	26
4	DESCRIPTION DE L'INSTALLATION.....	31
4.1.	CARACTERISTIQUES DE L'INSTALLATION.....	31
4.2.	FONCTIONNEMENT DE L'INSTALLATION.....	33
4.3.	FONCTIONNEMENT DES RESEAUX DE L'INSTALLATION	40
5	IDENTIFICATION DES POTENTIELS DE DANGERS DE L'INSTALLATION	43
5.1.	POTENTIEL DE DANGER LIE AUX PRODUITS	43
5.2.	POTENTIELS DE DANGERS LIES AU FONCTIONNEMENT DE L'INSTALLATION	44
5.3.	REDUCTION DES POTENTIELS DE DANGERS A LA SOURCE	45
6	ANALYSE DES RETOURS D'EXPERIENCE.....	47
6.1.	INVENTAIRE DES ACCIDENTS ET INCIDENTS EN FRANCE	47
6.2.	INVENTAIRE DES ACCIDENTS ET INCIDENTS A L'INTERNATIONAL	49
6.3.	SYNTHESE DES PHENOMENES DANGEREUX REDOUTES ISSUS DU RETOUR D'EXPERIENCE.....	50
6.4.	LIMITES D'UTILISATION DE L'ACCIDENTOLOGIE	50
7	ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES	51
7.1.	OBJECTIF DE L'ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES	51
7.2.	RECENSEMENT DES EVENEMENTS EXCLUS DE L'ANALYSE DES RISQUES	51
7.3.	RECENSEMENT DES AGRESSIONS EXTERNES POTENTIELLES	51
7.4.	TABLEAU D'ANALYSE GENERIQUE DES RISQUES	52
7.5.	EFFETS DOMINOS SUR LES ICPE	54
7.6.	MISE EN PLACE DES MESURES DE SECURITE	55
7.7.	CONCLUSION DE L'ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES	59
8	ETUDES DETAILLEES DES RISQUES	61
8.1.	RAPPEL DES DEFINITIONS	61
8.2.	DETERMINATION DES PARAMETRES POUR L'ETUDE DETAILLEE DES RISQUES	64
8.3.	SYNTHESE DE L'ETUDE DETAILLEE DES RISQUES	71
9	CONCLUSION.....	73
10	ANNEXES.....	75
10.1.	SCENARIOS GENERIQUES ISSUS DE L'ANALYSE	75
10.2.	PROBABILITE D'ATTEINTE ET RISQUE INDIVIDUEL	77
10.3.	GLOSSAIRE	77
10.4.	BIBLIOGRAPHIE	79
10.5.	TABLE DES ILLUSTRATIONS	80

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 NORDEX pour la société « Parc Éolien Nordex 72 SAS », Maître d'Ouvrage et futur exploitant du parc, pour caractériser, analyser, évaluer, prévenir et réduire les risques de l'extension du parc éolien de l'Epine Marie-Madeleine, 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 de l'extension du parc éolien de l'Epine Marie-Madeleine. 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 l'extension du parc éolien de l'Epine Marie-Madeleine, 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 de 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.....	A	6
	b) inférieure à 20 MW.....	D	

(1) A : autorisation, E : enregistrement, D : déclaration, S : servitude d'utilité publique, C : soumis au contrôle périodique prévu par l'article L. 512-11 du code de l'environnement (2) Rayon d'affichage en kilomètres

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

L'extension du parc éolien de l'Epine Marie-Madeleine comprend au moins un aérogénérateur dont le mât a une hauteur supérieure ou égale à 50 m (106 m à hauteur de moyeu pour les éoliennes E1, E2 et E6, et 99,0 m pour les éoliennes E3, E4, E5 et E7) : 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, l'extension du parc éolien de l'Epine Marie-Madeleine est constituée de 7 éoliennes NORDEX (trois éoliennes N131-TS106 et quatre éoliennes N131-R99) d'une puissance totale de 22,8 MW. La hauteur en bout de pale est de 171,5 m pour les éoliennes N131-TS106, et de 164,5 m pour les éoliennes N131-R99 m pour une puissance nominale respective de 3,6 MW et 3 MW.

Extension du parc éolien de l'Epine Marie-Madeleine		
Nom	N131-TS106	N131-R99
Nombre d'éoliennes	3	4
Puissance unitaire	3,6 MW	3 MW
Hauteur au moyeu	106 m	99 m
Diamètre rotor	131 m	
Hauteur totale	171,5 m	164,5 m

Tableau 2 : Principales caractéristiques de la machine

2 INFORMATIONS GENERALES CONCERNANT L'INSTALLATION

2.1. RENSEIGNEMENT ADMINISTRATIF

Le demandeur est la société « Parc Éolien Nordex 72 SAS », le Maître d'Ouvrage du projet et futur exploitant du parc.

L'objectif final de la société « Parc Éolien Nordex 72 SAS » 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 « Parc Éolien Nordex 72 SAS » sollicite l'ensemble des autorisations liées à ce projet et prend l'ensemble des engagements en tant que future société exploitante du parc éolien.

Raison sociale	Parc éolien NORDEX 72
Forme juridique	Société par Actions Simplifiée (SAS)
Capital social	37 000 euros
Siège social	23 rue d'Anjou 75 008 PARIS
N° Registre du Commerce	402 335 145
Code NAF	3511Z / Production d'électricité

Tableau 3 : Référence administrative de la société « Parc éolien Nordex 72 SAS » (source : NORDEX, 2016)

Nom	DE TOURTIER
Prénom	Anna-Katharina
Nationalité	Française
Qualité	Présidente

Tableau 4 : Références du signataire pouvant engager la société (source : NORDEX, 2016)

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

2.2. UN GROUPE INTERNATIONAL

Le groupe Nordex est l'un des pionniers de l'industrie éolienne. Depuis 1985, il a joué un rôle moteur dans l'établissement de nouveaux standards toujours plus ambitieux pour la production de série d'éoliennes de plus en plus performantes.

Historique	
1985	Création au Danemark
1987	Production de la plus grande éolienne de série au monde (250 kW)
1992	Création du centre de production en Allemagne
1995	Production de la première éolienne de série au monde d'1 mégawatt
1999	Installation de la 1000ème éolienne NORDEX
2000	Mise en service de la première éolienne de série au monde de 2.5 mégawatt
2001	Introduction en Bourse Démarrage de la production industrielle de pales
2003	Installation de la 2000ème éolienne NORDEX
2005	Lancement de la N90/2500 kW
2007	Ouverture de la production de pales en Chine
2009	Lancement de la N100 Installation de la 3000ème éolienne NORDEX
2011	Lancement de la N117
2012	Lancement de la N117 3 MW Lancement de la N100 3,3 MW
2013	Lancement de la N131 3 MW
2016	Lancement de la N117 3,6 MW Lancement de la N131 3,6 MW

Tableau 5 : Historique du développement de la société Nordex (Nordex, 2016)

Année	Capacité installée en France (cumulée)	Capacité installée par NORDEX (cumulée)	Part de marché
Avant 2004	399 MW	65 MW	16 %
2005	775 MW	99 MW	13 %
2006	1481 MW	291 MW	20 %
2007	2377 MW	527 MW	22 %
2008	3500 MW	674 MW	19 %
2009	4529 MW	925 MW	20 %
2010	5299 MW	1010 MW	19 %
2011	7092 MW	1017 MW	14 %
2012	7833 MW	1079 MW	14 %
Juillet 2015	7960 MW	1173,5 MW	14%

Tableau 6 : Capacité éolienne installée par NORDEX France et part de marché depuis 2004 - développement interne et externe (source : NORDEX, 2016)

Aujourd'hui, il y a plus de 6 100 éoliennes Nordex en fonctionnement à travers le monde (34 pays), représentant une puissance totale de 10 700 mégawatts. Le groupe est représenté aux quatre coins du globe grâce à un ensemble de filiales dans 15 pays. Cette large présence les dote d'une bonne appréhension des marchés et d'une connaissance des enjeux locaux essentielle compte tenu des évolutions rapides de la filière éolienne à travers le monde.

Nordex SE, dont le siège social est basé à Hambourg en Allemagne, est la maison mère du groupe. Le siège de la direction et du conseil d'administration est également à Hambourg. Le rôle de Nordex SE est de contrôler et de coordonner les activités des deux filiales à 100% que sont Nordex Energy GmbH et Nordex Energy B.V.

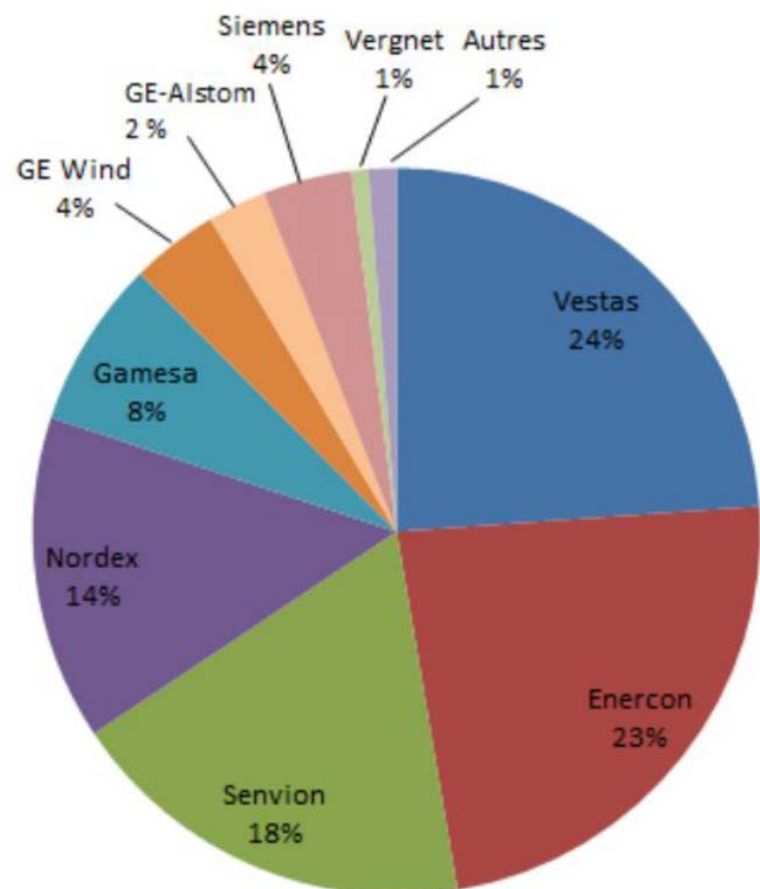


Figure 1 : Répartition par constructeur de la puissance éolienne raccordée totale en France en décembre 2015 (source : FEE, 2016)

2.3. LA FILIALE FRANÇAISE

La société Nordex est active en France depuis le milieu des années 1990, s'imposant notamment sur une large part de l'appel d'offre EOLE 2005.

La société Nordex France fait partie du groupe NORDEX SE. C'est une filiale à 100% de la société NORDEX Energy B.V., comme l'indique la figure ci-dessous.

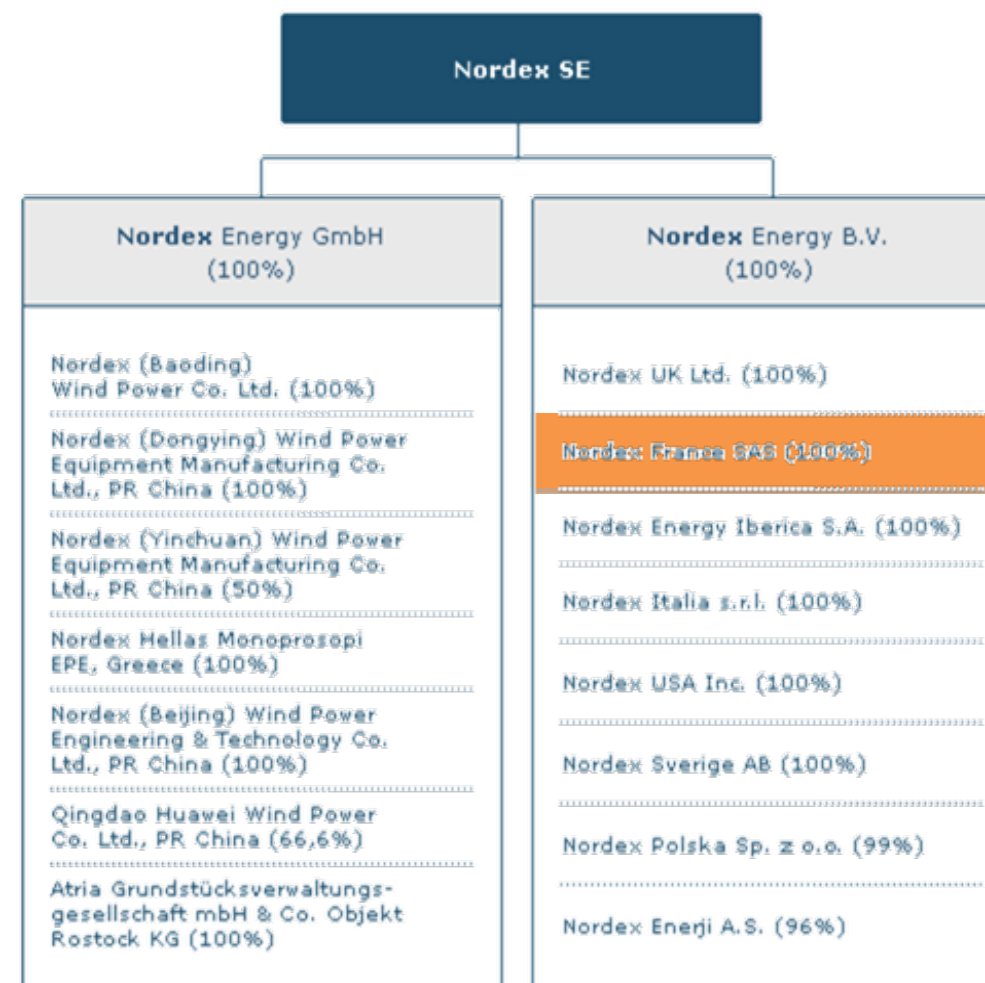


Figure 2 : Structure du groupe NORDEX SE (source : Nordex, 2016)

La filiale Nordex France a été créée en 2001 pour renforcer cette position lorsque le marché français a véritablement démarré. Grâce à leur présence précoce, ils ont su capitaliser leur expérience pour offrir à leurs clients et partenaires des services toujours plus complets et performants bien au-delà de la simple fourniture d'éoliennes : réalisation de chantiers 100% clés-en-main, maintenance et exploitation des éoliennes sur le long terme (s'appuyant sur un large réseau d'antennes locales à travers la France), développement de projets (développement de A à Z ou support à des projets déjà avancés : analyses de production, raccordement électrique, support juridique, ...).

Forte aujourd'hui d'une équipe de plus de 216 personnes en France, Nordex France offre des services à un très large panel de clients : grands groupes énergétiques, développeurs de projets locaux, groupes purement financiers, selon l'ampleur et la nature des services demandés.

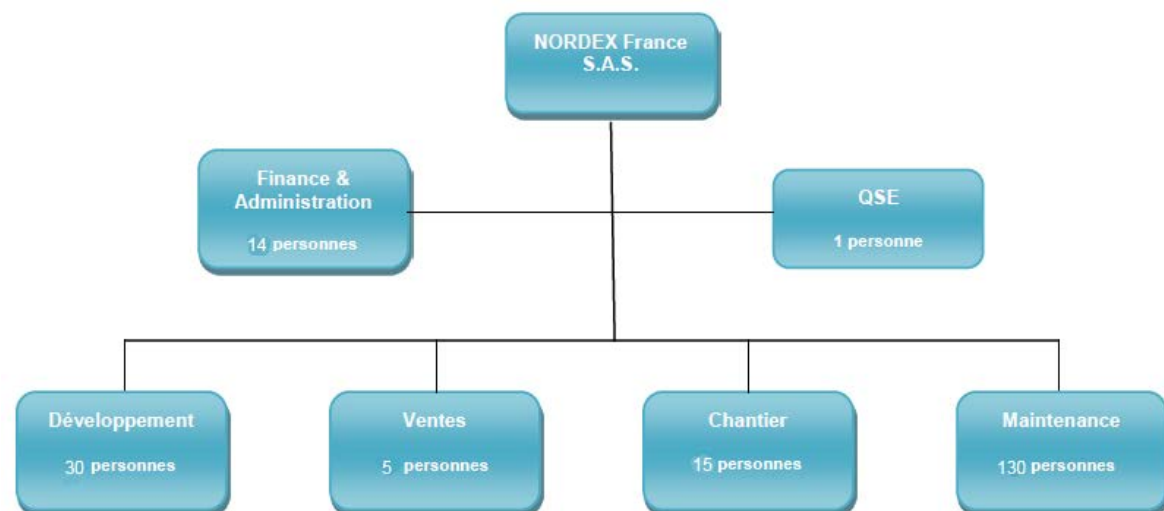


Figure 3 : Organigramme de la société NORDEX France S.A.S. (source : Nordex, 2016)

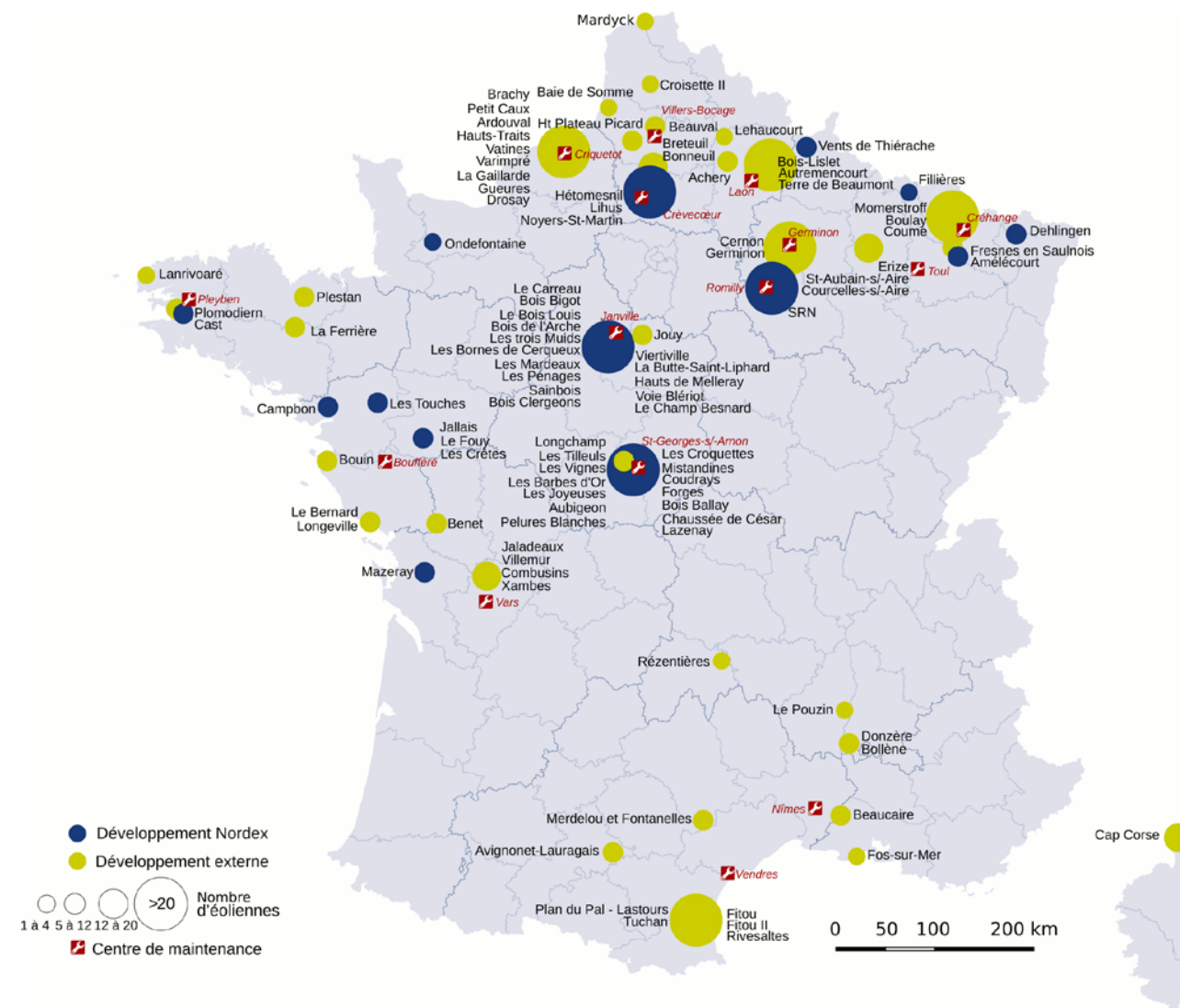
C'est une **Société Anonyme Simplifiée (SAS)** dont le siège social est situé à La Plaine-Saint-Denis (93), en région parisienne, mais la majorité de ses employés est répartie sur le territoire français entre les nombreuses bases de maintenance installées au plus proche des parcs éoliens NORDEX.

Nordex France est parmi les leaders des constructeurs d'éoliennes sur le marché éolien français : sa compétence, son organisation, son service et ses produits sont unanimement reconnus.

2.4. LEURS REALISATIONS

2.4.1. En France

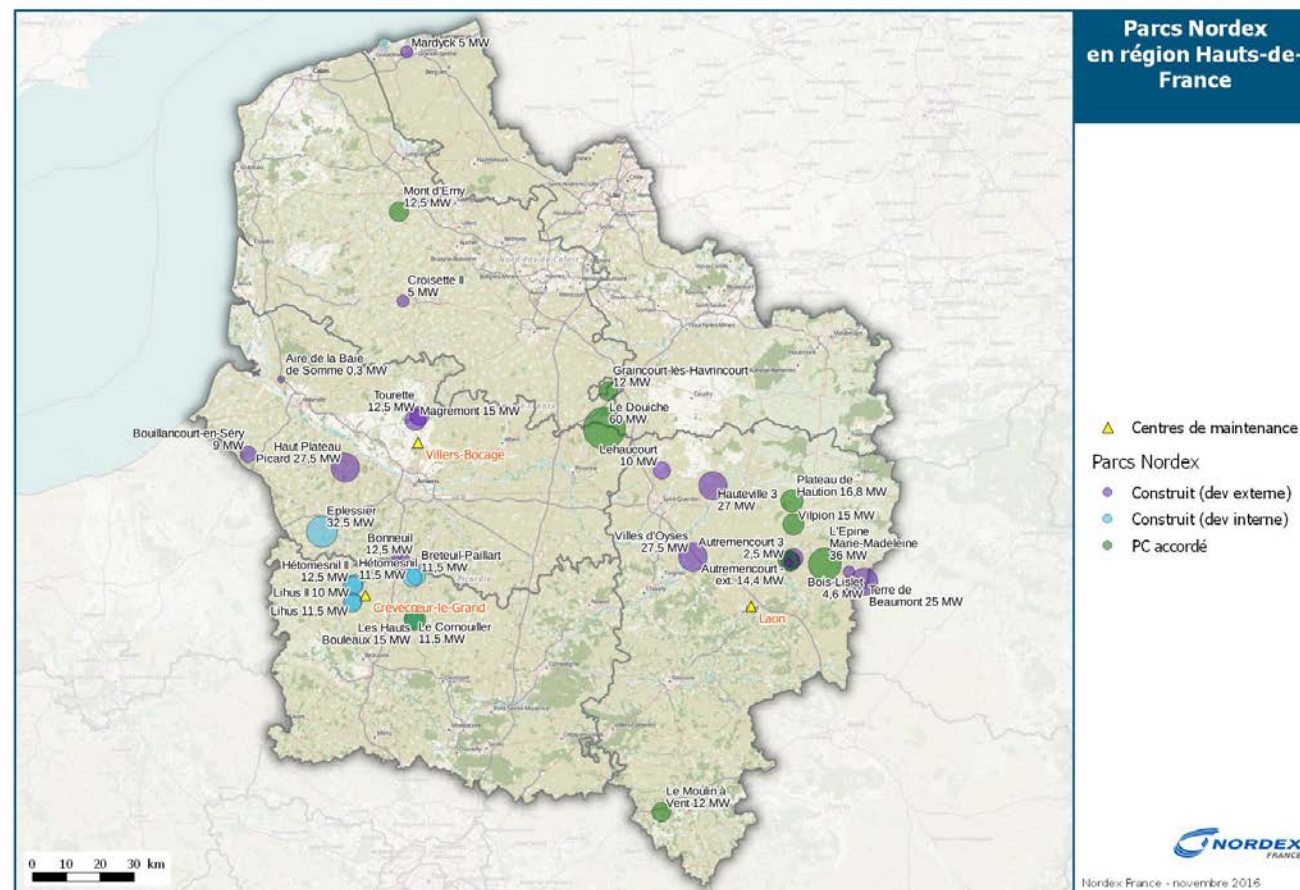
La société Nordex a développé ou construit 1361 MW sur le territoire de la France (comprenant la Corse), soit 619 machines.



Carte 1 : Puissance installée par la société Nordex en France (source : Nordex France, 2016)

2.4.2. En région Hauts-de-France

Dans la région Hauts-de-France, la société NORDEX compte 252,4 MW installés soit 104 éoliennes, dont 80,5 MW soit 34 éoliennes développés par Nordex.



Carte 2 : Parcs éoliens Nordex en région Hauts-de-France (Nordex, 2016)

2.4.3. Dans la région Hauts-de-France et dans le département de l'Aisne

Dans la région Hauts-de-France, la société NORDEX compte 252,4 MW installés soit 104 éoliennes, dont 80,5 MW soit 34 éoliennes développés par Nordex.

Plus particulièrement, au sein du département de l'Aisne, la société Nordex compte :

- 82,1 MW en service
- 85,8 MW dont le permis de construire est accordé (Source : Nordex France, 2016).

La société NORDEX est devenue, depuis 2001, un acteur important du développement de la filière éolienne.

2.5. LOCALISATION DU SITE

2.5.1. Localisation générale

Le projet d'extension du parc éolien de l'Epine Marie-Madeleine est situé dans la région Hauts de France et plus particulièrement dans le département de l'Aisne. Le projet s'étend sur le territoire intercommunal du Pays de la Serre, et sur les territoires communaux de TAVAUX-ET-PONTSERICOURT, MONTIGNY-LE-FRANC et AGNICOURT-ET-SEHELLES.

Ce projet est situé à environ 26 km au Nord-Est du centre-ville de Laon, 15 km au Sud du centre-ville de Vervins, 36 km au Nord-Ouest du centre-ville de Reethel et 5 km à l'Ouest du centre-ville de Montcornet.

2.5.2. Identification cadastrale

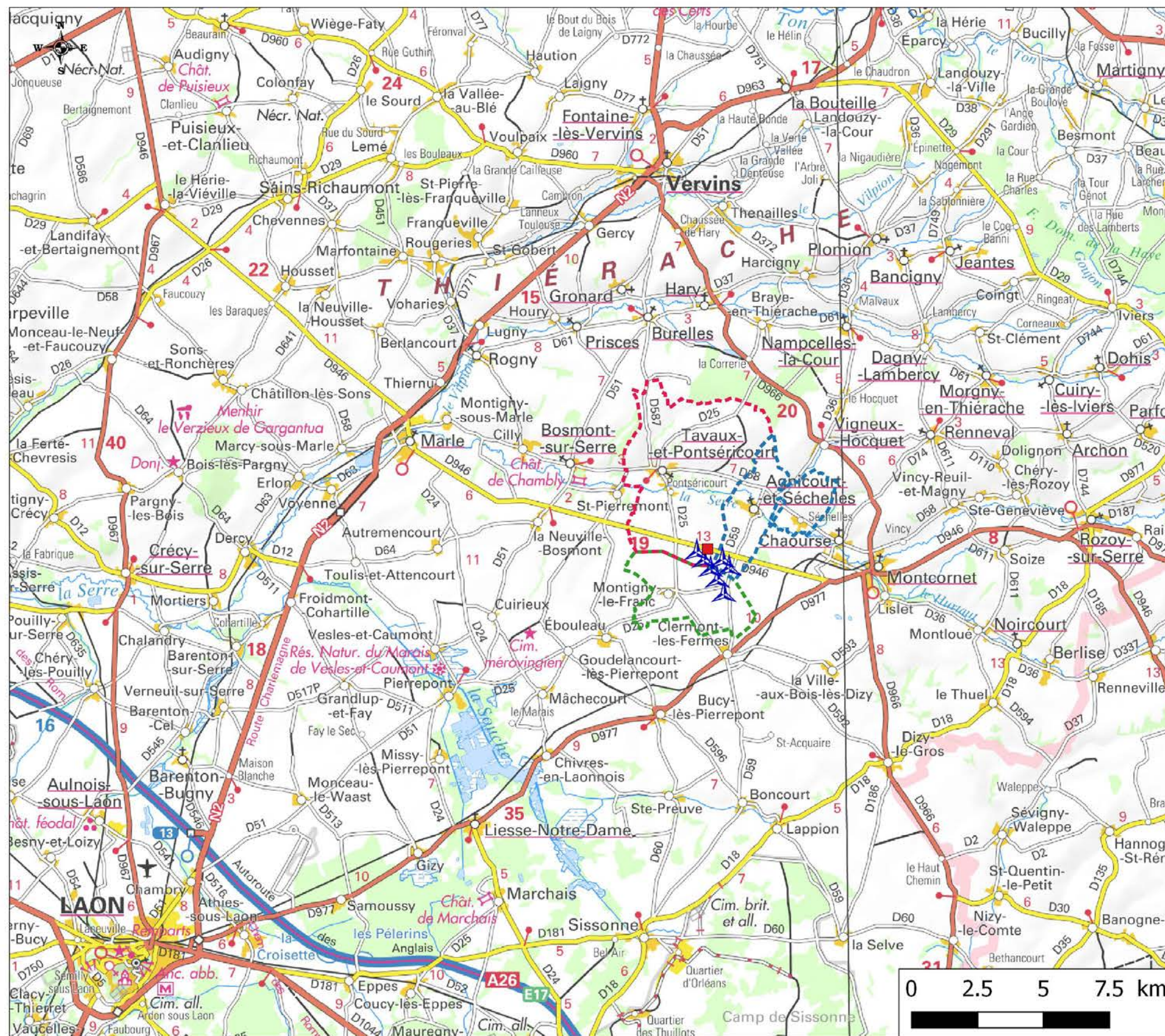
Les parcelles concernées par l'activité de production d'électricité à partir de l'énergie mécanique du vent sont présentées dans le tableau de page suivante. Toutes ces parcelles sont maîtrisées par le Maître d'Ouvrage via des promesses de bail emphytéotique.

Remarque : Le détail de la maîtrise foncière (attestations) se trouve dans le dossier intitulé « Dossier administratif », joint au présent dossier de Demande d'Autorisation d'exploiter.

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

Commune	Parcelle	Surface totale	Type de servitude	Eolienne concernée	Emprise
TAVAUX-ET-PONTSERICOURT	E 132	89 720 m ²	Eolienne + Plateforme	E1	1647,0 m ²
TAVAUX-ET-PONTSERICOURT	E 132	89 720 m ²	Chemin	E1	222,5 m ²
TAVAUX-ET-PONTSERICOURT	E 136	54 050 m ²	Eolienne + Plateforme	E2	1370 m ²
TAVAUX-ET-PONTSERICOURT	E 137	10 161 m ²		E2	
TAVAUX-ET-PONTSERICOURT	E 136	54 050 m ²	Chemin	E2	1754,5 m ²
TAVAUX-ET-PONTSERICOURT	E 137	10 161 m ²		E2	
TAVAUX-ET-PONTSERICOURT	E 140	235 990 m ²	Surplomb	E2	
MONTIGNY-LE-FRANC	ZH 3	30 770 m ²	Eolienne + Plateforme	E3	1531,15 m ²
MONTIGNY-LE-FRANC	ZH 4	25 810 m ²		E3	
TAVAUX-ET-PONTSERICOURT	E 140	235 990 m ²	Surplomb	E3	
AGNICOURT-ET-SEHELLES	ZN 1	430 m ²		E3	
MONTIGNY-LE-FRANC	ZH 36	45 800 m ²	Eolienne + Plateforme	E4	1563,5 m ²
MONTIGNY-LE-FRANC	ZH 37	27 610 m ²	Surplomb	E4	
MONTIGNY-LE-FRANC	ZH 28	28 320 m ²	Eolienne + Plateforme	E5	1370 m ²
MONTIGNY-LE-FRANC	ZI 5	14 330 m ²	Surplomb	E5	
AGNICOURT-ET-SEHELLES	ZA 13	11 280 m ²	Eolienne + Plateforme	E6	1280 m ²
AGNICOURT-ET-SEHELLES	ZK 1	47 600 m ²		E6	
AGNICOURT-ET-SEHELLES	ZK 3	15 240 m ²		E6	
AGNICOURT-ET-SEHELLES	ZK 1	47 600 m ²	Chemin	E6	1582,40 m ²
AGNICOURT-ET-SEHELLES	ZK 2	50 500 m ²	Surplomb	E6	
AGNICOURT-ET-SEHELLES	ZA 11	6 930 m ²		E6	
AGNICOURT-ET-SEHELLES	ZA 12	7 450 m ²		E6	
AGNICOURT-ET-SEHELLES	ZK 5	17 900 m ²	Eolienne + Plateforme	E7	1370 m ²
AGNICOURT-ET-SEHELLES	ZK 5	17 900 m ²	Chemin	E7	489,5 m ²
AGNICOURT-ET-SEHELLES	ZK 4	17 230 m ²	Surplomb	E7	
AGNICOURT-ET-SEHELLES	ZK 6	15 300 m ²		E7	
TAVAUX-ET-PONTSERICOURT	E 136	54 050 m ²	Postes de livraisons 1 et 2		213,3 m ²

Tableau 7 : Identification des parcelles cadastrales (source : NORDEX, 2016)



Source: Scan 100® ©IGN PARIS - Licence ATER Environnement - Copie et reproduction interdite
Réalisation ATER Environnement Novembre 2016.

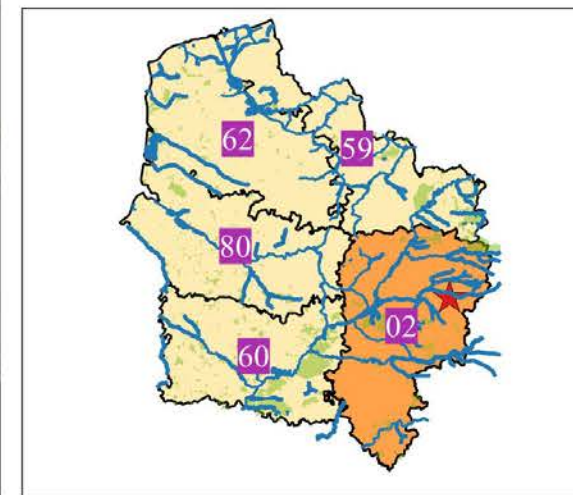
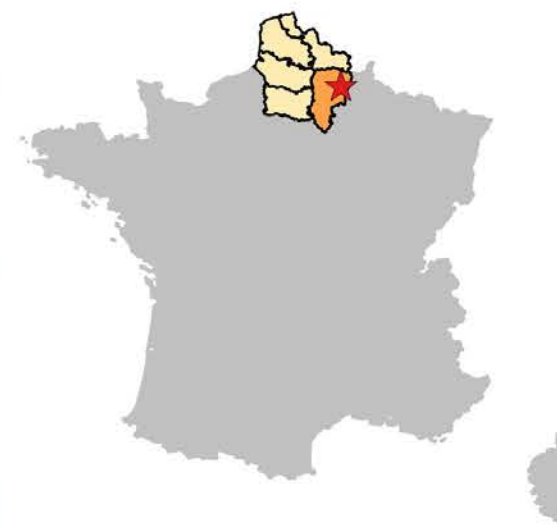
Localisation géographique

Légende

- Eolienne
- Poste de livraison
- Localisation du projet

Limites communales

- Tavaux-et-Pontséricourt
- Agnicourt-et-Séchelles
- Montigny-le-Franc



Carte 3 : Localisation géographique de l'installation

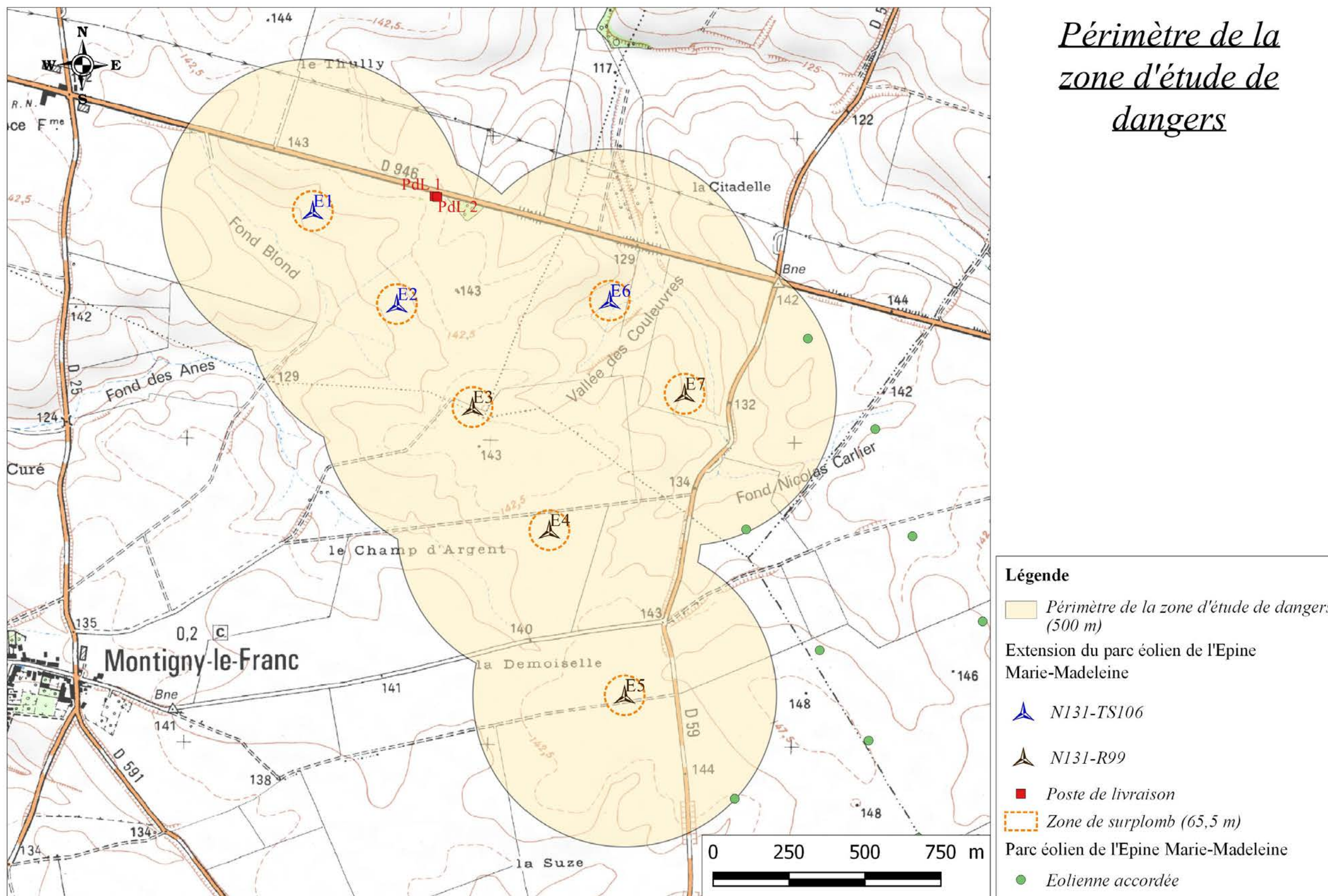
2.6. DEFINITION DU PERIMETRE DE L'ETUDE

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.

Périmètre de la zone d'étude de dangers



Source: Scan 100® - Copie et reproduction interdites
Réalisation ATER Environnement Août 2017.

Carte 4 : Périmètre d'étude de dangers

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 TAVAU-ET-PONTSERICOURT (RNU) :**
 - La ferme de l'Espérance à 860 m de E1, 1 250 m de E2 et 1 880 m de E6 ;
 - Tavaux-et-Pontséricourt à 2 180 m de E1.
- **Territoire de MONTIGNY-LE-FRANC (RNU) :**
 - Montigny-le-Franc à 1 500 m de E3, 1 550 m de E2 et de E4, 1 730 m de E5 et 2 120 m de E7.
- **Territoire d'AGNICOURT-ET-SEHELLES (RNU) :**
 - Agnicourt-et-Séchelles à 2 070 m de E6 et à 2 250 m de E7.
- **Territoire de CLERMONT-LES-FERMES :**
 - Clermont-lès-Fermes à 2 100 m de E5.
- **Territoire de BUCY-LES-PIERREPONT :**
 - Rougemont à 2 600 m de E5.
- **Territoire de CHAOURSE :**
 - Chaourse à 3 580 m de E7.

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 TAVAU-ET-PONTSERICOURT, MONTIGNY-LE-FRANC et AGNICOURT-ET-SEHELLES

Les territoires communaux intégrant le périmètre d'étude de dangers sont TAVAU-ET-PONTSERICOURT, MONTIGNY-LE-FRANC et AGNICOURT-ET-SEHELLES, communes d'accueil du projet.

L'estimation de la population de ces communes est indiquée dans le tableau ci-dessous (Recensement Général de la Population, 2012).

Commune	Nb Habitant	Densité (Hab./m ²)	Nb de logement	Maisons individuelles
Tavaux-et-Pontséricourt	599	23,6	283	97,2 %
Montigny-le-Franc	154	15,6	83	100 %
Agnicourt-et-Séchelles	202	18,7	103	98,6 %

Tableau 8 : Quelques indicateurs de la population et leur logement (Insee, 2012)

La diminution du nombre d'habitants de la commune d'Agnicourt-et-Séchelles entre 1982 et 2007 s'explique par des soldes naturels et apparents majoritairement négatifs sur cette période. Le solde apparent positif de la commune entre 2007 et 2012 compensant amplement le solde naturel, celui-ci a permis à la commune d'inverser la tendance sur cette dernière période. Suivant une tendance similaire à la commune d'Agnicourt-et-Séchelles, la commune de Tavaux-et-Pontséricourt a vu sa population ré-augmenter sur la période 2007-2012 grâce au passage de ses deux soldes en positif.

La diminution de la population de Montigny-le-Franc s'explique par une majorité de soldes neutres ou négatifs entre 1982 et 2012, qui ne sont pas compensés par les quelques soldes naturels positifs.

La densité de population estimée en 2012 à l'échelle des communes de Tavaux-et-Pontséricourt, Montigny-le-Franc et Agnicourt-et-Séchelles s'établit respectivement à 23,6, 15,6 et 18,7 hab./km². Ces valeurs sont inférieures à celles de leur intercommunalité qui est de 35,2 hab./km², et du département (73,4 hab./km²). Ceci illustre le **caractère rural** de ces territoires communaux.

De manière générale, l'habitat est constitué en grande majorité de maisons individuelles (moyenne de 98,6 %). Notons que ces territoires comptent peu de zones urbanisées. **L'habitat est donc concentré.**

Document d'urbanisme

Les territoires communaux de Tavaux-et-Pontséricourt, Montigny-le-Franc et Agnicourt-et-Séchelles ne disposent ni d'un Plan Local d'Urbanisme (PLU) rendu public ou approuvé, ni d'un document ayant la même fonction. Ils sont donc soumis au **Règlement National d'Urbanisme** (RNU).

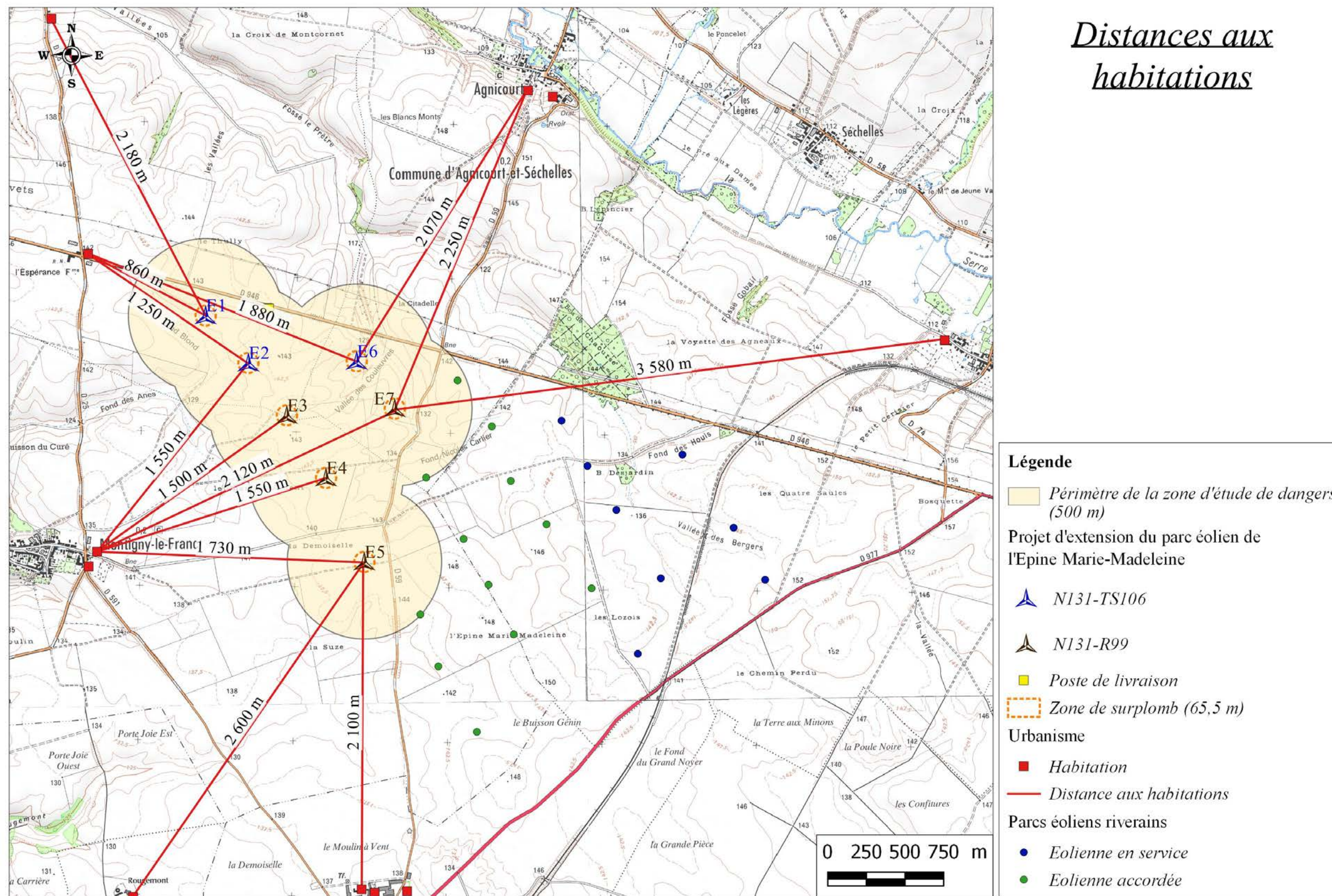
⇒ Le projet d'extension du parc éolien de l'Epine Marie-Madeleine est compatible avec le Règlement National d'Urbanisme .

Les communes du périmètre d'étude de dangers intègrent le SCoT (Schéma de Cohérence Territoriale) Pays de la Serre, qui est en cours d'élaboration depuis 2013.

A l'heure de la rédaction de ce document, seule la version n°4 du PADD datant du 25 février 2016 est disponible. Celui-ci stipule que « la réalité paysagère locale donne corps, sur le plan paysager, aux orientations du Schéma Régional Climat-Air-Energie (SRCAE qui intègre le Schéma Paysager Eolien de l'Aisne) qui privilégient, pour les 26 communes de la Serre situées en zone favorable, la densification des projets existants et la création de pôles de densification des éoliennes ». De plus, « le caractère rural du territoire constitue un atout majeur quant à sa politique énergétique. **Toutes les formes d'équipements de production d'énergies renouvelables pourront être aménagées, le Pays de la Serre accompagnant plus particulièrement les projets d'installation à fort potentiel de production d'énergies renouvelables :**

- En lien avec le Schéma Régional Eolien de Picardie, le Pays de la Serre favorisera l'implantation de mâts éoliens dans les secteurs identifiés favorables ;
- Etc. »

Distances aux habitations



Source: Scan 100® - Copie et reproduction interdites
Réalisation ATER Environnement Août 2017.

Carte 5 : Distances aux premières habitations

3.1.2. Etablissement recevant du public (ERP)

Aucun établissement recevant du public n'est présent sur le territoire de la zone d'étude de dangers. L'établissement le plus proche est la mairie de Montigny-le-Franc, localisée à 1,7 km au Sud-Ouest de E3.

⇒ Aucun établissement recevant du public n'est présent sur le territoire de la zone d'étude de dangers.

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

Installations nucléaires de base

Aucune centrale nucléaire n'est présente dans le département. La centrale nucléaire la plus proche est celle de Chooz, localisée à environ 75 km au Nord-Est de l'éolienne E6, 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 Tavaux-et-Pontséricourt, Montigny-le-Franc et Agnicourt-et-Séchelles.

L'installation SEVESO « Seuil Haut » la plus proche appartient à la société BAYER SAS. Elle est localisée sur le territoire communal de Marle ; à 11,9 km au Nord-Ouest de l'éolienne E1, la plus proche. L'établissement SEVESO « Seuil Bas » le plus proche appartient à l'entreprise CITRA à Moy-de-l'Aisne. Elle est localisée à environ 40 km à l'Ouest de E1.

⇒ 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.), **six sites en activité sont répertoriés sur le territoire communal de Tavaux-et-Pontséricourt, mais aucun site en fonctionnement n'est répertorié sur les communes de Montigny-le-Franc et d'Agnicourt-et-Séchelles** (source : installationsclassées.developpement-durable.gouv.fr, 2016) :

Commune	Etablissements	Etat	Distance à E1 (éolienne la plus proche)
Tavaux-et-Pontséricourt	Sucrerie	Inconnu	2,4 km au Nord-Ouest
	Scierie	Inconnu	2,5 km au Nord-Ouest
	Fabrication de matériels agricoles TAVOMAT	Inconnu	3 km au Nord-Ouest
	Station-service TRANCART	Inconnu	3 km au Nord-Ouest
	Station-service et garage TRANCART	Inconnu	3 km au Nord-Ouest
	Menuiserie FOURNIVAL	Inconnu	Localisation inconnue

Tableau 9 : Liste des établissements ICPE présents sur un des territoires d'accueil (source : Basias, Novembre 2016)

⇒ Aucun établissement ICPE (hors éolien) n'intègre le périmètre de la zone d'étude de dangers. Le plus proche est la sucrerie de Tavaux-et-Pontséricourt, située à 2,4 km au Nord-Ouest de l'éolienne E1.

Etablissement ICPE éolien

Deux parcs éoliens sont présents sur le territoire communal de Chaourse (Parcs éoliens de Chaourse Aisne III et IV). Chaque parc comporte 4 éoliennes, de puissance nominale de 2,15 MW. Le parc le plus proche (parc éolien de Chaourse Aisne III) est localisé à 1 km de E7.

Le parc éolien de l'Epine Marie-Madeleine, dont l'extension est étudiée dans ce document, est, à l'heure de la rédaction de ce document, accordé. Il est localisé au plus près à 450 m de l'éolienne E7, la plus proche. Les éoliennes des deux parcs les plus proches sont donc éloignées de plus de leur hauteur totale.

⇒ Un parc éolien accordé, le parc de l'Epine Marie-Madeleine, a trois de ses éoliennes dans la zone d'étude de dangers.

3.1.4. Autres activités

Le périmètre d'étude de dangers recouvre principalement des champs de culture de plaine, où une activité agricole est exercée.

3.2. ENVIRONNEMENT NATUREL

3.2.1. Contexte climatique

Le climat de l'ancienne région Picardie dépend de la circulation atmosphérique, qui affecte une bonne partie de l'Europe du Nord-Ouest. Le climat de la Picardie, **tempéré et océanique**, subit également l'influence de la latitude. Cette région au relief modéré commence à subir les effets dus à l'éloignement de la mer : hiver plus froid, été plus chaud, orages plus fréquents que sur le littoral.

Le climat de l'Aisne est **de type atlantique humide et frais**, aux vents d'Ouest dominants, et avec une forte nébulosité et un régime pluvieux régulier (plus important sur la Thiérache).

La station de référence la plus proche est celle de Montcornet, localisée à 5,2 km à l'Est de la zone d'implantation du projet. Cependant, les données de cette station ne sont pas disponibles. De ce fait, le choix s'est reporté sur l'autre station la plus proche de la zone d'implantation du projet : celle de Reims-Champagne (appelée également Reims-Courcy), située sur la base militaire de Courcy (BA 112), à 48 km au Sud.

Température

Le climat doux se vérifie, puisqu'on compte 10,4°C de température moyenne annuelle au niveau de la station de Reims-Champagne et des variations saisonnières moyennes (+/- 5°C en été et en hiver).

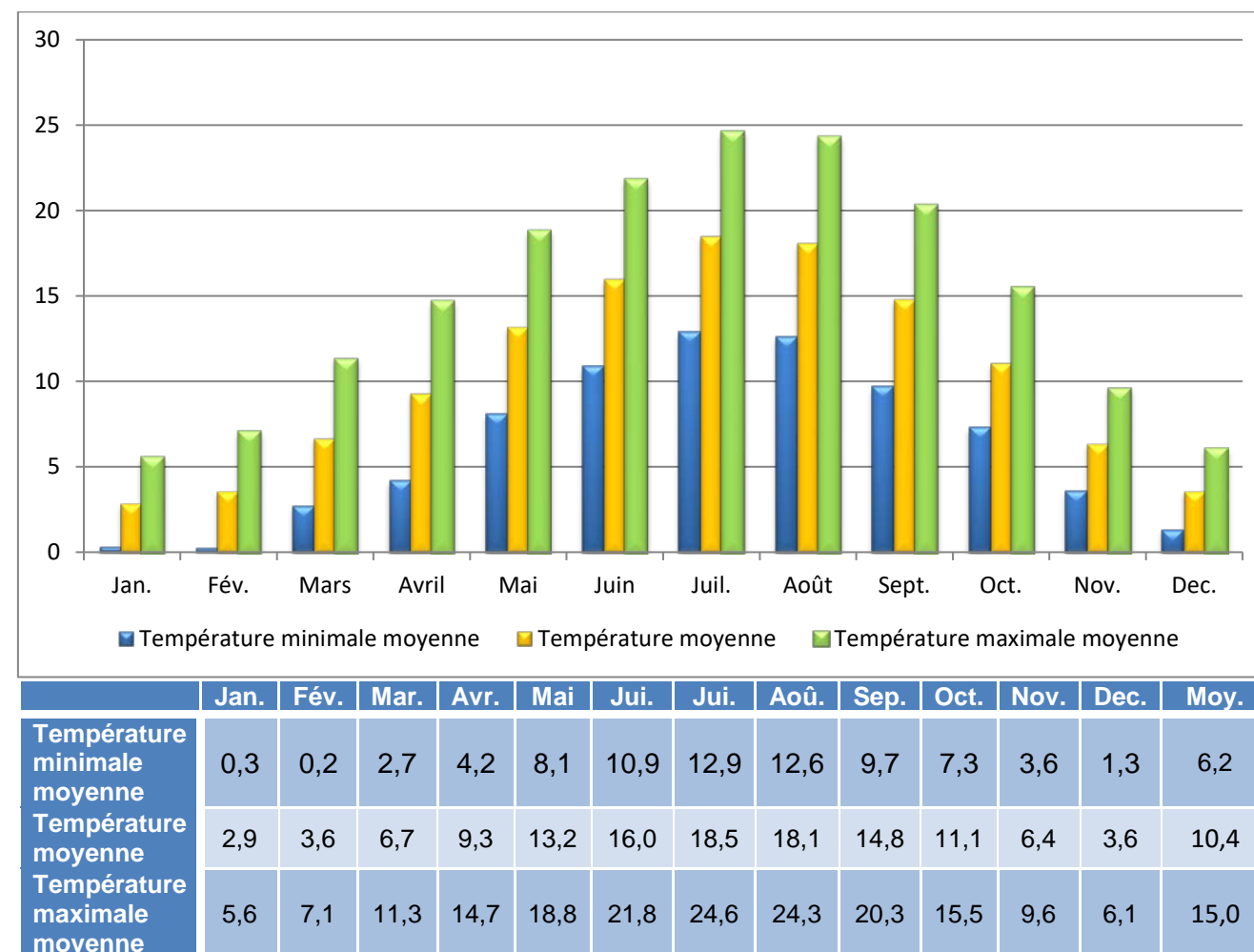


Figure 4 : Illustration des températures de 1981 à 2010 – Station de Reims-Champagne (source : Infoclimat.fr, Station de Reims-Champagne 2016)

Pluviométrie

Les précipitations sont réparties également toute l'année, avec des maximums en été et sur le mois de Novembre (plus du double de précipitations qu'en moyenne), le mois de février étant le plus sec. Contrastant avec l'image pluvieuse de la région, le total annuel des précipitations est relativement élevé avec 739,8 mm à Reims-Champagne ; soit légèrement inférieur à la station de Nice (767 mm).

De plus, le nombre de jours de pluie (63 à Nice, 171 à Saint-Quentin) confirme le caractère océanique du climat.

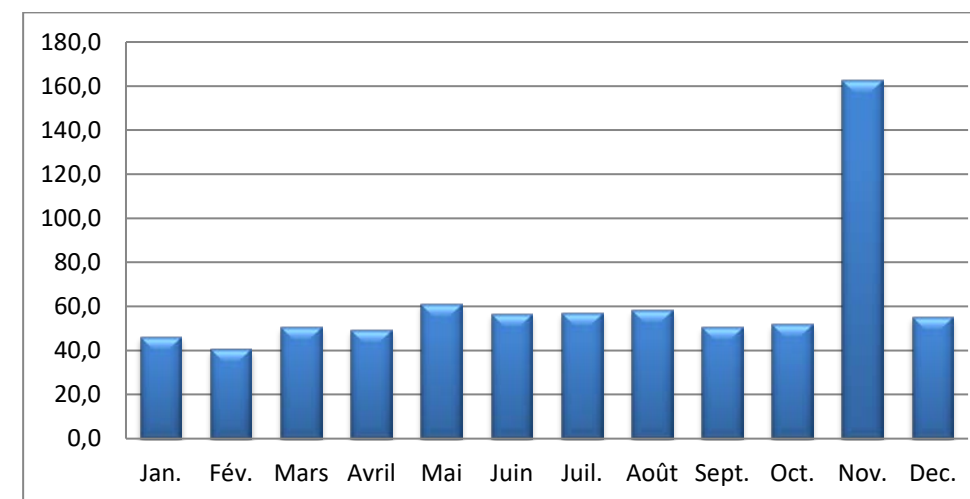


Figure 5 : Illustration des précipitations de 1981 à 2010 – Station de Reims-Champagne (source : Infoclimat.fr, Station de Reims-Champagne 2016)

Neige, gel

La ville de Reims compte environ 21 jours de neige par an contre 14 jours par an pour la moyenne nationale. Elle connaît également plus de 69 jours de gel par an, contre une moyenne de 50 jours de gel par an en France.

Orage, grêle, brouillard, tempête

La ville de Reims compte 21 jours d'orage par an. Elle connaît également plus de 65 jours de brouillard contre 40 jours par an pour la moyenne nationale. Enfin, elle compte 4 jours de grêle par an en moyenne.

Le climat est faiblement orageux avec une densité de foudroiement (15), inférieure à celle au niveau national (20).

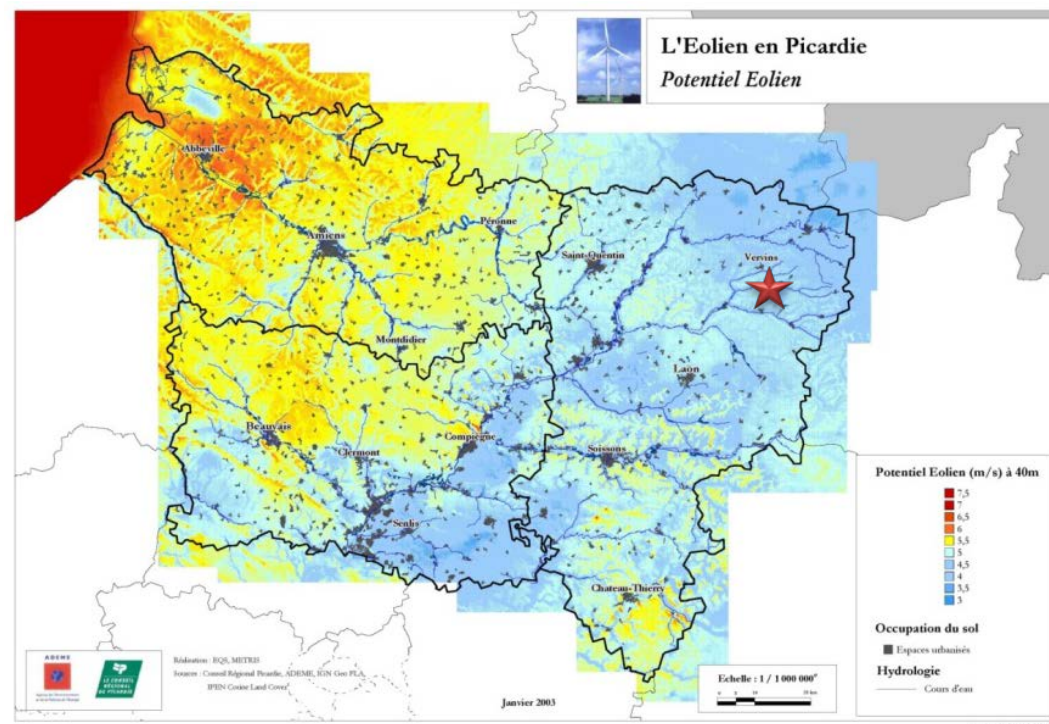
Le vent est dit fort lorsque les rafales dépassent 57 km/h. La ville de Reims connaît plus de 43 jours par an de vent fort.

Ensoleillement

Le secteur d'étude bénéficie d'un ensoleillement inférieur à la moyenne nationale : plus de 1 687 h pour la station de Reims-Champagne contre 1 973 h pour la moyenne française.

Analyse des vents

D'après l'Atlas Régional Eolien de l'ancienne région Picardie, la zone d'implantation du projet bénéficie de conditions favorables au développement de projets éoliens, puisque le potentiel éolien du secteur est estimé entre 4,0 et 5,0 m/s à 40 m d'altitude.



Carte 6 : Gisement éolien de la Picardie, à 40 m d'altitude (source : Atlas Régional Eolien, 2003)

Le gisement éolien identifié a été réalisé à l'échelle régionale.

Un mât de mesure d'une hauteur de 80 mètres a été installé entre mars 2013 et septembre 2015 sur la commune de Chaourse. Ce mât permet de préciser les caractéristiques des vents localement. Ce mât de mesure est équipé de plusieurs anémomètres, de deux girouettes, d'une sonde de température et d'un capteur de pression, afin d'évaluer finement le gisement éolien local. Les relevés sont effectués avec une fréquence de 1 Hertz, avec enregistrement des moyennes sur 10 minutes 24h/24, 365 jours par an.

Ce mât de mesure a révélé une vitesse de vent sur la zone d'implantation du projet comprise entre 6 et 7 m/s à 80 m.

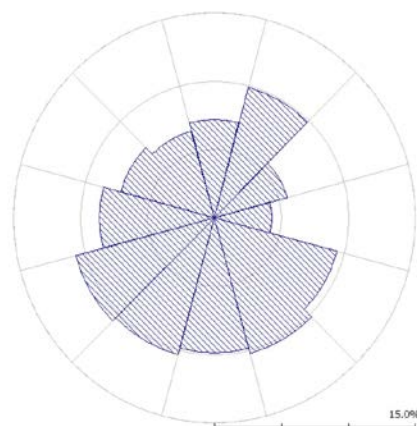


Figure 6 : Rose des vents (source : Nordex)

Les vents dominants viennent du Sud et du Sud-Ouest, avec une fréquence de 10 %. Dans une moindre mesure, les vents du Nord-Est sont également représentés avec une fréquence d'environ 10%.

⇒ 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 de l'Aisne d'un dossier Départemental des Risques Majeurs (DDRM) approuvé le 3 décembre 2001. Il a fait l'objet de plusieurs révisions. C'est sur la dernière version du 24 mars 2015 que s'appuie cette analyse.

⇒ Notons que l'arrêté préfectoral de l'Aisne, en date du 24 mars 2015 et fixant la liste des communes concernées par un ou plusieurs risques majeurs, indique que les territoires d'accueil du projet sont concernés par les risques listés dans le tableau ci-dessous.

	PPR				Risques					
	I	ICB	MVT	T	S1	S2	RD	TMD	Se	Si
Agnicourt-et-Séchelles	X				1					
Montigny-le-Franc	Non soumise à un risque identifié									
Tavaux-et-Pontséricourt	X				1					

Tableau 10 : Risques présents sur les communes d'accueil du projet (source : DDRM 02, 2015)

Légende :

- **PPR** : Plan de prévention des risques ;
- **I** : Inondation ;
- **ICB** : Inondations et coulées de boue ;
- **MVT** : Mouvements de terrain ;
- **T** : Technologiques ;
- **S1** : Sismicité très faible ;
- **S2** : Sismicité faible ;
- **RD** : Rupture de barrage ou de digue ;
- **TMD** : Transport de matières dangereuses ;
- **Se** : SEVESO ;
- **Si** : Silo.

Arrêtés de catastrophes naturelles

Les communes envisagées pour l'accueil du parc éolien ont fait l'objet d'arrêtés de catastrophe naturelle (source : prim.net, 2016) pour cause de :

Commune	Nature de la catastrophe naturelle	Date arrêté
Agnicourt-et-Séchelles	Inondations et coulées de boue	11/01/1994
	Inondations et coulées de boue	06/02/1995
	Inondations, coulées de boue et mouvements de terrain	29/12/1999
Montigny-le-Franc	Inondations, coulées de boue et mouvements de terrain	29/12/1999
	Inondations et coulées de boue	19/10/1988
Tavaux-et-Pontséricourt	Inondations et coulées de boue	11/01/1994
	Inondations et coulées de boue	06/09/1994
	Inondations et coulées de boue	06/02/1995
	Inondations, coulées de boue et mouvements de terrain	29/12/1999
	Inondations et coulées de boue	30/04/2003
	Inondations et coulées de boue	30/03/2011

Tableau 11 : Inventaires des arrêtés de catastrophe naturelle sur les territoires d'accueil du projet (source : prim.net, Novembre 2016)

Inondation

Définition

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

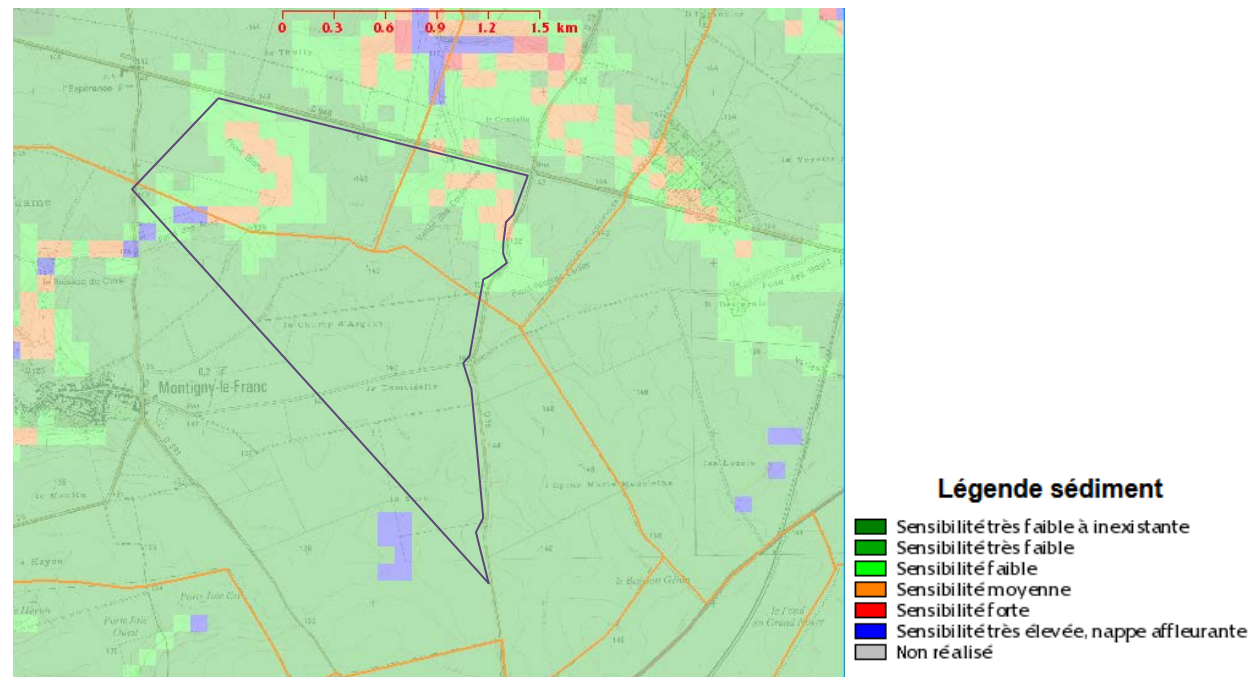
On distingue trois types d'inondations :

- 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

La zone d'implantation potentielle a une sensibilité allant de très faible à très élevée aux inondations par remontée de nappes. (source : inondationsnappes.fr).



Carte 7 : Sensibilité des territoires d'accueil aux phénomènes d'inondations par remontée de nappe – Légende : Polygone violet / zone d'implantation du projet (source : inondationsnappes.fr, Juin 2016)

Inondation par débordement de cours d'eau

Les communes de Tavaux-et-Pontséricourt et d'Agnicourt-et-Séchelles font l'objet d'un Plan de Prévention du Risque Inondation (PPRi). Il s'agit du PPRi de la Vallée de la Serre dans sa partie amont entre Montigny-sous-Marle et Rouvroy-sur-Serre. Celui-ci ne contenait initialement pas les deux communes, elles n'ont été ajoutées que récemment. L'arrêté portant approbation de la modification du Plan de Prévention des Risques Inondations de la Vallée de la Serre dans sa partie amont entre Montigny-sous-Marle et Rouvroy-sur-Serre date du 11 décembre 2015 pour la commune de Tavaux-et-Pontséricourt, et du 14 août 2015 pour la commune d'Agnicourt-et-Séchelles. La zone d'implantation du projet n'est cependant pas concernée par le zonage réglementaire du PPRi.

La commune de Montigny-le-Franc ne fait l'objet d'aucun PPRi.

- ⇒ La zone d'implantation du projet a une sensibilité très faible à très élevée aux inondations par remontée de nappe ;
- ⇒ Bien que les communes de Tavaux-et-Pontséricourt et d'Agnicourt-et-Séchelles intègrent un Plan de Prévention du Risque Inondation, la zone d'implantation du projet n'intègre aucun zonage réglementaire.

Mouvements de terrain

Définition

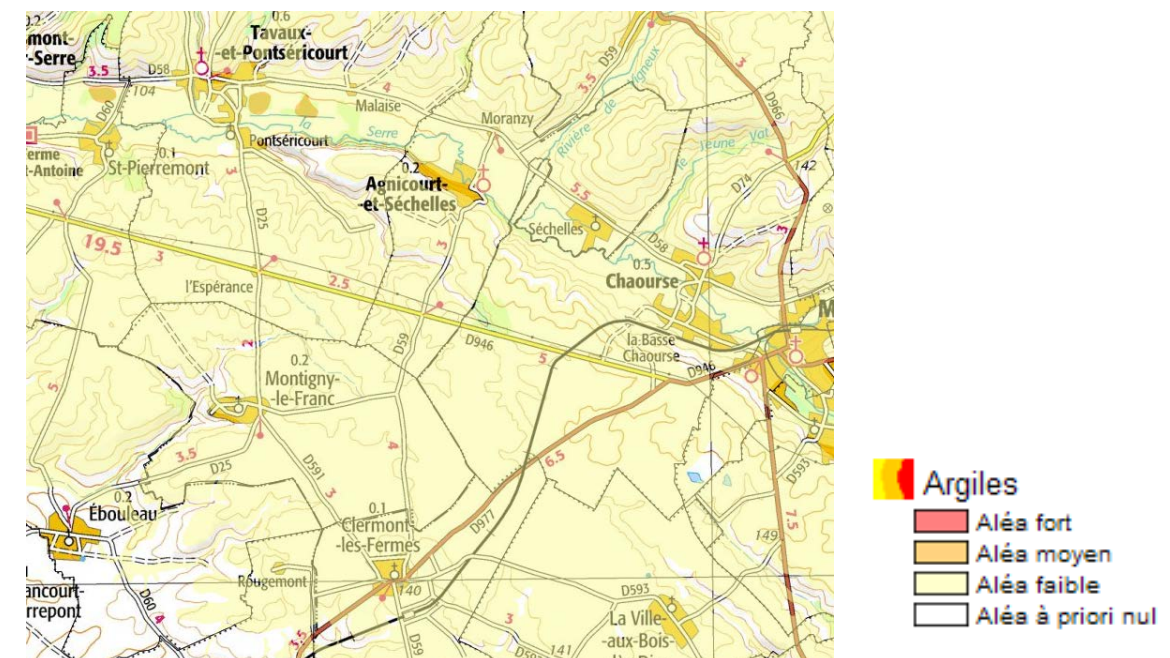
Les mouvements de terrain regroupent un ensemble de déplacements, plus ou moins brutaux, du sol ou du sous-sol, d'origine naturelle ou anthropique. Les volumes en jeu sont compris entre quelques mètres cubes et quelques millions de mètres cubes. Les déplacements peuvent être lents (quelques millimètres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

Sur le territoire d'étude

Relatif à la présence de cavités : les territoires d'accueil du projet ne présentent aucune cavité (source : géorisques.gouv.fr, Novembre 2016). La cavité la plus proche est une carrière localisée à 4,8 km au Nord-Est de E6, sur la commune de Vigneux-Hocquet.

⇒ Aucune cavité n'est présente sur les territoires des communes d'accueil du projet.

Relatif à l'aléa retrait et gonflement des argiles :



Carte 8 : Aléa retrait-gonflement des argiles sur le site d'étude – Légende : Polygone violet / zone d'implantation du projet (source : géorisques.gouv.fr, Novembre 2016)

⇒ La zone d'implantation du projet est soumise à un aléa retrait-gonflement des argiles faible. Ce point sera confirmé ou infirmé par la réalisation de sondages lors de la phase de travaux.

Risque sismique

Définition

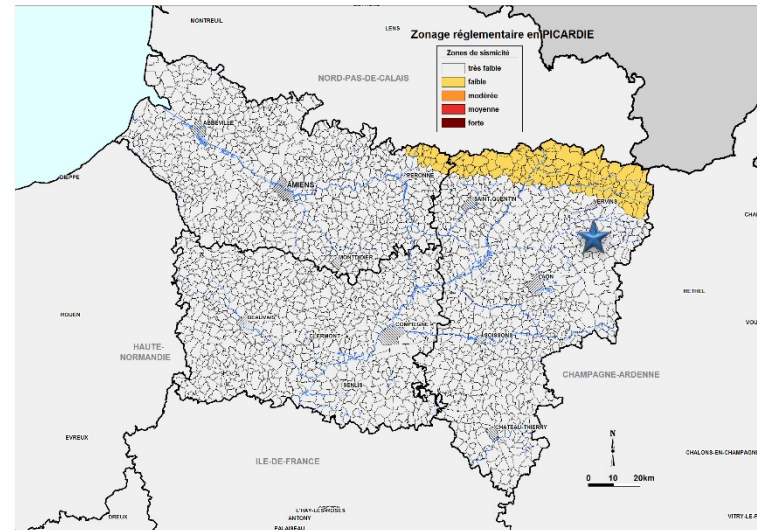
Un séisme est une fracturation brutale des roches en profondeur créant des failles dans le sol et parfois en surface, et se traduisant par des vibrations du sol transmises aux bâtiments. Les dégâts observés sont fonction de l'amplitude, de la durée et de la fréquence des vibrations.

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 1 (très faible). Il n'y a pas de prescription particulière pour les bâtiments à risque normal.



Carte 9 : Zone sismique dans l'Aisne – Légende : Etoile bleue / localisation du site (source : planseisme.fr, 2016)

⇒ La zone d'implantation du projet est soumise à un risque sismique très faible.

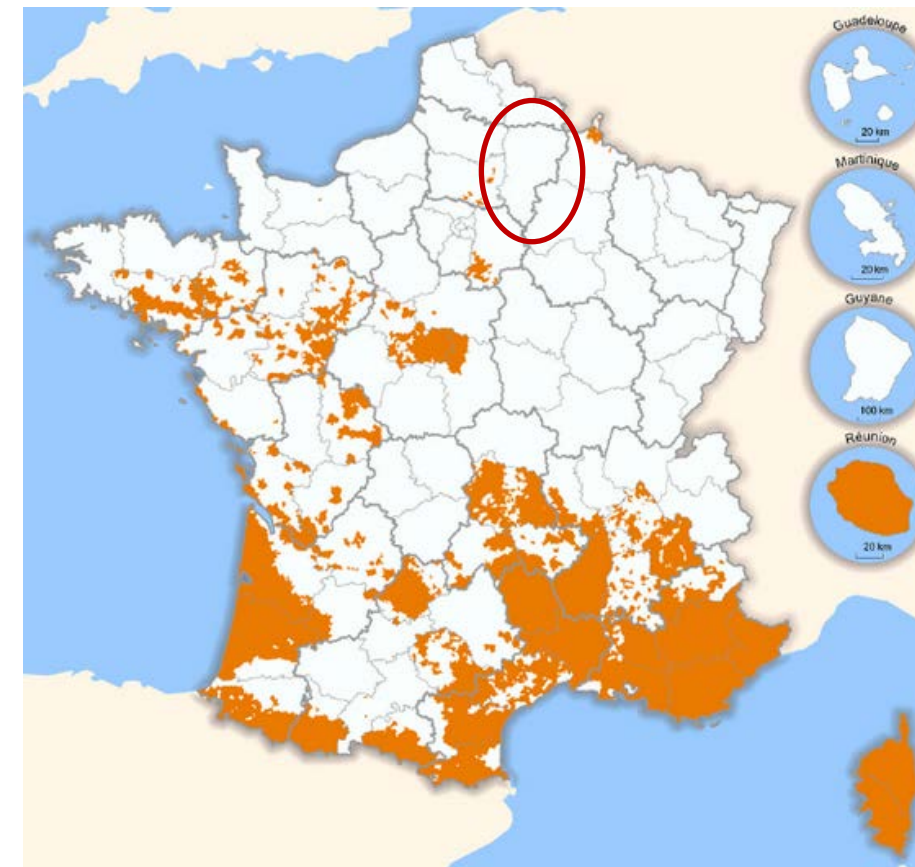
Feux de forêt

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 10 : Localisation des communes exposées aux risques de feux de forêts – Légende : Orange / Communes exposées, Cercle rouge / Département de l'Aisne (MEEDM, base de données Gaspar, mars 2010)

Sur le territoire d'étude

Le Dossier Départemental des Risques Majeurs de l'Aisne ne qualifie pas le risque incendie de forêt. Il peut donc être considéré comme très faible.

⇒ La zone d'implantation du projet est soumise 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 Dossier Départemental des Risques Majeurs de l'Aisne ne qualifie pas le risque de tempête. Ce risque peut être considéré comme faible.

⇒ La zone d'implantation du projet est soumise à un risque de tempête faible.

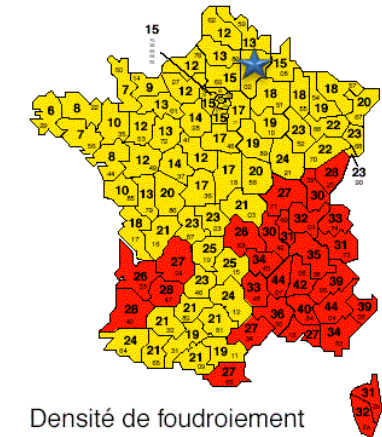
Foudre

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 km² dans une région.

Sur le territoire d'étude

Le climat global du département est faiblement orageux (densité de foudroiement de 15 nettement inférieure à la moyenne nationale de 20).



Densité de foudroiement

Carte 11 : Densité de foudroiement en France métropolitaine - Légende : Etoile / Localisation du projet (source : Météo France)

⇒ La zone d'implantation du projet est soumise à un risque de foudroiement faible.

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 :

Par courrier du 13 mars 2016, la Direction de la Sécurité Aéronautique d'Etat précise que, « après consultation des différents organismes de la défense concernés par [notre] projet éolien pour des aérogénérateurs d'une hauteur sommitale de 165 mètres, pale haute à la verticale, sur le territoire des communes de Tavaux-et-Pontséricourt, Agnicourt-et-Séchelles, Chaourse et Montigny-le-Franc (02) transmis par le courriel de référence a), [ils ont] l'honneur de porter à [notre] connaissance qu'il ne fait l'objet d'aucune prescription locale, selon les principes actuellement appliqués. ». Une autre demande a été réalisée pour des éoliennes d'une hauteur de 171,5 m, mais à l'heure du dépôt aucune réponse n'a été reçue.

Relatif à l'aviation civile :

Relatif à la Direction Générale de l'Aviation Civile, une demande sur la présence éventuelle de contrainte aéronautique a été réalisée en date du 18 Novembre 2016. A la date de dépôt du présent dossier, aucune réponse de la part de la DGAC n'a été réceptionnée.

⇒ A la date du dépôt du dossier, aucune réponse de la part de la DGAC et de l'aviation militaire (pour des éoliennes d'une hauteur de 171,5 m) n'a été réceptionnée.

Infrastructure routière présente sur le périmètre d'étude

Le domaine routier est confié au Conseil Départemental de l'Aisne.

Sur le périmètre d'étude de dangers

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

- Deux routes départementales :
 - ✓ La RD 946 reliant Catillon-sur-Sambre à Montcornet ;
 - ✓ La RD 59, reliant La Selve à Vigneux-Hocquet.
- Une portion de voie communale, identifiée Vc sur la carte ;
- Sept chemins communaux, identifiés Cc sur la carte.

Définition du trafic

La portion de RD 946 traversant le périmètre d'étude de dangers supporte un trafic routier de 1 279 véhicules par jour (voitures et poids-lourds, 2013) dont 12 % sont représentés par des poids-lourds au niveau du passage à niveau à l'Ouest de Montcornet (source : Conseil Général de l'Aisne, 2016).

La portion de RD 59 traversant le périmètre d'étude de dangers supporte un trafic routier de 79 véhicules par jour (voitures et poids-lourds, 2013) dont 25,4 % sont représentés par des poids-lourds (source : Conseil Général de l'Aisne, 2016).

Ces deux routes départementales sont donc non structurantes, car leur trafic est inférieur à 2 000 véhicules/jour.

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.

Numéro de l'éolienne	Distance à la RD 946 (m)	Distance à la RD 59 (m)	Distance à la Vc (m)	Distance aux Cc (m)
E1	160	-	-	250 Cc1 410 Cc3
E2	380	-	-	300 Cc3 340 Cc4
E3	-	-	-	70 Cc4 360 Cc5
E4	-	440	340	50 Cc4 480 Cc6
E5	-	170	220	270 Cc6 10 Cc7
E6	190	490	-	230 Cc2
E7	420	140	-	320 Cc5

Légende : - : distance supérieure à 500 m

Tableau 12 : 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 d'accueil du projet ne sont pas soumises à un risque de transport de matières dangereuses par voie routière ni ferroviaire, d'après le Dossier Départemental des Risques Majeurs (Aisne, 2015).

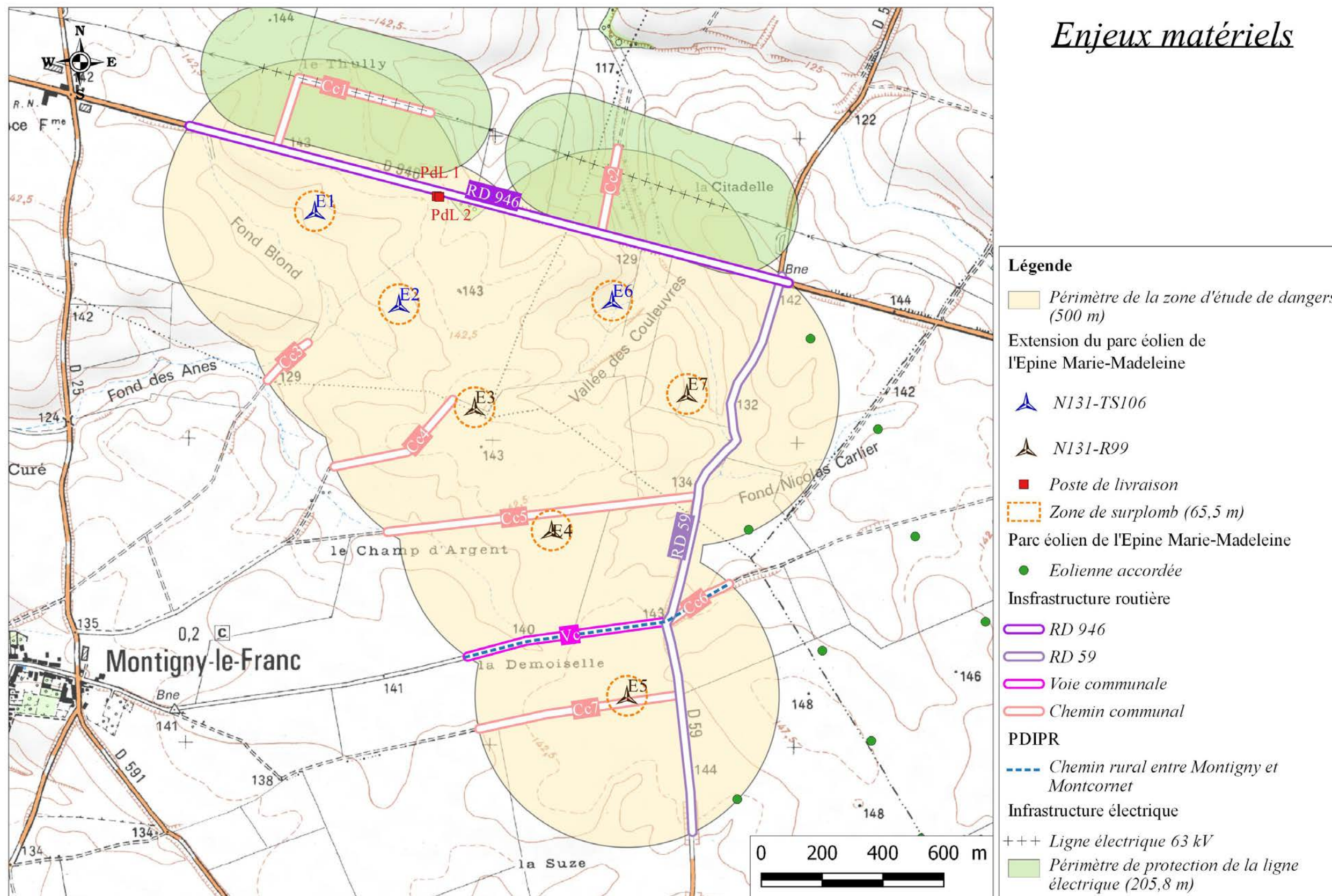
⇒ Les communes d'accueil ne sont pas soumises au risque TMD d'après le DDRM de l'Aisne.

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.

Enjeux matériels



Source: Scan 100® - Copie et reproduction interdites
Réalisation ATER Environnement Août 2017.

Carte 12 : Enjeux matériels dans le périmètre d'étude de dangers

3.3.2. Réseaux publics et privés

Radioélectrique

Selon l'ANFR, le périmètre d'étude de dangers n'est concerné par aucune servitude radioélectrique.

Canalisation de gaz

Par courrier réponse du 15 décembre 2016, GRT Gaz nous indique que le projet « se situe en dehors des Servitudes d'Utilité Publique Maitrise de l'Urbanisation des ouvrages GRTgaz ».

Faisceau hertzien

A la date du dépôt du présent dossier, aucune réponse de la part de ErDF n'a été réceptionnée.

Réseau électrique

Par courrier réponse du 5 décembre 2016, RTE nous informe que « RTE GMR Champagne-Ardenne exploite l'ouvrage à 63 000 volts LISLET-MARLE N°1. [...] Concernant le polygone et compte tenu du caractère sensible et stratégique de [leurs] ouvrages, et suivant les mesures de sécurité préconisées par la DREAL Picardie, RTE préconise une distance d'éloignement supérieure à 1,2 x la hauteur de l'éolienne, pâles comprises en 90 000 volts et 63 000 volts par rapport à l'axe de la ligne afin d'éviter ou du moins limiter les conséquences d'une chute ou de projection de matériaux ». Cette distance correspond à un périmètre de protection de 205,8 m.

Le projet d'extension du Parc éolien de l'Epine Marie-Madeleine respecte ce périmètre, puisque l'éolienne la plus proche (E6) est localisée à 410 m au Sud de la ligne électrique. Elle est également localisée à à 420 m de E1 et n'est pas présente dans les périmètres d'étude de dangers des autres éoliennes.

A la date du dépôt du présent dossier, aucune réponse de la part de ErDF n'a été réceptionnée.

Captage AEP

D'après le Plan de situation de la commune de Chaourse, l'arrêté du 19 mars 2013 (commune d'Agnicourt-et-Séchelles) et l'arrêté du 26 avril 2012 (commune de Tavaux-et-Pontséricourt), relatifs aux captages d'eau potable présents sur les communes d'accueil et à proximité du projet d'extension du parc éolien de l'Epine Marie-Madeleine, le périmètre d'étude de dangers se situe hors de tout périmètre de protection d'un captage AEP. Ce point est confirmé par le courrier réponse de l'ARS en date du 2 décembre 2016, qui confirme « l'absence d'ouvrage d'eau destinée à la consommation humaine dans le périmètre d'étude ».

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 l'église d'Agnicourt-et-Séchelles. Il s'agit d'un monument classé au titre des Monuments Historiques, localisé sur le territoire communal du même nom, à 2,3 km au Nord-Est de l'éolienne E6, la plus proche.

Archéologie

Conformément aux dispositions du Code du Patrimoine, notamment du livre V, le service régional de l'archéologie de la DRAC « 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

Un chemin de randonnée inscrit au PDIPR en décembre 1993 par la commune de Montigny-le-Franc passe par le périmètre d'étude de dangers (via la voie communale et le chemin communal Cc6). Il s'agit du chemin rural entre Montigny et Montcornet, qui est localisé au plus près à 220 m de l'éolienne E5.

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 développés dans le chapitre 8.

3.4.1. Définitions des périmètres d'étude

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

- **N131-TS106 :**
 - **Zone de surplomb** (0 – 65,5 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 – 171,5 m ;
 - **Zone de projection de glace** (0 – 355,5 m) : elle correspond à la zone où des morceaux de glace, généralement formés sur les pales, peuvent être projetés lors de la mise en route de la machine. Ce périmètre est défini selon la formule suivante : $1,5 \times (\text{hauteur au moyeu} + \text{diamètre du rotor})$.
 - **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.
- **N131-R99 :**
 - **Zone de surplomb** (0 – 65,5 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 – 164,5 m ;
 - **Zone de projection de glace** (0 – 345 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 et de bois, ce qui les inclut 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 présents 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)

N131-TS106				
	Zone de surplomb	Zone d'effondrement	Zone de projection de glace	Intégralité du périmètre
Rayon (m)	65,5 m	171,5 m	355,5 m	500 m
Superficie (ha)	1,35	9,24	39,7	78,5
Nombre d'individus	0,01 personne	0,09 personne	0,4 personne	0,79 personne

Tableau 13 : Définition de l'enjeu humain relatif aux terrains non bâtis – N131-TS106

N131-R99				
	Zone de surplomb	Zone d'effondrement	Zone de projection de glace	Intégralité du périmètre
Rayon (m)	65,5 m	164,5 m	345 m	500 m
Superficie (ha)	1,35	8,5	37,4	78,5
Nombre d'individus	0,01 personne	0,08 personne	0,37 personne	0,79 personne

Tableau 14 : Définition de l'enjeu humain relatif aux terrains non bâtis – N131-R99

Relatif aux infrastructures routières

En s'appuyant sur la circulaire du 10 mai 2010, 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. **Or aucune infrastructure routière structurante n'évolue dans le périmètre d'étude de dangers.**

NB : Conformément à l'Annexe 1 du guide technique de l'Ineris, pour les terrains aménagés mais peu fréquentés (voies de circulation non structurantes, chemins agricoles, etc.), il faut compter 1 personne par tranche de 10 hectares.

Relatif aux chemins de randonnées

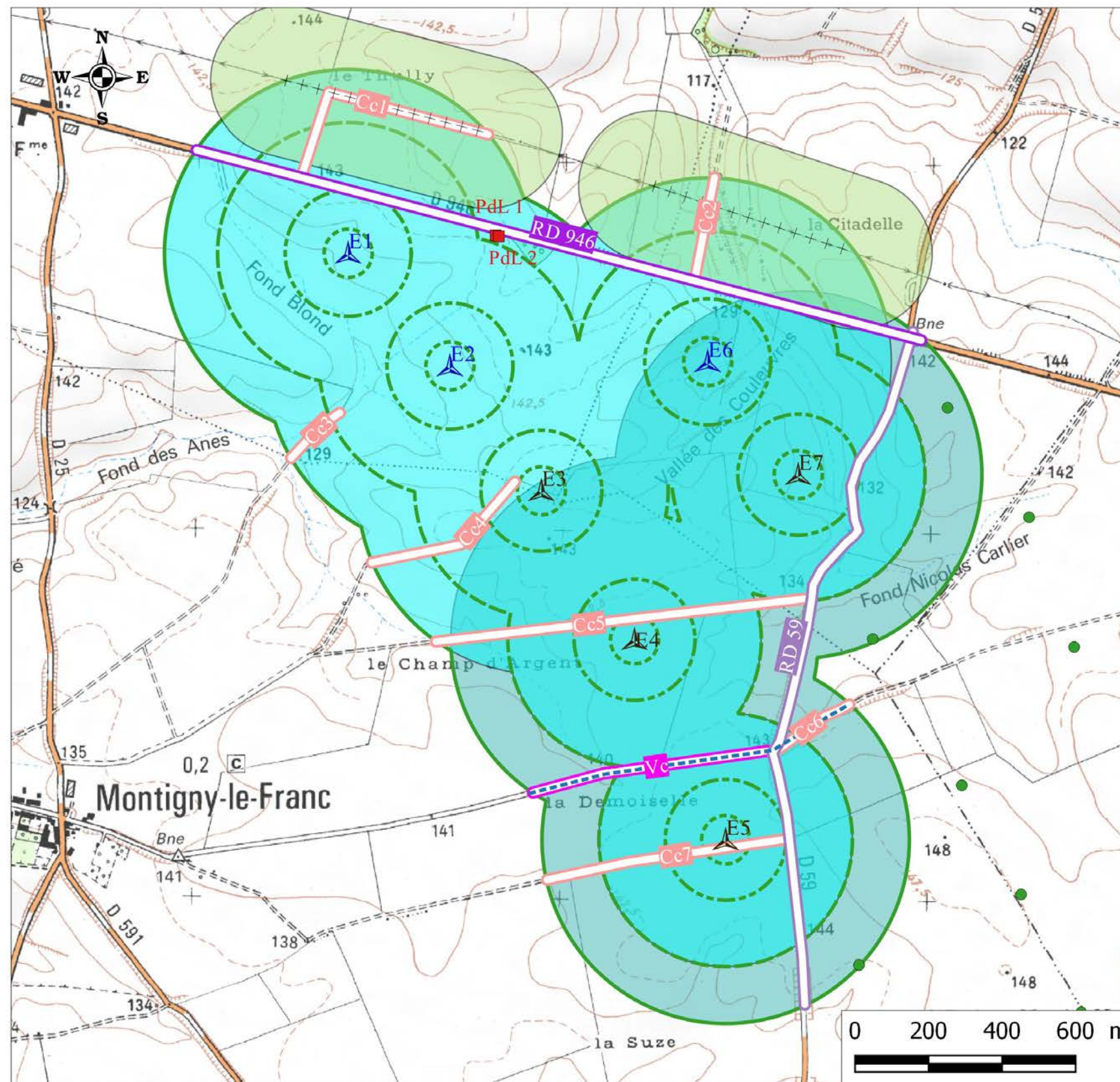
Pour les chemins de promenade, de randonnée, la circulaire du 10 mai 2010 nous indique de compter 2 personnes pour 1 kilomètre. Ce comptage est réalisé par tranche de 100 promeneurs/jour en moyenne. Or malgré l'absence de données actuelles, nous pouvons confirmer, de par la connaissance du site, que la fréquentation du chemin de randonnée présent sur le site (Chemin rural entre Montigny et Montcornet) est plutôt en moyenne de l'ordre de 10 personnes par jour maximum. De plus, ce chemin de randonnée emprunte uniquement la voie communale et le chemin communal Cc6, les randonneurs sont donc pris en compte dans les calculs liés à ces deux infrastructures.

Ainsi, ces personnes sont incluses dans la catégorie « terrains non bâtis aménagés mais peu fréquentés ».

3.4.3. Enjeux matériels

Outre l'installation en elle-même, les principaux enjeux sont les infrastructures routières et la ligne électrique.

Enjeux humains



Légende

Extension du parc éolien de l'Epine Marie-Madeleine

N131-TS106

N131-R99

Poste de livraison

Parc éolien de l'Epine Marie-Madeleine

Eolienne accordée

Infrastructure routière

RD 946

RD 59

Voie communale

Chemin communal

PDIPR

Chemin rural entre Montigny et Montcornet

Infrastructure électrique

Ligne électrique

Périmètre de protection de la ligne électrique (205,8 m)

Scénarios étudiés

Risque de chute de glace ou autre élément

Zone d'effondrement

Zone de projection de glace

Zone de projection de pale

Personnes impactées

Moins de 1 personne

Moins de 10 personnes

Source: Scan 100® - Copie et reproduction interdites
Réalisation ATER Environnement Août 2017.

Carte 13 : Enjeux humains dans le périmètre d'étude de dangers

3.4.4. 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	Surface (ha)	Règle de calcul	Enjeux humains	Enjeux humains totaux
Zone de surplomb					
E1	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	1,35	1 pers / 100 ha	0,0135	0,014
E2	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	1,35	1 pers / 100 ha	0,0135	0,014
E3	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	1,35	1 pers / 100 ha	0,0135	0,014
E4	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	1,29	1 pers / 100 ha	0,0129	0,019
	Terrains aménagés mais peu fréquentés	0,065	1 pers / 10 ha	0,007	
E5	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	1,23	1 pers / 100 ha	0,0123	0,025
	Terrains aménagés mais peu fréquentés	0,123	1 pers / 10 ha	0,012	
E6	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	1,35	1 pers / 100 ha	0,0135	0,014
E7	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	1,35	1 pers / 100 ha	0,0135	0,014
Zone de ruine					
E1	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	9,12	1 pers / 100 ha	0,09	0,10
	Terrains aménagés mais peu fréquentés	0,125	1 pers / 10 ha	0,013	
E2	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	9,24	1 pers / 100 ha	0,0924	0,092
E3	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	8,38	1 pers / 100 ha	0,0838	0,096
	Terrains aménagés mais peu fréquentés	0,122	1 pers / 10 ha	0,012	
E4	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	8,19	1 pers / 100 ha	0,0819	0,113
	Terrains aménagés mais peu fréquentés	0,309	1 pers / 10 ha	0,031	
E5	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	8,17	1 pers / 100 ha	0,0817	0,11
	Terrains aménagés mais peu fréquentés	0,33	1 pers / 10 ha	0,033	
E6	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	9,24	1 pers / 100 ha	0,0924	0,092
E7	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	8,35	1 pers / 100 ha	0,0835	0,10
	Terrains aménagés mais peu fréquentés	0,15	1 pers / 10 ha	0,015	
Zone de projection de glace					
E1	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	38,6	1 pers / 100 ha	0,39	0,50

	Terrains aménagés mais peu fréquentés	1,1	1 pers / 10 ha	0,11	
E2	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	39,7	1 pers / 100 ha	0,40	0,40
	Terrains aménagés mais peu fréquentés	0,0	1 pers / 10 ha	0,00	
E3	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	37,1	1 pers / 100 ha	0,37	0,40
	Terrains aménagés mais peu fréquentés	0,3	1 pers / 10 ha	0,03	
E4	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	36,7	1 pers / 100 ha	0,37	0,44
	Terrains aménagés mais peu fréquentés	0,7	1 pers / 10 ha	0,07	
E5	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	35,5	1 pers / 100 ha	0,35	0,55
	Terrains aménagés mais peu fréquentés	1,9	1 pers / 10 ha	0,19	
E6	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	38,7	1 pers / 100 ha	0,39	0,49
	Terrains aménagés mais peu fréquentés	1,0	1 pers / 10 ha	0,10	
E7	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	36,4	1 pers / 100 ha	0,36	0,47
	Terrains aménagés mais peu fréquentés	1,0	1 pers / 10 ha	0,10	
Intégralité du périmètre					
E1	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	76,3	1 pers / 100 ha	0,76	0,98
	Terrains aménagés mais peu fréquentés	2,2	1 pers / 10 ha	0,22	
E2	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	77,1	1 pers / 100 ha	0,77	0,91
	Terrains aménagés mais peu fréquentés	1,4	1 pers / 10 ha	0,14	
E3	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	77,4	1 pers / 100 ha	0,77	0,89
	Terrains aménagés mais peu fréquentés	1,2	1 pers / 10 ha	0,12	
E4	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	76,1	1 pers / 100 ha	0,76	1,00
	Terrains aménagés mais peu fréquentés	2,4	1 pers / 10 ha	0,24	
E5	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	75,6	1 pers / 100 ha	0,76	1,05
	Terrains aménagés mais peu fréquentés	2,9	1 pers / 10 ha	0,29	
E6	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	76,7	1 pers / 100 ha	0,77	0,95
	Terrains aménagés mais peu fréquentés	1,8	1 pers / 10 ha	0,18	
E7	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	75,9	1 pers / 100 ha	0,76	1,02
	Terrains aménagés mais peu fréquentés	2,6	1 pers / 10 ha	0,26	

Tableau 15 : 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...

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** qui est composé de trois pales (pour la grande majorité des éoliennes actuelles) construites en matériaux composites et réunies au niveau du moyeu. Il se prolonge dans la nacelle pour constituer l'arbre lent.
- **Le mât** est composé de 4 tronçons en acier. Dans la plupart des éoliennes, il abrite le transformateur qui permet d'élever la tension électrique de l'éolienne au niveau de celle du réseau électrique ;
- **La nacelle** abrite plusieurs éléments fonctionnels :
 - ✓ Le générateur transforme l'énergie de rotation du rotor en énergie électrique ;
 - ✓ Le système de freinage mécanique ;
 - ✓ Le système d'orientation de la nacelle qui place le rotor face au vent pour une production optimale d'énergie ;
 - ✓ Les outils de mesure du vent (anémomètre, girouette),
 - ✓ Le balisage diurne et nocturne nécessaire à la sécurité aéronautique.

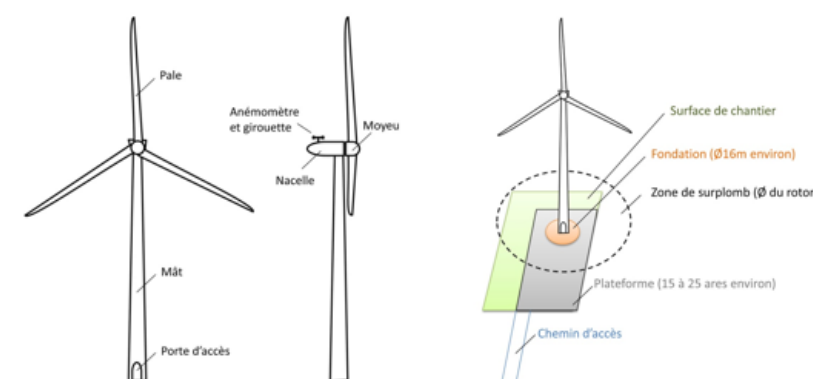


Figure 7 : Schéma simplifié d'un aérogénérateur (à gauche) - Illustration des emprises au sol d'une éolienne (à droite) (Les dimensions sont données à titre d'illustration pour une éolienne d'environ 150m de hauteur totale) (SOURCE : INERIS/SER/FERR, 2012)

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). Ces chemins sont représentés sur la carte page suivante.

	A créer	A réover
Longueur des chemins d'accès	736,5 mètres	3 318 mètres

Tableau 16 : Longueur des chemins d'accès à créer et à réover (source : Nordex, 2016)

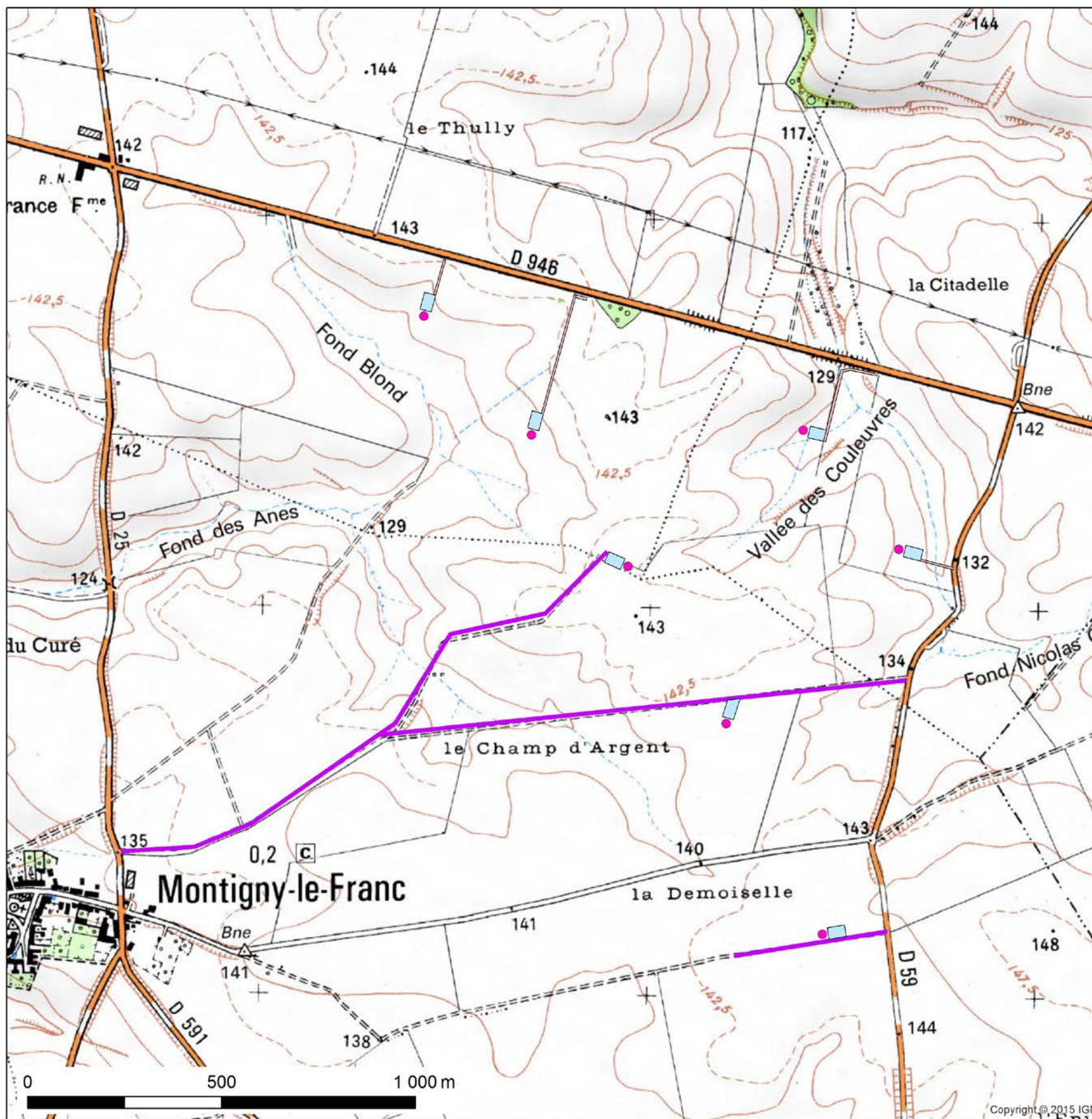
Emprise au sol

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.

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.



HAUTS-DE-FRANCE Aisne (02)

Projet d'Extension du Parc Eolien de l'Epine Marie Madeleine

- Extension du Parc éolien de l'Epine Marie Madeleine
- Plateforme
- Chemin à créer
- Chemin à renforcer



Echelle : 1 / 10 000

Nordex France - Novembre 2016

Carte 14 : Chemins à créer et à renforcer (source : NORDEX 2016)

4.1.2. Activité de l'installation

L'activité principale de l'extension du parc éolien de l'Epine Marie-Madeleine est la production d'électricité à partir de l'énergie mécanique du vent avec une hauteur au moyeu de 106 m pour les N131-TS106 et une hauteur au moyeu de 99 m pour les N131-R99, soit des hauteurs totales en bout de pale respectives de 171,5 m et 164,5 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 :

Eolienne	Coordonnées Lambert 93		Coordonnées WGS 84		Altitude (m)	
	Longitude Ouest	Latitude Nord	Longitude Est	Latitude Nord	Au sol	Bout de pale
E1	766 609	6 956 345	3°55'22.17" E	49°42'9.52" N	139,2	310,7
E2	766 886	6 956 039	3°55'35.82" E	49°41'59.52" N	138,4	309,9
E3	767 136	6 955 699	3°55'48.04" E	49°41'48.43" N	143,2	307,7
E4	767 389	6 955 294	3°56'0.41" E	49°41'35.23" N	142,3	306,8
E5	767 637	6 954 749	3°56'12.46" E	49°41'17.51" N	144,5	309
E6	767 588	6 956 050	3°56'10.78" E	49°41'59.61" N	132,6	304,1
E7	767 835	6 955 743	3°56'22.92" E	49°41'49.58" N	136,6	301,1
Poste de livraison 1	767 011	6 956 394	3°55'42.21"E	49°42'10.96"N	143,2	145,8
Poste de livraison 2	767 019	6 956 391	3°55'42.66" E	49°42'10.86" N	143,2	145,8

Tableau 17 : Coordonnées géographiques du parc éolien

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 10 km/h et c'est seulement à partir de 12 km/h que l'éolienne peut être couplée au réseau électrique. Le rotor et l'arbre dit « lent » transmettent alors l'énergie mécanique à basse vitesse (entre 5 et 20 tr/min) aux engrenages du multiplicateur, dont l'arbre dit « rapide » tourne environ 100 fois plus vite que l'arbre lent. Certaines éoliennes sont dépourvues de multiplicateur et la génératrice est entraînée directement par l'arbre « lent » lié au rotor. La génératrice transforme l'énergie mécanique captée par les pales en énergie électrique.

La puissance électrique produite varie en fonction de la vitesse de rotation du rotor. Dès que le vent atteint environ 50 km/h à hauteur de nacelle, l'éolienne fournit sa puissance maximale. Cette puissance est dite « nominale ».

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

Lorsque la mesure de vent, indiquée par l'anémomètre, atteint des vitesses de plus de 150 km/h sur une moyenne de 10 minutes (variable selon le type d'éoliennes), l'éolienne cesse de fonctionner pour des raisons de sécurité. Deux systèmes de freinage permettront d'assurer la sécurité de l'éolienne :

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

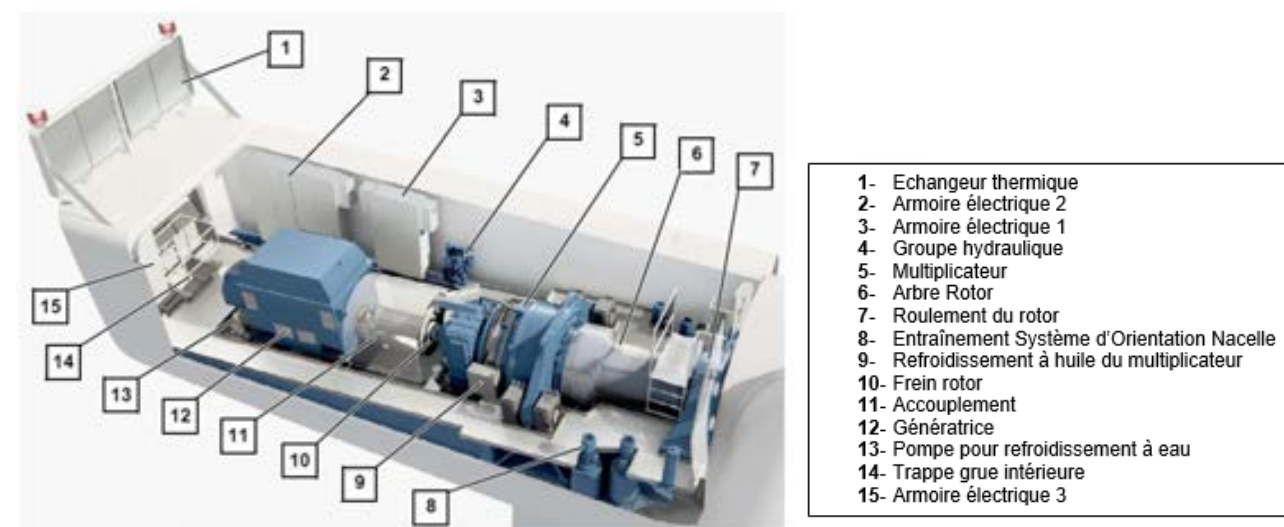


Figure 8 : Ecorché simplifié de l'intérieur de la nacelle NORDEX N 131 (source : Nordex, 2013)

Elément de l'installation	Fonction	Caractéristiques
Certificat		<ul style="list-style-type: none"> Classe 2 selon IEC 61400-1
Conception technique		<ul style="list-style-type: none"> Puissance nominale : 3 MW (N131-R99) et 3,6 MW (N131-TS106) ; Régularisation de puissance : variation active de pale individuelle ; Diamètre du rotor : 131 m ; Hauteur du moyeu : 106 m (N131-TS106) et 99 m (N131-R99) ; Concept de l'installation : boîte de vitesse, vitesse de rotation variable ; Plage de vitesse de rotation du rotor : 8 à 14,1 tours par minute.
Périodes de fonctionnement		<ul style="list-style-type: none"> <u>1,1 à 3 m/s</u> : Un automate, informé par une girouette, commande aux moteurs d'orientation de placer l'éolienne face au vent ; <u>Environ 3 m/s</u> : Le vent est suffisant pour générer de l'électricité. L'éolienne peut être couplée au réseau électrique ; <u>> 3 m/s</u> : La génératrice délivre un courant électrique alternatif, dont l'intensité varie en fonction de la vitesse du vent ; <u>12 à 25 m/s</u> : L'éolienne fournit sa puissance nominale. Cette dernière est maintenue constante grâce à une réduction progressive de la portance des pales.
Contrôle commande	Contrôler et surveiller l'éolienne à distance	<ul style="list-style-type: none"> <u>Type matériel logiciel</u> : Remote Field Controller/PLC, Nordex Control 2 ; <u>Démarrage automatique après coupure de réseau</u> : oui ; <u>Démarrage automatique après vent de coupure</u> : oui.
Fondation	Ancrer et stabiliser l'éolienne dans le sol	<ul style="list-style-type: none"> En béton armé, de forme octogonale ; <u>Dimension</u> : design adapté en fonction des études géotechnique et hydrogéologique réalisées avant la construction. En standard, 19 m de diamètre à leur base et se resserre jusqu'à 4,9 m de diamètre représentant environ 600 m³ ; <u>Profondeur</u> : en standard, 3 m.
Mât	Supporter la nacelle et le rotor	<ul style="list-style-type: none"> <u>Hauteur</u> : 103,9 m (N131-TS106) et 99 m (N131-R99) ; <u>Type</u> : Tubulaire, en acier ; <u>Nombre de section</u> : 4 ; <u>Protection contre la corrosion</u> : Revêtement multicouche résine époxy ; <u>Fixation du pied du mât</u> : Cage d'ancrage noyée dans le béton de fondation.
Nacelle	Supporter le rotor Abriter le dispositif de conversion de l'énergie mécanique en électricité (génératrice, etc.) ainsi que les dispositifs de contrôle et de sécurité	<ul style="list-style-type: none"> <u>Un arbre en rotation</u>, entraîné par les pâles ; <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 ; <u>La génératrice annulaire, asynchrone</u>, à double alimentation, qui fabrique l'électricité – Tension de 660 V.
Rotor / pales	Capter l'énergie mécanique du vent et la transmettre à la génératrice	<ul style="list-style-type: none"> <u>Type</u> : orientation active des pales face au vent ; <u>Sens de rotation</u> : Sens horaire ; <u>Nombre de pales</u> : 3 par machine ; <u>Surface balayée</u> : 13 478 m² ; <u>Contrôle de vitesse</u> : Pitch électromotorisé indépendant sur chaque pale ; 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).

Elément de l'installation	Fonction	Caractéristiques
Systèmes de freinage	Freiner et arrêter la machine en cas de maintenance, vent fort ou survitesse	<ul style="list-style-type: none"> <u>Frein principal aérodynamique</u> : Orientation individuelle des pales par activation électromagnétique avec alimentation de secours ; <u>Frein auxiliaire mécanique</u> : Frein à disque à actionnement actif sur l'arbre rapide.
Transformateur	Élever la tension de sortie de la génératrice avant l'acheminement du courant électrique par le réseau	<ul style="list-style-type: none"> A l'intérieur du mât ; Tension de 20 kV à la sortie.
Poste de livraison	Adapter les caractéristiques du courant électrique à l'interface entre le réseau privé et le réseau public	<ul style="list-style-type: none"> Equipé de différentes cellules électriques et automates qui permettent la connexion et la déconnexion du parc éolien au réseau 20 kV.

Tableau 18 : Synthèse du fonctionnement des aérogénérateurs NORDEX 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.

Méthodes et moyens d'intervention

En cas de sinistre, les pompiers seront prévenus par le personnel du site ou les riverains directement par le 18. L'appel arrivera au Centre de Traitement des Appels (CTA), qui est capable de mettre en œuvre les moyens nécessaires en relation avec l'importance du sinistre. Cet appel sera ensuite répercuté sur le Centre de Secours disponible et le plus adapté au type du sinistre.

Une voie d'accès donne aux services d'interventions un accès facilité au site du parc éolien.

Les moyens d'intervention une fois l'incident ou accident survenu sont des moyens de récupération des fragments : grues, engins, camions.

En cas d'incendie avancé, les sapeurs-pompiers se concentreront sur le barrage de l'accès au foyer d'incendie. Une zone de sécurité avec un rayon de 500 mètres autour de l'éolienne devra être respectée.

Enfin, des consignes en cas d'urgence sont implantées au niveau du pied de la tour ainsi qu'au niveau des nacelles, afin de donner la procédure à suivre aux personnes présentes dans l'éolienne en cas d'accident. Ci-après, un modèle de ces consignes, qui sera bien entendu adapté à chaque éolienne du parc.

On rappelle enfin la présence d'extincteurs ainsi que de trousse de premiers soins, au pied de la tour ainsi que dans la nacelle. Les véhicules des techniciens de maintenance sont également équipés de trousse de premiers soins.

CONSIGNES EN CAS D'URGENCE EMERGENCY INSTRUCTIONS			
[NOM DU PARC EOLIEN] [Adresse du parc éolien]			
Identifiant Eolienne / WTG ID		Coordonnées GPS (WGS 84) / GPS Coordinates (WGS 84)	
00 <small>Position sur parc éolien Position on wind farm</small>	NX	00000 <small>N° Série (affiché sur l'éolienne) Serial Nr. (mentioned on the WTG)</small>	Latitude [N/S 00.000000]
			Longitude [E/W 00.000000]

ACCIDENT - URGENCE MÉDICALE ACCIDENT - MEDICAL EMERGENCY
<ol style="list-style-type: none"> Appeler ou faire appeler le 112 <i>Dial or ask someone to dial 112</i> Préciser : <i>Precise :</i> <ul style="list-style-type: none"> Le lieu de l'accident: au moins nom et adresse du parc éolien et numéro de l'éolienne <i>The accident place: at least name and location of the wind farm and WTG identification number</i> La nature de l'accident (chute de hauteur, électrisation...) <i>The type of accident (fall from height, electrical accident...)</i> Le nombre de victimes <i>The number of injured persons</i> L'état de la (des) victime(s) : saignement, conscience, nature et siège des lésions... <i>The status of the injured person(s): bleeding, awareness, kind of injuries, parts of body injured...</i> La position de la ou des victime(s) : dans la nacelle, au sol, dans la tour, suspendu dans son harnais... Dans le cas d'une intervention en hauteur, demander l'intervention du GRIMP et préciser si la porte de l'éolienne doit être forcée <i>The location of the victim(s): in the nacelle, on the ground, in the tower, suspended in harness... In case of rescue at height, request "GRIMP" intervention and precise if the WTG door has to be broken</i> S'il persiste un danger pour les équipes de secours <i>If there is still a danger for the emergency services</i> Suivre les instructions <i>Follow the instructions</i> <p style="text-align: center;">NE JAMAIS RACCROCHER AVANT LES SECOURS DO NOT HANG UP BEFORE THE OPERATOR TELLS YOU TO</p>
<ol style="list-style-type: none"> Si possible, organiser l'accueil des secours <i>If possible, prepare for the arrival of emergency services</i>

INCENDIE FIRE
<ol style="list-style-type: none"> Si possible, déconnecter l'éolienne du réseau électrique <i>If possible, disconnect the wind turbine from the grid</i> Dans la mesure du possible, attaquer le feu. Sinon, évacuer l'éolienne. <i>If possible, fight the fire. Otherwise, evacuate the wind turbine.</i> Appeler ou faire appeler le 112 <i>Dial or ask someone to dial 112</i> Préciser le lieu de l'incident <i>Precise the incident place</i> Suivre les instructions <i>Follow the instructions</i> <p style="text-align: center;">NE JAMAIS RACCROCHER AVANT LES SECOURS DO NOT HANG UP BEFORE THE OPERATOR TELLS YOU TO</p>
<ol style="list-style-type: none"> Si possible, organiser l'accueil des secours <i>If possible, prepare for the arrival of emergency services</i> <p style="text-align: center;">PERIMETRE DE SECURITE A ETABLIR AUTOUR DE L'EOLIENNE DANGER AREA TO BE DEFINED AROUND THE WIND TURBINE</p>

EXPLOITANT DU PARC EOLIEN / WIND FARM OPERATOR
[Nom de la société exploitante / Company name] [N°, rue, avenue... / Street, Nr.] [Code postal et Commune / Zip code & City]
Contact : [Numéro de téléphone / Phone number]

<p>NUMERO D'URGENCE NORDEX (24 / 7) - Urgence sur une éolienne Nordex NORDEX EMERGENCY NUMBER (24 / 7) - Emergency on or by Nordex wind turbines</p>	<p>+ 49 381 6663 3727</p>
--	----------------------------------

Figure 9 : Illustration des consignes en cas d'urgence, implantées à la base des mâts et des nacelles pour chaque éolienne (source : Nordex, 2016)

Système de fermeture de la porte

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

Un détecteur averti les personnels d'exploitation et de maintenance en cas d'ouverture d'une porte d'accès à une éolienne.

Balisage des éoliennes

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

La couleur des éoliennes est une nuance RAL 7035. Toutes les éoliennes constituant le parc éolien, d'une hauteur supérieure à 150 m hors tout (171,5 m pour les N131-TS106 et 164,5 m pour les N131-R99), 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 heures.

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

Balisage lumineux de jour

Chaque éolienne est dotée d'un balisage lumineux de jour assuré par des feux d'obstacle moyenne intensité de type A (feux à éclats blancs de 20 000 candélas [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/m², le crépuscule est caractérisé par une luminance de fond comprise entre 50 cd/m² et 500 cd/m², et la nuit est caractérisée par une luminance de fond inférieure à 50 cd/m². 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/m².

Protection contre le risque incendie

Système de lutte incendie

L'éolienne N131 dispose de deux extincteurs portatifs à poudre, installés selon les directives nationales en vigueur : le premier au pied du mât et l'autre dans la nacelle.

Les extincteurs sont positionnés de façon bien visible et facilement accessible. Les agents d'extinction sont appropriés aux risques à combattre. Ils font l'objet d'un contrôle régulier par un organisme agréé.

Système de détection et d'alarme

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

Plusieurs capteurs installés dans la nacelle, mesurent la température et la fumée afin de signaler tout incendie. Ce système est uniquement conçu pour être utilisé dans la nacelle et les zones définies.

Les quatre zones définies sont les suivantes :

- Les topbox I (armoire d'agrégat) ;
- Les topbox II (armoire de commande) ;
- L'armoire du transformateur ;
- La nacelle.

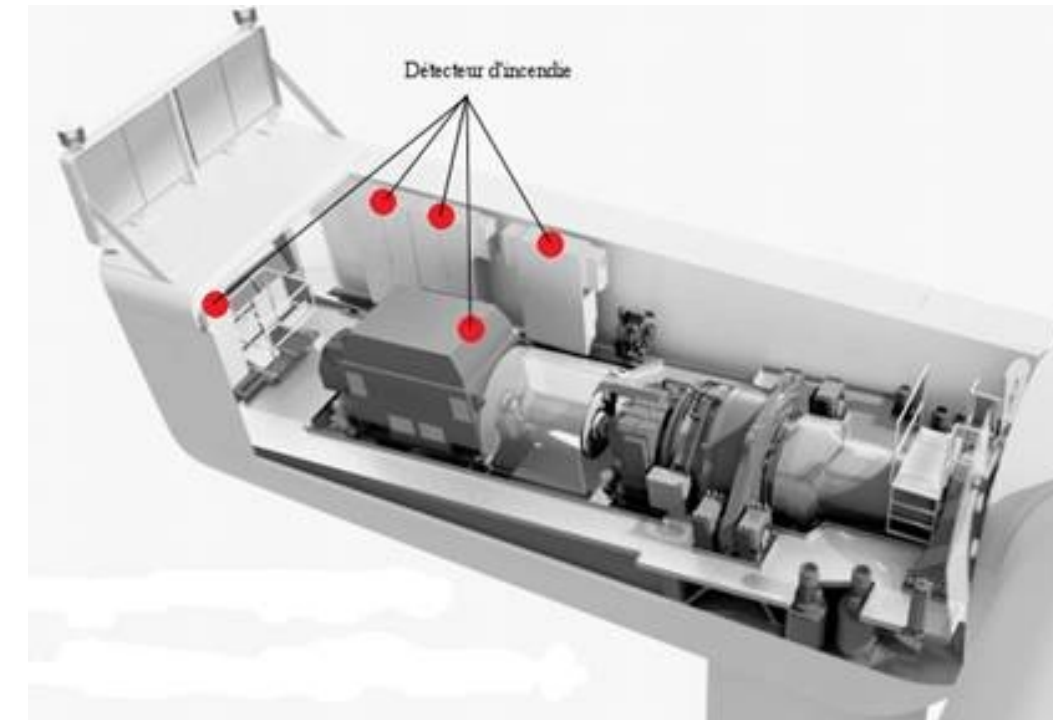


Figure 10 : Positionnement des détecteurs d'incendie dans la nacelle (source : Nordex, 2016)

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

Procédure d'urgence en cas d'incendie

Un plan d'évacuation permet au personnel d'évacuer l'éolienne en cas d'incendie. Le personnel dispose également d'une procédure d'urgence pour donner l'alerte vers les services de secours en cas d'incendie et est formé pour le faire.

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 de l'extension du parc éolien de l'Epine Marie-Madeleine est entièrement automatisé et contrôlé à distance depuis le centre de maintenance qui s'occupera du parc et depuis le centre de commande central situé à Rostock en Allemagne.

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. La supervision peut s'effectuer à distance depuis un PC équipé d'un navigateur Internet et d'une connexion ADSL ou RNIS. Le logiciel de supervision (SCADA – Supervising Control And Data Acquisition) utilisé est le Nordex Control 2.

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.

Protection contre le risque foudre

La protection contre la foudre est conforme à la norme IEC 61400-24. Le dessin de vue d'ensemble ci-après présente les mesures de protection contre la foudre correspondantes.

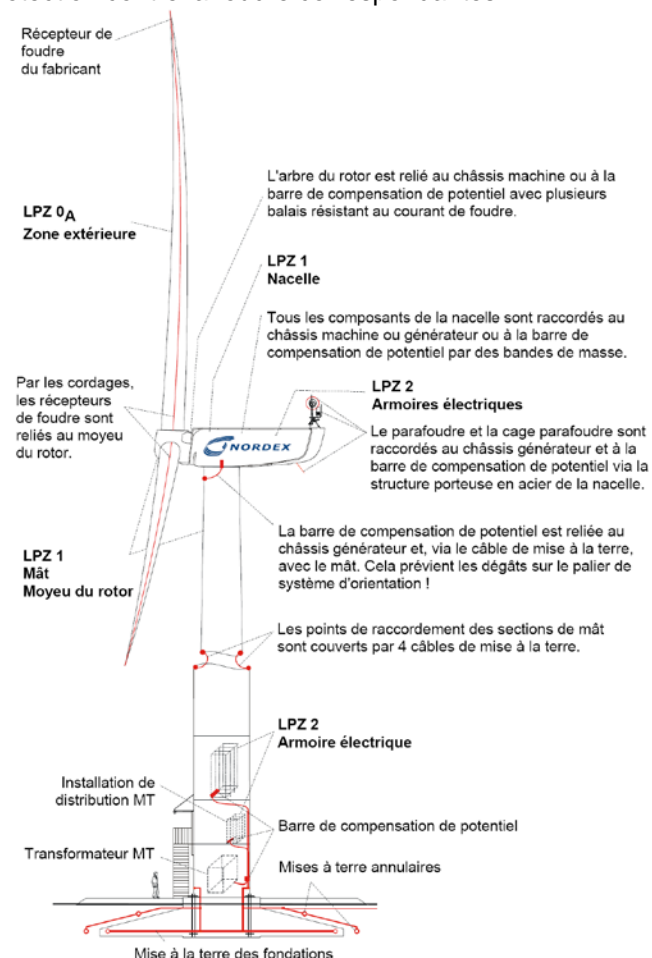


Figure 11 : Vue d'ensemble des dispositifs de protection parafoudre dans l'éolienne (source : Nordex, 2016)

Protection contre la survitesse

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

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

Ce dernier est en mesure de transmettre l'alerte aux services d'urgence compétents dans un délai de 15 minutes suivant l'entrée en fonctionnement anormal de l'aérogénérateur. Il doit être capable également de mettre en œuvre les procédures d'urgence dans un délai de 60 minutes.

Protection contre la tempête

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 la vitesse du vent de coupure, si la valeur moyenne sur 10 minutes est supérieure à 25 m/s ou si la valeur moyenne sur 3 secondes est supérieure à 32 m/s, l'éolienne s'arrête. Dans ce cas, des codes d'état associés à des alarmes sont activés et peuvent, le cas échéant, entraîner un ralentissement de la machine (bridage préventif) voire un arrêt de la machine.

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

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

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

Protection contre l'échauffement

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, 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 3s.

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 (multiplicateur). Le balourd, créé, déséquilibre la rotation du rotor.

Un système de protection contre la glace est donc fourni avec les éoliennes NORDEX pour prévenir de ces dangers.

Le système de protection se base sur :

- Les informations données par un détecteur de glace situé sur la nacelle de l'éolienne, couplé à un thermomètre extérieur ;
- L'analyse en temps réel de la variation de la courbe de puissance de l'éolienne traduisant la présence de glace sur les pales.

La détection de glace génère une alarme sur le système de surveillance à distance de l'éolienne (SCADA) et informe l'exploitant de l'événement. Celui-ci stoppe l'éolienne et ne peut la redémarrer que sur place après un contrôle visuel des pales et de la nacelle permettant d'évaluer l'importance de la formation de glace (redémarrage à distance impossible).

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

Protection contre le risque électrique

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

Les installations électriques extérieures à l'éolienne sont conformes aux normes NFC 15-100 (version compilée de 2008), NFC 13-100 (version de 2001) et NFC 13-200 (version de 2009). Ces installations sont entretenues et maintenues en bon état et sont contrôlées avant la mise en service industrielle puis à une fréquence annuelle, après leur installation ou leur modification par une personne compétente. La périodicité, l'objet et l'étendue des vérifications des installations électriques ainsi que le contenu des rapports relatifs auxdites vérifications sont fixés par l'arrêté du 10 octobre 2000.

Protection contre le risque de fuite de liquide dans la nacelle

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

Des vérifications des niveaux sont également parties intégrantes des opérations de maintenance préventive.

Conception des éoliennes

Certification de la machine et système qualité

La société Nordex, fournissant les machines et en assurant la maintenance, est certifiée ISO 9001. Le système de management de la qualité et tous les processus de production sont conformes à la norme ISO 9001.

Les aérogénérateurs, N131, font l'objet d'évaluations de conformité (tant lors de la conception que lors de la construction), de certifications de type (certifications CE) par un organisme agréé et de déclarations de conformité aux standards et directives applicables. Les équipements projetés répondront aux normes internationales de la Commission électrotechnique internationale (CEI) et normes françaises (NF) homologuées relatives à la sécurité des éoliennes, et notamment :

- **La norme IEC61400-1 / NF EN 61400-1 Juin 2006** intitulée « Exigence de conception », qui spécifie les exigences de conception essentielles pour assurer l'intégrité technique des éoliennes. Elle a pour objet de fournir un niveau de protection approprié contre les dommages causés par tous les risques pendant la durée de vie prévue. Elle concerne tous les sous-systèmes des éoliennes tels que les mécanismes de commande et de protection, les systèmes électriques internes, les systèmes mécaniques et les structures de soutien ; La norme IEC 61400-1 spécifie les exigences de conception essentielles pour assurer l'intégrité technique des éoliennes ;
- **La norme IEC61400-22 / NF EN 61400-22 Avril 2011** intitulée « essais de conformité et certification » qui définit les règles et procédures d'un système de certification des éoliennes comprenant la certification de type et la certification des projets d'éoliennes installées sur terre ou en mer. Ce système spécifie les règles relatives aux procédures et à la gestion de mise en œuvre de l'évaluation de la conformité d'une éolienne et des parcs éoliens, avec les normes spécifiques et autres exigences techniques en matière de sécurité, de fiabilité, de performances, d'essais et d'interaction avec les réseaux électriques ;
- **La norme CEI/TS 61400-23:2001 Avril 2001** intitulée « essais en vraie grandeur des structures des pales » relative aux essais mécaniques et essais de fatigue.

D'autres normes de sécurité sont applicables :

- La génératrice est construite suivant le standard IEC60034 et les équipements mécaniques répondent aux règles fixées par la norme ISO81400-4 ;
- La protection foudre de l'éolienne répond au standard IEC61400-24 et aux standards non spécifiques aux éoliennes comme IEC62305-1, IEC62305-3 et IEC62305-4
- La Directive 2004/108/EC du 15 décembre 2004 relative aux réglementations qui concernent les ondes électromagnétiques ;
- Le traitement anticorrosion des éoliennes répond à la norme ISO 9223.

Au cours de la construction de l'éolienne, le Maître d'Ouvrage mandatera un bureau de vérification pour le contrôle technique de construction. Les performances des éoliennes sont garanties dans la mesure où les conditions d'installation sont conformes aux spécifications NORDEX.

La société « Parc Eolien Nordex 72 SAS » tient à disposition de l'Inspection des installations classées les rapports des organismes compétents attestant de la conformité des aérogénérateurs aux normes précitées.

La technologie Nordex

Dès le développement des éoliennes N131, un bureau d'études vérifie le comportement des matériaux et composants aux différentes charge à l'aide de calculs par ordinateur, basés notamment sur la méthode des éléments finis. Des contrôles poussés sont ensuite réalisés dans des centres de tests et sur le terrain.

Tests extrêmes des logiciels et du matériel

Dans les centres de tests, les ingénieurs vérifient le comportement des composants et des prototypes en simulant des conditions climatiques extrêmes, notamment en termes de vent. Ils garantissent ainsi que tous les composants sont conformes aux critères de qualité les plus stricts. Par ailleurs, afin de contrôler la fabrication en série de produits haut de gamme, la société Nordex s'impose des tests allant au-delà des spécifications normales (test de charge, de vibration et de résistance aux conditions climatiques extrêmes à long terme, etc.).

Des pales de qualité garantie

La société Nordex veille particulièrement à respecter des standards de qualité élevés pour les matériaux utilisés dans la fabrication de pales, qui peuvent parfois atteindre des longueurs de 58 m. Des procédés de production automatisés et l'informatisation de toute la chaîne de production, bénéficiant des dernières méthodes de tests et de mesures, assurent un fonctionnement fiable de chaque pale.

Les plus hauts standards industriels

La société Nordex produit en série ses propres nacelles et moyeux. Elle ne met pas seulement en place les standards industriels les plus rigoureux mais se focalise également sur une qualité de produit optimale. Plusieurs étapes du procédé d'assemblage sont réalisées dans un hangar de production protégé, un pré-requis indispensable pour une installation efficace des éoliennes sur site.

4.2.3. Opération de maintenance de l'installation

La maintenance de l'installation sera réalisée par NORDEX pour le compte de la société « Parc Eolien Nordex 72 SAS ».

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.

Planification de la maintenance

Préventive

La maintenance, réalisée sur l'ensemble des parcs éoliens, est préventive. Elle contribue à améliorer la fiabilité des équipements (sécurité des tiers et des biens) et la qualité de la production (en l'absence de panne subie). Cette maintenance préventive se traduit par la définition de plans d'actions et d'interventions sur l'équipement, par le remplacement de certaines pièces en voie de dégradation afin d'en limiter l'usure, par le graissage ou le nettoyage régulier de certains ensembles.

Le programme préventif de maintenance s'étale sur quatre niveaux :

- Type 1 : vérification après 300 à 500 heures de fonctionnement (contrôle visuel du mât, des fixations fondation/tour, tour/nacelle, rotor...et test du système de déclenchement de la mise en sécurité de l'éolienne) ;
- Type 2 : vérification semestrielle des équipements mécaniques et hydrauliques ;
- Type 3 : vérification annuelle des matériaux (soudures, corrosions), de l'électrotechnique et des éléments de raccordement électrique ;
- Type 4 : vérification quinquennale de forte ampleur pouvant inclure le remplacement de pièces.

Chacune des interventions sur les éoliennes ou leurs périphériques fait l'objet de l'arrêt du rotor pendant toute la durée des opérations.

Pour la maintenance, une équipe de techniciens spécialisés sera implantée à proximité du parc éolien. La localisation géographique précise de cette dernière n'est pas encore définie. En cas de déviance sur la production ou d'avaries techniques, une équipe de maintenance interviendra sur le site.

La société Nordex dispose d'un manuel d'entretien de l'installation dans lequel sont précisées la nature et les fréquences des opérations d'entretien afin d'assurer le bon fonctionnement de l'installation. Elle tient à jour pour chaque installation, un registre dans lequel sont consignées les opérations de maintenance ou d'entretien et leur nature, les défaillances constatées et les opérations correctives engagées.

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

Selon une périodicité qui ne peut excéder un an, la société Nordex procède également à un contrôle des systèmes instrumentés de sécurité.

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

⇒ L'installation est conforme aux prescriptions de l'arrêté ministériel relatif aux installations soumises à autorisation au titre de la rubrique 2980 des installations classées en matière d'exploitation.

Curative

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

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 de l'extension du parc éolien de l'Epine Marie-Madeleine.

4.3. FONCTIONNEMENT DES RESEAUX DE L'INSTALLATION

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

Le raccordement électrique inter-éolien ainsi que le raccordement jusqu'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.

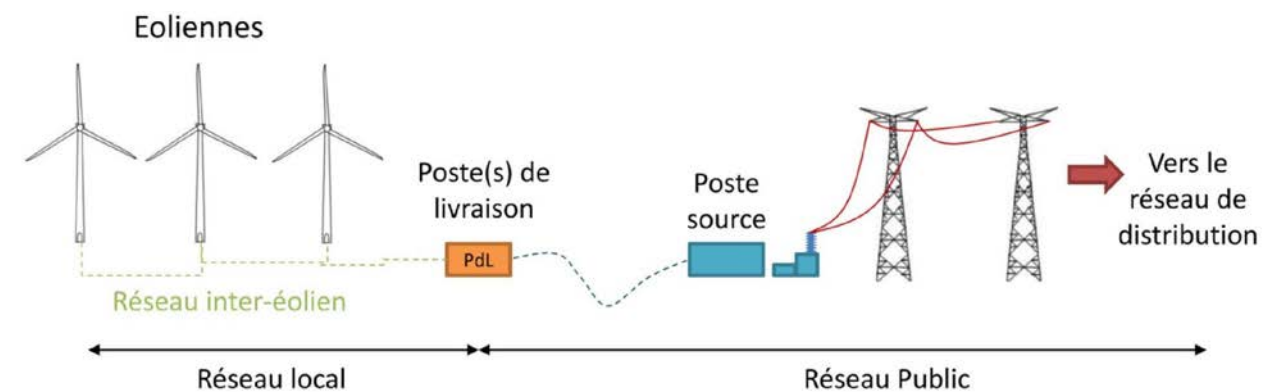


Figure 12 : Raccordement électrique des installations (source : INERIS/SER/FEE, 2012)

Réseau inter-éolien (ou réseau local)

Le réseau inter-éolien permet de relier le transformateur, intégré 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. Le poste de livraison et les câbles y raccordant les éoliennes constituent le réseau interne de la centrale éolienne, soumis à approbation de construction et d'exploitation des ouvrages de transport et de distribution d'électricité (article L323-11 du Code de l'Énergie).

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 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 le poste de livraison. La tension des câbles électriques est de 20 000 V. Les câbles, en aluminium, pourront avoir une section de 95mm², 150mm², 240mm² ou 300mm².

Caractéristiques des tranchées

Pour le raccordement inter-éolien, les tranchées sont enterrées à une profondeur variant entre 0,65 et 1,2 m. Des illustrations de coupe type sont présentées ci-après. Les sols traversés sont principalement composés de limons des plateaux reposant sur des sables, graviers et massifs granitiques.

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.

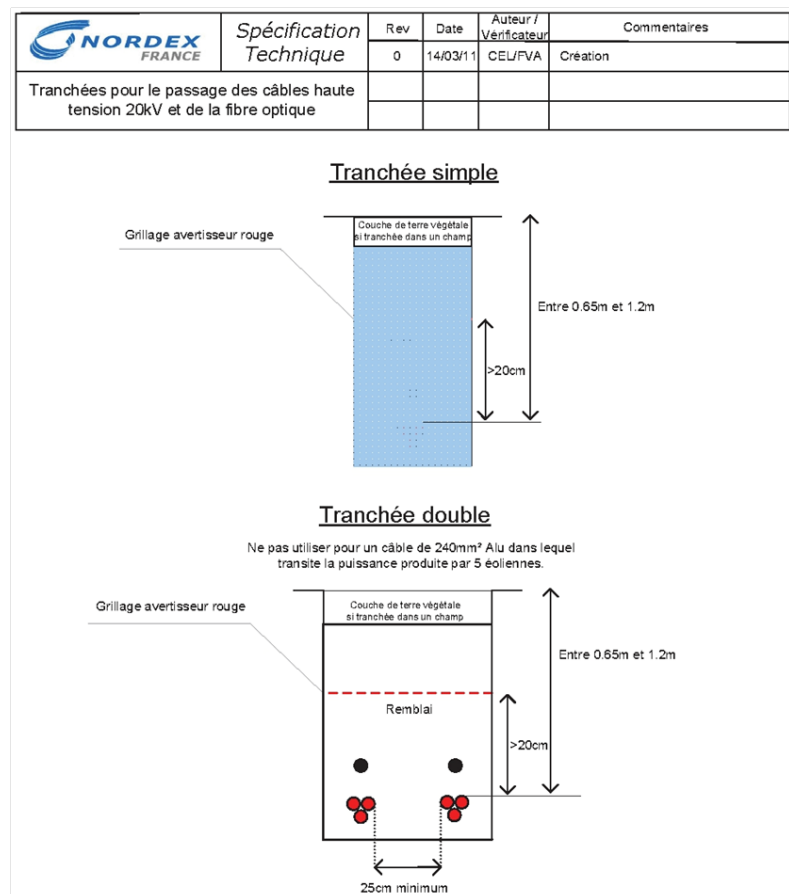


Figure 13 : Vue en coupe des tranchées selon le nombre de câbles passés (source : NORDEX, 2016)

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'énergie, au gestionnaire du réseau public de distribution d'électricité, à transmettre 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'énergie et de l'arrêté d'application du 14 janvier 2013 et également à procéder aux déclarations préalables aux travaux de construction de l'ouvrage concerné, et à enregistrer ce dernier sur le "guichet unique www.reseaux-et-canalizations.gouv.fr" 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, présente sur la page 44, 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. Pour l'extension du parc éolien de l'Epine Marie-Madeleine, deux structures de livraison sont prévues. Les structures sont composées de deux postes de livraison et d'un local technique dont les dimensions sont de 9,26 m de long par 2,48 m de large.

Les postes de livraison seront situés sur la parcelle cadastrée E136. Localisés en bordure de la route RD 946 pour gêner le moins possible et faciliter l'accès, ils seront installés à 370 m au Nord de l'éolienne la plus proche (E2).

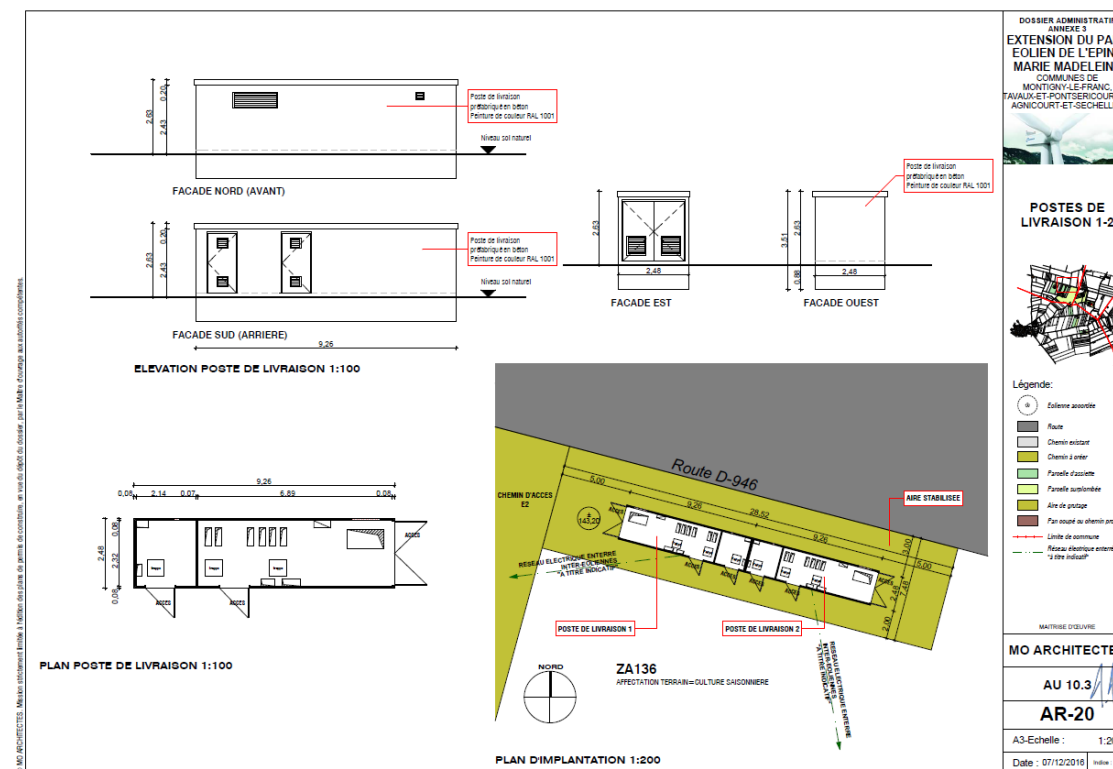


Figure 14 : Schéma des postes de livraison (source : Nordex, 2016)

Démarches préalables réalisées

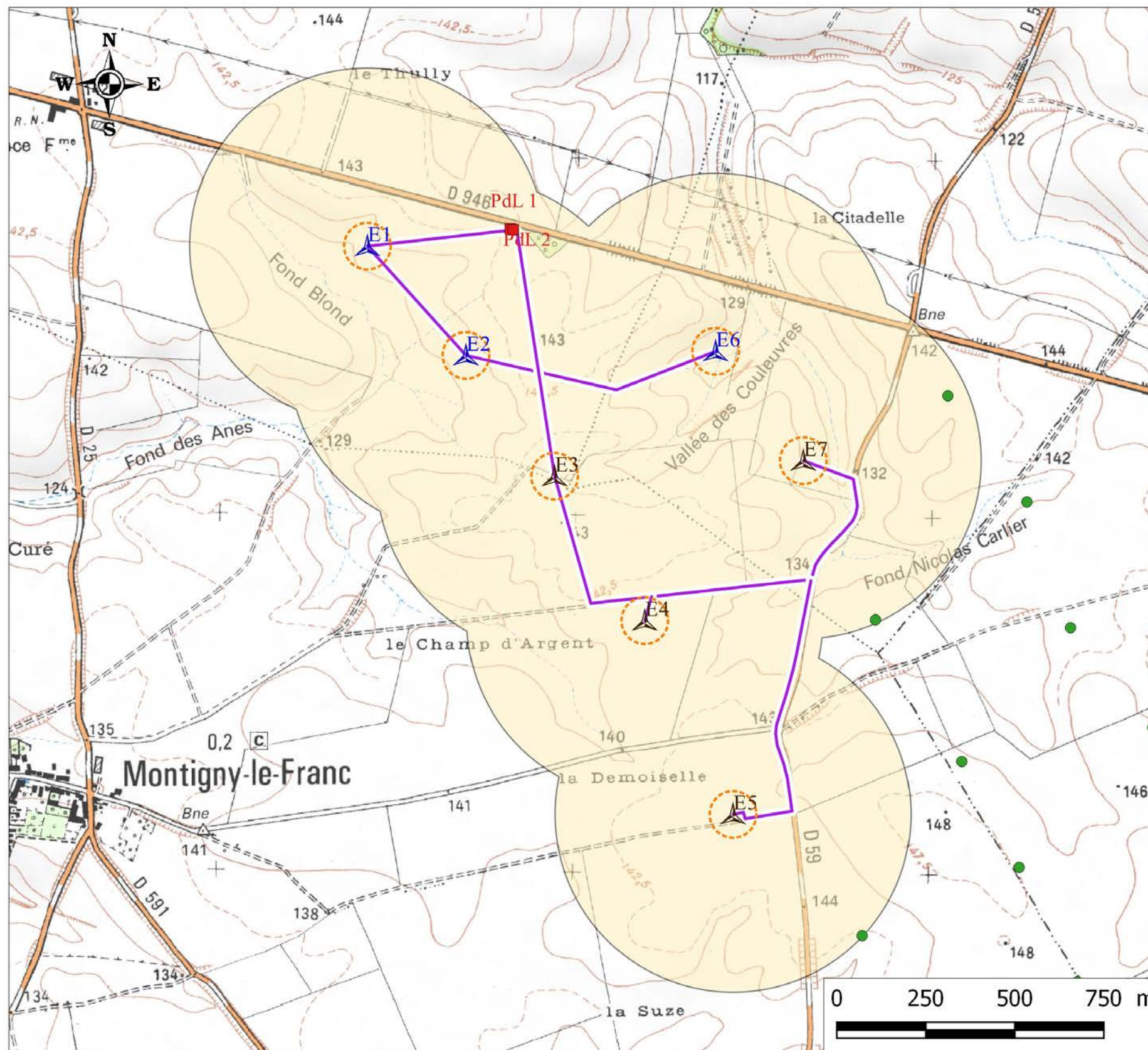
Le pétitionnaire atteste bénéficier des autorisations des propriétaires des terrains traversés par les câblages sous la forme de conventions de tréfonds avec droits d'accès et mention de remise en état du site.

Réseau électrique externe (ou réseau public)

Le réseau électrique externe relie le poste de livraison au 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

L'extension du parc éolien de l'Epine Marie-Madeleine 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.



Raccordement inter-éolien

Légende

- Périmètre de la zone d'étude de dangers (500 m)
- Extension du parc éolien de l'Epine Marie-Madeleine
- N131-TS106
- N131-R99
- Poste de livraison
- Zone de surplomb (65,5 m)
- Raccordement inter éolien
- Parc éolien de l'Epine Marie-Madeleine
- Eolienne accordée

Source: Scan 100® - Copie et reproduction interdites
Réalisation ATER Environnement Août 2017.

Carte 15 : Réseaux électriques internes à l'installation

5 IDENTIFICATION DES POTENTIELS DE DANGERS DE L'INSTALLATION

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

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

5.1. POTENTIEL DE DANGER LIE AUX PRODUITS

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

Les produits identifiés dans le cadre de l'extension du parc éolien de l'Epine Marie-Madeleine sont utilisés pour le bon fonctionnement des éoliennes, leur maintenance et leur entretien :

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

L'ensemble de ces produits est listé sur la page ci-contre et dans le tableau ci-après.

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

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

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

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

Tableau 19 : Produits sortants de l'installation (source : Nordex – 2016)

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

Les dangers liés au fonctionnement de l'extension du parc éolien de l'Epine Marie-Madeleine 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
Système de transmission	Transmission de l'énergie mécanique	Survitesse	Echauffement des pièces mécaniques et flux thermique
Pale	Prise au vent	Bris de pale ou chute de pale	Energie cinétique d'éléments de pales
Aérogénérateur	Production d'énergie électrique à partir d'énergie éolienne	Effondrement	Energie cinétique de chute
Poste de livraison, intérieur de l'aérogénérateur	Réseau électrique	Court-circuit interne	Arc électrique
Nacelle	Protection des équipements destinés à la production électrique	Chute d'éléments	Energie cinétique de projection
Rotor	Transfert l'énergie éolienne en énergie mécanique	Projection d'objets	Energie cinétique des objets
Nacelle	Protection des équipements destinés à la production électrique	Chute de nacelle	Energie cinétique de chute

Tableau 20 : Potentiels de dangers liés au fonctionnement de l'installation (source : guide INERIS/SER/FEE, 2012)

Lieu de lubrification	Désignation	Lubrifiant	Quantité	Classe de matière dangereuse
Système de refroidissement /Génératrice, /Convertisseur	Varidos FSK 45	Liquide de refroidissement	env. 70 L	Xn
Roulements de la génératrice	Klüberplex BEM 41-132	Graisse	env. 9,4 kg	-
Multiplicateurs, circuits de refroidissement inclus	Mobilgear XMP 320	Huile minérale Huile synthétique	450L	-
	Pour CCV : Optigear Synthetic / A320Optigear Synthetic		ou 550 L	
	X320Mobilgear SHC XMP 320		ou 650 L	
Système Hydraulique	Shell Tellus S4 VX 32	Huile minérale	env. 25 L	-
Palier de rotor	Mobil SHC Graisse 460 WT	Graisse	env. 30 kg	-
Roulement d'orientation de pale /Voie de roulement	Mobil SHC Graisse 460 WT	Graisse	3 x 4,9 kg	-
Engrenage	Ceplattyn BL gleitmo 585 K pour CCV	Graisse Graisse	env. 0,5 kg	-
Engrenage (orientation de pale)	Mobil SHC 629	Huile synthétique	3 x 11 L	-
Engrenage de système d'orientation	Mobil SHC 629	Huile synthétique	3/4 x 21 L	-
Roulements de système d'orientation /Voie de roulement	Mobil SHC Graisse 460 WT	Graisse	3,8 kg	-
/ Engrenage	Ceplattyn BL gleitmo 585 K pour CCV	Graisse Graisse	env. 0,5 kg	-

Tableau 21 : Liste des autres produits susceptibles d'être mis en œuvre sur l'installation (source : Nordex, 2016)

5.3. REDUCTION DES POTENTIELS DE DANGERS A LA SOURCE

5.3.1. Principales actions préventives

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

Intégration dans le Schéma Régional Eolien

Dans le cadre du Grenelle de l'Environnement fixé par les lois Grenelle, l'ancienne région Picardie a élaboré son Schéma régional climat air énergie (SRCAE) validé par arrêté préfectoral du 14 Juin 2012. Toutefois, ce dernier a été annulé par la Cours Administrative et d'Appel de Douai, le 16 juin 2016.

L'un des volets de ce schéma très général est constitué par un Schéma régional éolien (SRE), qui détermine quelles sont les zones favorables à l'accueil des parcs et quelles puissances pourront y être installées en vue de remplir l'objectif régional d'ici à 2020.

L'arrêté approuvant le Schéma Régional Eolien a été annulé par la Cour Administrative d'Appel de Douai en date du 16 Juin 2016, suite à de nombreuses oppositions et à l'absence d'analyse des enjeux liés aux paysages et 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 Picardie 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 éolien 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 à l'éolien, et de rechercher une **mise en cohérence** des différents projets éoliens. Pour cela, le Schéma Régional 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 particulièrement favorables à l'éolien (en vert), des zones favorables à l'éolien sous conditions (en orange) et des zones défavorables en raison de contraintes majeures (en blanc), dont un extrait est présenté page suivante.

Le site envisagé pour l'implantation des éoliennes appartient à une zone orange, c'est-à-dire favorable à l'éolien sous conditions.

Etude itérative de limitation des impacts

Dans la limite du périmètre de la zone d'implantation (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 éoliens sur le territoire** afin d'aboutir à un projet de territoire cohérent.

Ce travail itératif doit également tenir compte du foncier, des pratiques agricoles, 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 de sept machines alignées sur deux lignes (une ligne de 5 éoliennes et une ligne de 2).

L'implantation du projet d'extension de l'Epine Marie-Madeleine résulte du travail d'une variante d'implantation présentant le meilleur compromis face aux différents enjeux présents sur le territoire.

Intégration des aspects acoustiques

Les éoliennes respectent toutes une distance minimale de 500 m par rapport aux premières habitations afin de limiter l'impact acoustique.

Intégration des aspects écologiques

Les éoliennes ont été implantées à plus de 200 m des réseaux de haies denses et des boisements (hormis pour l'éolienne E6 qui est située à 195 m d'un alignement d'arbres), afin de réduire l'impact sur les chiroptères

Intégration des aspects paysagers

L'implantation choisie est celle la moins impactante au niveau paysager, car elle est plus compacte, il y a moins d'éoliennes et l'organisation spatiale est identique au parc de l'Epine Marie-Madeleine. Par conséquent cette implantation est cohérente avec le contexte éolien.

L'implantation finale est une implantation groupée de 7 éoliennes réparties sur deux lignes (une ligne de 5 éoliennes et une ligne de 2). Elle présente les aspects suivants :

- Recul par rapport à la RD946 et la vallée de la Serre pour réduire les effets de dominations ;
- Panachage de hauteur de mâts en fonction de la microtopographie du terrain afin de conserver une hauteur de nacelle équivalente entre les aérogénérateurs. A des points altimétriques supérieurs. Il est essentiel que les éoliennes paraissent de la même taille, car ceci évite les effets de désordre dans le parc.

5.3.2. 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 l'extension du parc éolien de l'Epine Marie-Madeleine. 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 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 accidentologique matériel

Un total de 57 incidents a pu être recensé entre 2000 et 2016 (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.

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.

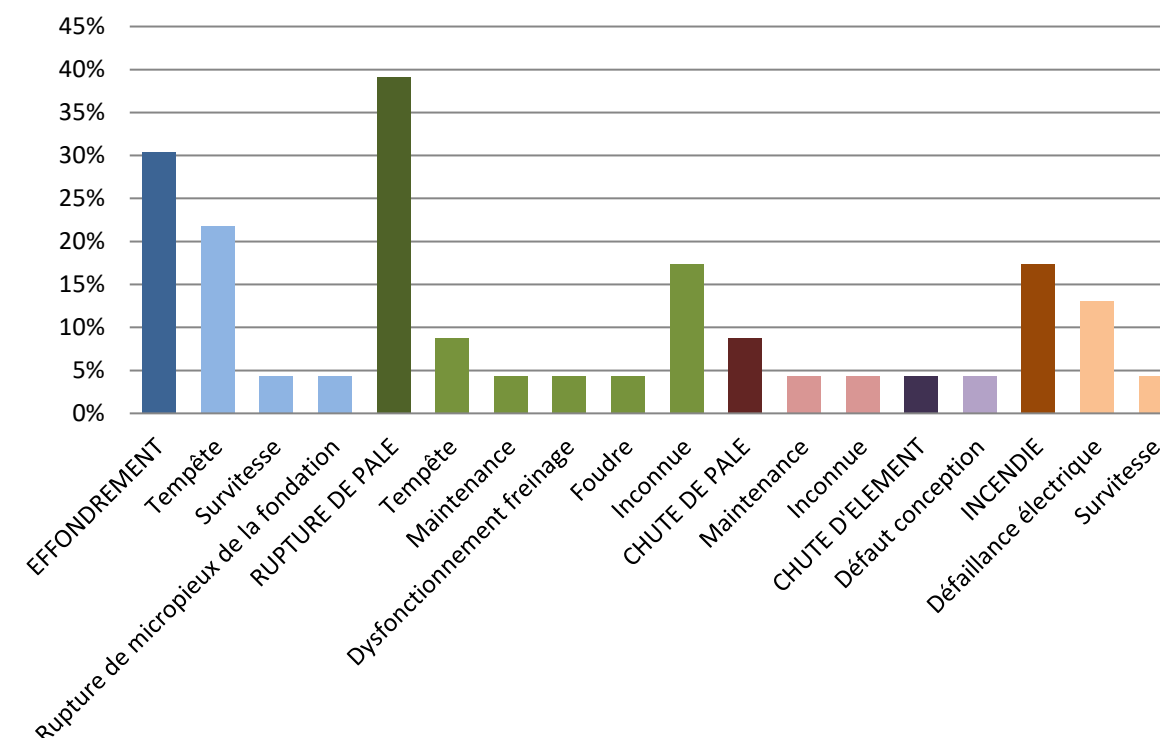


Figure 15 : Répartition des événements accidentels et de leurs causes premières sur le parc éolien français entre 2000 et 2011 (source : SER/FEE/INERIS, 2012)

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 mat plié à la suite d'une tempête
25/02/2002	Sallèles-Limousis (Aude)	Bris de pale sur une éolienne bipale, lors d'une tempête
01/07/2002	Port la Nouvelle – Sigean (Aude)	Electrocution et brûlures d'un opérateur par contact avec une partie sous haute tension d'un transformateur
28/12/2002	Nevian (Aude)	Effondrement d'une éolienne suite au dysfonctionnement du système de freinage lors d'une tempête
05/11/2003	Sallèles-Limousis (Aude)	Bris de pales sur 3 éoliennes lié à un dysfonctionnement du système de freinage
2004	Escales-Conilhac (Aude)	Bris 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
15/12/2010	Pouillé-les-Côteaux (Loire-Atlantique)	Chute de 3 m d'un technicien de maintenance. Aucune blessure grave

Date	Localisation	Incident
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 (brulure 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 ² 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 ²
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'aérofrein 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

Tableau 22 : Liste des incidents intervenus en France (source : Base de données ARIA, mise à jour 16/11/2016)

6.1.3. Bilan accidentologie humain

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

- Aucun tiers, extérieur au parc, n'a été blessé ou tué ;
- Les personnes blessées sont toutes du personnel de maintenance. Sept accidents sont à déplorer conduisant à neuf blessés dont deux morts.

Année	Nbr. 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

Tableau 23 : Liste des accidents humains inventoriés (source : Base de données ARIA, mise à jour 16/11/2016)

⇒ 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.

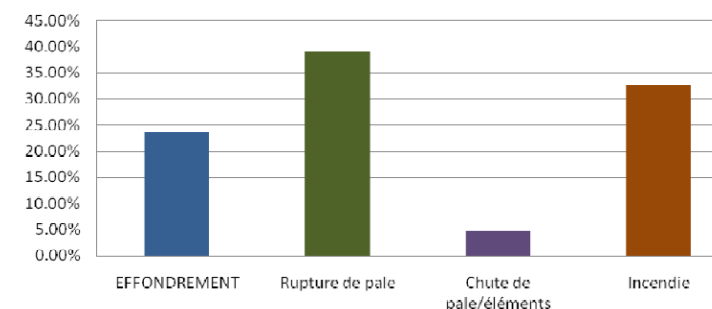


Figure 16 : Répartition des événements accidentels dans le monde entre 2000 et 2010 (source : SER/FEE/INERIS, 2012)

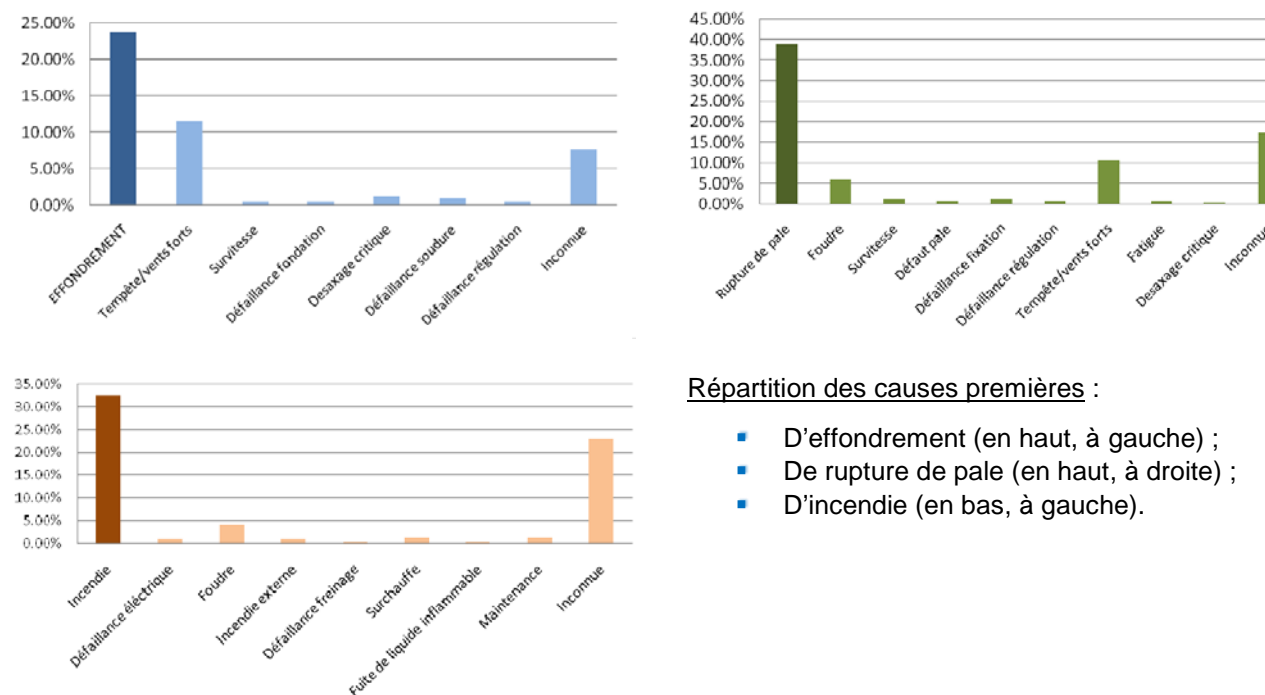


Figure 17 : Répartition des causes premières d'accident pour le parc éolien mondial (source : SER/FEE/INERIS, 2012)

6.3. 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.

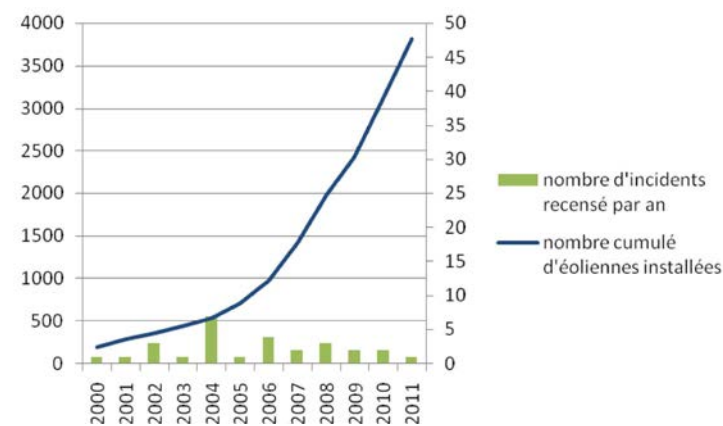


Figure 18 : Evolution du nombre d'incidents annuels en France et nombre d'éoliennes installées (source : INERIS/SER/FEE, 2012)

6.3.2. Analyse des typologies d'accidents les plus fréquents

Comme le montre l'arbre de défaillance (figure 12), de nombreux phénomènes peuvent être à l'origine d'un incident et d'un 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.

6.4. LIMITES D'UTILISATION DE L'ACCIDENTOLOGIE

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

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

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

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 majeur 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 potentiel pour une installation (ainsi que des mesures de sécurité) basée sur un questionnement systématique des causes et conséquences possibles des événements accidentels, ainsi que sur le retour d'expérience disponible.

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

7.2. RECENSEMENT DES EVENEMENTS EXCLUS DE L'ANALYSE DES RISQUES

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

- Chute de météorite ;
- Séisme d'amplitude supérieure aux séismes maximums de référence éventuellement corrigés de facteurs, tels que définis par la réglementation applicable aux installations classées considérées ;
- Crues d'amplitude supérieure à la crue de référence, selon les règles en vigueur ;
- 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'elles 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 identifiées :

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

7.3.1. Agressions externes liées aux activités humaines

Le tableau ci-dessous synthétise les principales agressions externes liées aux activités humaines. Seules les agressions externes liées aux activités humaines présentes dans un rayon de 200 m (distance à partir de laquelle l'activité considérée ne constitue plus un agresseur potentiel) sont recensées ici.

Remarque : Aucun aérodrome n'est présent dans un rayon de 2 km.

Infrastructure	Fonction	Événement redouté	Danger potentiel	Périmètre
Voies de circulation	Transport	Accident entraînant la sortie de voie d'un ou plusieurs véhicules	Energie cinétique des véhicules et flux thermiques	200 m
Ligne Electrique	Transport d'électricité	Accident entraînant la chute d'une ou plusieurs lignes	Electricité	200 m
Parc éolien riverain	Production d'électricité	Chute d'une éolienne entraînant les éoliennes voisines	Electricité et Poids de la machine	500 m

Distance de l'infrastructure routière la plus proche par rapport au mât des éoliennes

E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7
160 m RD 946	>200 m (300 m Cc3)	70 m Cc4	50 m Cc4	10 m Cc7	190 m RD 946	140 m RD 59

Distance de la ligne électrique par rapport au mât des éoliennes

E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7
>200 m (420 m)	>200 m	>200 m	>200 m	>200 m	>200 m (410 m)	>200 m

Distance des éoliennes du parc de l'Epine Marie-Madeleine par rapport au mât des éoliennes du projet

E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7
>500 m	>500 m	>500 m	>500 m	<500 m (480 m)	>500 m	<500 m (450 m)

Tableau 24 : 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
Vents et tempête	<ul style="list-style-type: none"> Le DDRM de l'Aisne indique que les communes d'accueil du projet sont soumises à un risque de tempête faible ; Absence de cyclone.
Foudre	<ul style="list-style-type: none"> <u>Densité de foudroiement</u> : 15 contre 20 en moyenne nationale ; Respect de la norme IEC 61 400-24 (Juin 2010) et EN 62 305 – 3 (Décembre 2006).
Glissement de sols / affaissement miniers	<ul style="list-style-type: none"> Aléa faible de retrait et gonflement des argiles ; Cavité : aucune cavité connue sur les communes d'accueil du projet.

Tableau 25 : 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 forêts ou de cultures, et à 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'événements 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

N°	Evénement initiateur	Evénement intermédiaire	Evénement redouté central	Fonction de sécurité (intitulé générique)	Phénomène dangereux	Qualification de la zone d'effet
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
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

N°	Evénement initiateur	Evénement intermédiaire	Evénement redouté central	Fonction de sécurité (intitulé générique)	Phénomène dangereux	Qualification de la zone d'effet
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 importantes sur les pales	Projection de tout ou partie pale	Prévenir la survitesse (N°4)	Impact sur cible	2
P02	Fatigue Corrosion	Chute de fragment de pale	Projection de tout ou partie pale	Prévenir la dégradation de l'état des équipements (N°11)	Impact sur cible	2
P03	Serrage inapproprié Erreur maintenance – desserrage	Chute de fragment de pale	Projection de tout ou partie pale	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9)	Impact sur cible	2
E01	Effets dominos autres installations	Agression externe et fragilisation structure	Effondrement éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9)	Projection/chute fragments et chute mât	2
E02	Glissement de sol	Agression externe et fragilisation structure	Effondrement éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9)	Projection/chute fragments et chute mât	2
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	Projection/chute fragments et chute mât	2

N°	Événement initiateur	Événement intermédiaire	Événement redouté central	Fonction de sécurité (intitulé générique)	Phénomène dangereux	Qualification de la zone d'effet
				en place un système de prévision cyclonique et équiper les éoliennes d'un dispositif d'abattage et d'arrimage au sol (N°13)		
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 26 : 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 génériques 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 de l'extension du parc éolien de l'Epine Marie-Madeleine 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 d' « empêcher, éviter, détecter, contrôler ou limiter » et sera en relation avec un ou plusieurs événements conduisant à un accident majeur identifié dans l'analyse des risques. Plusieurs mesures de sécurité peuvent assurer une même fonction de sécurité.
- **Numéro de la fonction de sécurité** : ce numéro vise à simplifier la lecture de l'étude de dangers en permettant des renvois à l'analyse de risque par exemple.
- **Mesures de sécurité** : cette ligne permet d'identifier les mesures assurant la fonction concernée. Dans le cas de systèmes instrumentés de sécurité, tous les éléments de la chaîne de sécurité sont présentés (détection + traitement de l'information + action).
- **Description** : cette ligne permet de préciser la description de la mesure de maîtrise des risques, lorsque des détails supplémentaires sont nécessaires.
- **Indépendance** (« oui » ou « non ») : cette caractéristique décrit le niveau d'indépendance d'une mesure de maîtrise des risques vis-à-vis des autres systèmes de sécurité et des scénarios d'accident. Cette condition peut être considérée comme remplie (renseigner « oui ») ou non (renseigner « non »). Dans le cadre des études de dangers éoliennes, il est recommandé de mesurer cette indépendance à travers les questions suivantes :
 - ✓ Est-ce que la mesure de sécurité décrite a pour unique but d'agir pour la sécurité ? Il s'agit en effet ici de distinguer ces dernières de celles qui ont un rôle dans la sécurité mais aussi dans l'exploitation de l'aérogénérateur ;
 - ✓ Cette mesure est-elle indépendante des autres mesures intervenant sur le scénario ?
- **Temps de réponse** (en secondes ou en minutes) : cette caractéristique mesure le temps requis entre la sollicitation et l'exécution de la fonction de sécurité. Il s'agit ici de vérifier que la mesure de maîtrise des risques agira « à temps » pour prévenir ou pour limiter les accidents majeurs. Dans le cadre d'une étude de dangers éolienne, l'estimation de ce temps de réponse peut être simplifiée et se contenter d'une estimation d'un temps de réponse maximum qui doit être atteint. Néanmoins, et pour rappel, la réglementation impose les temps de réponse suivants :
 - ✓ Une mesure de maîtrise des risques remplissant la fonction de sécurité « limiter les conséquences d'un incendie » doit permettre de détecter un incendie et de transmettre l'alerte aux services d'urgence compétents dans un délai de 15 minutes ;
 - ✓ Une seconde mesure de maîtrise des risques remplissant la fonction de sécurité « limiter les conséquences d'un incendie » doit permettre de détecter un incendie et de mettre en œuvre une procédure d'arrêt d'urgence dans un délai de 60 minutes ;
- **Efficacité** (100% ou 0%) : l'efficacité mesure la capacité d'une mesure de maîtrise des risques à remplir la fonction de sécurité qui lui est confiée pendant une durée donnée et dans son contexte d'utilisation. Il s'agit de vérifier qu'une mesure de sécurité est bien dimensionnée pour remplir la fonction qui lui a été assignée. En cas de doute sur une mesure de maîtrise des risques, une note de calcul de dimensionnement peut être produite ;
- **Test (fréquence)** : dans ce champ sont rappelés les tests/essais qui seront réalisés sur les mesures de maîtrise des risques. Conformément à la réglementation, un essai d'arrêt, d'arrêt d'urgence et d'arrêt à partir d'une situation de survitesse seront réalisés avant la mise en service de l'aérogénérateur. Dans tous les cas, les tests effectués sur les mesures de maîtrise des risques seront tenus à la disposition de l'inspection des installations classées pendant l'exploitation de l'installation.

- **Maintenance (fréquence)** : ce critère porte sur la périodicité des contrôles qui permettront de vérifier la performance de la mesure de maîtrise des risques dans le temps. Pour rappel, la réglementation demande qu'à minima : un contrôle tous les ans soit réalisé sur la performance des mesures de sécurité permettant de mettre à l'arrêt, à l'arrêt d'urgence et à l'arrêt à partir d'une situation de survitesse et sur tous les systèmes instrumentés de sécurité.

Remarque 1 : Pour certaines mesures de maîtrise des risques, certains de ces critères peuvent ne pas être applicables. Il convient alors de renseigner le critère correspondant avec l'acronyme « 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
Mesures de sécurité	Système de détection ou de déduction de la formation de glace sur les pales de l'aérogénérateur. Procédure adéquate de redémarrage.	1
Description	Système de détection redondant du givre permettant, en cas de détection de glace, une mise à l'arrêt rapide de l'aérogénérateur. Le redémarrage peut ensuite se faire soit automatiquement après disparition des conditions de givre, soit manuellement après inspection visuelle sur site.	
Indépendance	Non. Les systèmes traditionnels s'appuient généralement sur des fonctions et des appareils propres à l'exploitation du parc. En cas de danger particulièrement élevé sur site (survol d'une zone fréquentée sur site soumis à des conditions de gel importantes), des systèmes additionnels peuvent être envisagés.	
Temps de réponse	Immédiat (L'alarme est déclenchée dès que le capteur est gelé ou détecte de la neige.)	
Efficacité	100 %	
Tests	Tests menés par le concepteur au moment de la construction de l'éolienne	
Maintenance	Vérification permanente de l'état du système puis maintenance de remplacement en cas de dysfonctionnement de l'équipement.	

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

Fonction de sécurité	Prévenir la survitesse	N° de la fonction de sécurité	4
Mesures de sécurité	Détection de survitesse et système de freinage. Eléments du système de protection contre la survitesse conformes aux normes IEC 61508 (SIL 2) et EN 954-1		
Description	Systèmes de coupure s'enclenchant en cas de dépassement des seuils de vitesse prédéfinis, indépendamment du système de contrôle commande. NB : Le système de freinage est constitué d'un frein aérodynamique principal (mise en drapeau des pales) et / ou d'un frein mécanique auxiliaire.		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	15 à 60s (arrêt de l'éolienne selon le programme de freinage adapté) L'exploitant ou l'opérateur désigné sera en mesure de transmettre l'alerte aux services d'urgence compétents dans un délai de 15 minutes suivant l'entrée en fonctionnement anormal de l'aérogénérateur conformément aux dispositions de l'arrêté du 26 août 2011.		
Efficacité	100 %		
Tests	Test d'arrêt simple, d'arrêt d'urgence et de la procédure d'arrêt en cas de survitesse avant la mise en service des aérogénérateurs conformément à l'article 15 de l'arrêté du 26 août 2011.		
Maintenance	Vérification du système après les 500 à 1 500 premières heures de fonctionnement (environ 3 mois). Maintenance préventive annuelle de l'éolienne avec notamment contrôle 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 l'échauffement significatif des pièces mécaniques	N° de la fonction de sécurité	3
Mesures de sécurité	Capteurs de température des pièces mécaniques Définition de seuils critiques de température pour chaque type de composant avec alarmes Mise à l'arrêt ou bridage jusqu'à refroidissement Systèmes de refroidissement indépendants pour le multiplicateur et la génératrice		
Description	/		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	NA		
Efficacité	100 %		
Tests	A préciser si possible		
Maintenance	Vérification du système après les 500 à 1 500 premières heures de fonctionnement (environ 3 mois). Maintenance préventive annuelle de la génératrice et de son système de refroidissement, ainsi que du multiplicateur (y compris le système de refroidissement de l'huile du multiplicateur). Maintenance de remplacement en cas de dysfonctionnement de l'équipement.		

Fonction de sécurité	Prévenir les courts-circuits	N° de la fonction de sécurité	5
Mesures de sécurité	Coupure de la transmission électrique en cas de fonctionnement anormal d'un composant électrique.		
Description	Les organes et armoires électriques de l'éolienne sont équipés d'organes de coupures et de protection adéquats et correctement dimensionnés. Tout fonctionnement anormal des composants électriques est suivi d'une coupure de la transmission électrique et à la transmission d'un signal d'alerte vers l'exploitant qui prend alors les mesures appropriées.		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	De l'ordre de la seconde		
Efficacité	100 %		
Tests	/		
Maintenance	Des vérifications de tous les composants électriques ainsi que des mesures d'isolement et de serrage des câbles sont intégrées dans la plupart des mesures de maintenance préventive mises en œuvre. Les installations électriques sont contrôlées avant la mise en service du parc puis à une fréquence annuelle, conformément à l'article 10 de l'arrêté du 26 août 2011.		

Fonction de sécurité	Prévenir les effets de la foudre	N° de la fonction de sécurité	6
Mesures de sécurité	Mise à la terre et protection des éléments de l'aérogénérateur.		
Description	Respect de la norme IEC 61 400 – 24 (juin 2010) Parafoudres sur la nacelle + récepteurs de foudre sur les 2 faces des pales Mise à la terre (nacelle/mât, sections de mât, mât/fondation) Parasurtenseurs sur les circuits électriques		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	Immédiat dispositif passif		
Efficacité	100 %		
Tests	Mesure de terre lors des vérifications réglementaires des installations électriques		
Maintenance	Contrôle visuel des pales et des éléments susceptibles d'être impactés par la foudre inclus dans les opérations de maintenance, conformément à l'article 9 de l'arrêté du 26 août 2011. Contrôle de l'état de l'installation de mise à la terre dans le mât à chaque maintenance préventive.		

Fonction de sécurité	Protection et intervention incendie	N° de la fonction de sécurité	7
Mesures de sécurité	Capteurs de températures sur les principaux composants de l'éolienne pouvant permettre, en cas de dépassement des seuils, la mise à l'arrêt de la machine Système de détection incendie relié à une alarme transmise à un poste de contrôle Intervention des services de secours		
Description	Détecteurs de fumée qui lors de leur déclenchement conduisent à la mise en arrêt de la machine et au découplage du réseau électrique. De manière concomitante, un message d'alarme est envoyé au centre de télésurveillance. L'éolienne est également équipée d'extincteurs qui peuvent être utilisés par les personnels d'intervention (cas d'un incendie se produisant en période de maintenance).		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	< 1 minute pour les détecteurs et l'enclenchement de l'alarme L'exploitant ou l'opérateur désigné sera en mesure de transmettre l'alerte aux services d'urgence compétents dans un délai de 15 minutes suivant l'entrée en fonctionnement anormal de l'aérogénérateur. Le temps d'intervention des services de secours est, quant à lui, dépendant de la zone géographique.		
Efficacité	100 %		
Tests	Vérification de la plausibilité des mesures de température		
Maintenance	Vérification du système au bout de 3 mois de fonctionnement puis contrôle annuel conformément à l'article 18 de l'arrêté du 26 août 2011. Le matériel incendie (type extincteurs) est contrôlé périodiquement par le fabricant du matériel ou un organisme extérieur. Maintenance curative suite à une défaillance du matériel.		

Fonction de sécurité	Prévention et rétention des fuites	N° de la fonction de sécurité	8
Mesures de sécurité	Détecteurs de niveau d'huiles Systèmes d'étanchéité et dispositifs de collecte / récupération Procédure d'urgence Kit antipollution		
Description	Nombreux détecteurs de niveau d'huile permettant de détecter les éventuelles fuites d'huile et d'arrêter l'éolienne en cas d'urgence. Présence de plusieurs bacs collecteurs au niveau des principaux composants. Les opérations de vidange font l'objet de procédures spécifiques. Dans tous les cas, le transfert des huiles s'effectue de manière sécurisée via un système de tuyauterie et de pompes directement entre l'élément à vidanger et le camion de vidange. Des kits de dépollution d'urgence composés de grandes feuilles de textile absorbant pourront être utilisés afin : – de contenir et arrêter la propagation de la pollution ; – d'absorber jusqu'à 20 litres de déversements accidentels de liquides (huile, eau, alcools ...) et produits chimiques (acides, bases, solvants ...) ; – de récupérer les déchets absorbés. Si ces kits de dépollution s'avèrent insuffisants, une société spécialisée récupérera et traitera le gravier souillé via les filières adéquates, puis le remplacera par un nouveau revêtement.		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	Dépendant du débit de fuite		
Efficacité	100 %		
Tests	/		
Maintenance	Inspection des niveaux d'huile plusieurs fois par an		

Fonction de sécurité	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	Surveillance des vibrations Contrôles réguliers des fondations et des différentes pièces d'assemblages (ex : brides ; joints, etc.) Procédures qualités Attestation du contrôle technique (procédure permis de construire)		
Description	La norme IEC 61 400-1 « Exigence pour la conception des aérogénérateurs » fixe les prescriptions propres à fournir « un niveau approprié de protection contre les dommages résultant de tout risque durant la durée de vie » de l'éolienne. Ainsi la nacelle, le nez, les fondations et la tour répondent au standard IEC 61 400-1. Les pales respectent le standard IEC 61 400-1 ; 12 ; 23. Les éoliennes sont équipées de capteurs de vibration, qui entraînent l'arrêt en cas de dépassement des seuils définis. Les éoliennes sont protégées contre la corrosion due à l'humidité de l'air, selon la norme ISO 9223 (peinture et revêtement anti-corrosion).		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	15 à 60s pour les capteurs de vibration (arrêt de l'éolienne selon le programme de freinage adapté)		
Efficacité	100 %		
Tests	Déclenchement manuel des capteurs de vibration et vérification de la réponse du système		
Maintenance	Les couples de serrage (brides sur les diverses sections de la tour, bride de raccordement des pales au moyeu, bride de raccordement du moyeu à l'arbre lent, éléments du châssis, éléments du pitch system, couronne du Yam Gear, boulons de fixation de la nacelle...) sont vérifiés au bout de 3 mois de fonctionnement puis tous les 3 ans, conformément à l'article 18 de l'arrêté du 26 août 2011. Inspection visuelle du mât et, si besoin, nettoyage lors des maintenances préventives annuelles.		

Fonction de sécurité		Prévenir les erreurs de maintenance	N° de la fonction de sécurité	10
Mesures de sécurité	Procédure maintenance			
Description	Préconisations du manuel de maintenance Formation du personnel			
Indépendance	Oui			
Temps de réponse	NA			
Efficacité	100 %			
Tests	/			
Maintenance	NA			

Fonction de sécurité		Prévenir les risques de dégradation de l'éolienne en cas de vent fort	N° de la fonction de sécurité	11
Mesures de sécurité	Classe d'éolienne adaptée au site et au régime de vents. Détection et prévention des vents forts et tempêtes Arrêt automatique et diminution de la prise au vent de l'éolienne (mise en drapeau progressive des pâles) par le système de conduite			
Description	L'éolienne est mise à l'arrêt si la vitesse de vent mesurée dépasse la vitesse maximale pour laquelle elle a été conçue.			
Indépendance	Oui			
Temps de réponse	15 à 60 s suivant le programme de freinage			
Efficacité	100 %. <i>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.</i>			
Tests	Test des programmes de freinage lors de la mise en service de l'éolienne. Test automatique du système de freinage mécanique et du fonctionnement de chaque système pitch (freinage aérodynamique) lors de la séquence de démarrage de l'éolienne.			
Maintenance	Maintenance préventive du système pitch (les points contrôlés varient suivant le type de maintenance – T1 / T2 / T3 / T4), notamment vérification du câblage et du système de lubrification automatique, graissage des roulements de pitch. Maintenance préventive du frein mécanique (les points contrôlés varient suivant le type de maintenance – T1 / T2 / T3 / T4), notamment inspection visuelle, vérification de l'épaisseur des plaquettes de frein et des capteurs du frein mécanique.			

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

Tableau 27 : 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/m² n'est pas atteinte. Dans le cas d'un incendie au niveau du mât les effets sont également mineurs et l'arrêté du 26 Août 2011 encadre déjà largement la sécurité des installations. Ces effets ne sont donc pas étudiés dans l'étude détaillée des risques.</p> <p>Néanmoins il peut être redouté que des chutes d'éléments (ou des projections) interviennent lors d'un incendie. Ces effets sont étudiés avec les projections et les chutes d'éléments.</p>
Incendie du poste de livraison ou du transformateur	<p>En cas d'incendie de ces éléments, les effets ressentis à l'extérieur des bâtiments (poste de livraison) seront mineurs ou inexistant du fait notamment de la structure en béton. De plus, la réglementation encadre déjà largement la sécurité de ces installations (l'arrêté du 26 août 2011 et impose le respect des normes NFC 15-100, NFC 13-100 et NFC 13-200)</p>
Chute et projection de glace dans les cas particuliers où les températures hivernales ne sont pas inférieures à 0°C	<p>Lorsqu'un aérogénérateur est implanté sur un site où les températures hivernales ne sont pas inférieures à 0°C, il peut être considéré que le risque de chute ou de projection de glace est nul.</p> <p>Des éléments de preuves doivent être apportés pour identifier les implantations où de telles conditions climatiques sont applicables.</p>
Infiltration d'huile dans le sol	<p>En cas d'infiltration d'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 28 : 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
Exposition très forte	Supérieur à 5 %
Exposition forte	Compris entre 1 % et 5 %
Exposition modérée	Inférieur à 1 %

Tableau 29 : 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 30 : 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)
A	Courant Se produit sur le site considéré et/ou peut se produire à plusieurs reprises pendant la durée de vie des installations, malgré d'éventuelles mesures correctives.	$P > 10^{-2}$
B	Probable S'est produit et/ou peut se produire pendant la durée de vie des installations.	$10^{-3} < P \leq 10^{-2}$
C	Improbable Evénement similaire déjà rencontré dans le secteur d'activité ou dans ce type d'organisation au niveau mondial, sans que les éventuelles corrections intervenues depuis apportent une garantie de réduction significative de sa probabilité.	$10^{-4} < P \leq 10^{-3}$
D	Rare S'est déjà produit mais a fait l'objet de mesures correctives réduisant significativement la probabilité.	$10^{-5} < P \leq 10^{-4}$
E	Extrêmement rare Possible mais non rencontré au niveau mondial. N'est pas impossible au vu des connaissances actuelles.	$\leq 10^{-5}$

Tableau 31 : 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_{ERC} = probabilité que l'événement redouté central (défaillance) se produise = probabilité de départ

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

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

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

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

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

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 acceptables, et l'évènement est jugé sans effet majeur et ne 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 32 : 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 171,5 m pour les éoliennes E1, E2 et E6, et 164,5 m pour les éoliennes E3, E4, E5 et E7 de l'extension du parc éolien de l'Epine Marie-Madeleine.

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

Intensité

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

Le tableau ci-dessous permet d'évaluer l'intensité du phénomène d'effondrement de l'éolienne dans le cas de l'extension du parc éolien de l'Epine Marie-Madeleine. R est la longueur de pale (R= 63,4 m), H la hauteur du mat (H= 103,9 m pour les N131-TS106 et 96,9 m pour les N131-R99), L la largeur du mat (L= 4,3 m) et LB la largeur de la base de la pale (LB= 2,9 m).

Effondrement de l'éolienne N131-TS106			
Zone d'impact en m ²	Zone d'effet du phénomène étudié en m ²	Degré d'exposition du phénomène étudié en %	Intensité
$Z_I = (H \times L) + (3 \times R \times LB/2)$	$Z_E = \pi \times (H+R)^2$	$d = (Z_I/Z_E) \times 100$	
723	87 931	0,8 (<1%)	Exposition modérée

Effondrement de l'éolienne N131-R99			
Zone d'impact en m ²	Zone d'effet du phénomène étudié en m ²	Degré d'exposition du phénomène étudié en %	Intensité
$Z_I = (H \times L) + (3 \times R \times LB/2)$	$Z_E = \pi \times (H+R)^2$	$d = (Z_I/Z_E) \times 100$	
692	80 727	0,9 (<1%)	Exposition modérée

Tableau 33 : 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.

¹ 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.

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 :

Effondrement de l'éolienne		
Eolienne	Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)	Gravité
E1	0,1	Modérée
E2	0,092	Modérée
E3	0,096	Modérée
E4	0,113	Modérée
E5	0,11	Modérée
E6	0,092	Modérée
E7	0,1	Modérée

Tableau 34 : 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 35 : 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'expérience¹, 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.

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

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

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

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

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

Acceptabilité

Le tableau suivant rappelle, pour chaque aérogénérateur de l'extension du parc éolien de l'Epine Marie-Madeleine, la gravité associée et le niveau de risque (acceptable/inacceptable).

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

Tableau 36 : Détermination de l'acceptabilité du risque du scénario « effondrement de l'éolienne »

⇒ Ainsi, pour l'extension du parc éolien de l'Epine Marie-Madeleine, 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 mat de l'éolienne. Pour l'extension du parc éolien de l'Epine Marie-Madeleine, **la zone d'effet a donc un rayon de 65,5 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 de l'extension du parc éolien de l'Epine Marie-Madeleine. Z_I est la zone d'impact, Z_E est la zone d'effet, R est le rayon du rotor ($R= 65,5$ m), SG est la surface du morceau de glace majorant ($SG= 1$ m²).

Chute de glace N131-TS106 et N131-R99			
Zone d'impact en m ²	Zone d'effet du phénomène étudié en m ²	Degré d'exposition du phénomène étudié en %	Intensité
$Z_I = SG$	$Z_E = \pi \times R^2$	$d = (Z_I/Z_E) \times 100$	
1	13 478	0,01 (< 1 %)	Exposition modérée

Tableau 37 : 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	Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)	Gravité
E1	0,014	Modérée
E2	0,014	Modérée
E3	0,014	Modérée
E4	0,019	Modérée
E5	0,025	Modérée
E6	0,014	Modérée
E7	0,014	Modérée

Tableau 38 : Evaluation de la gravité dans le scenario « 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 de l'extension du parc éolien de l'Epine Marie-Madeleine, 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
E1	Modérée	Acceptable
E2	Modérée	Acceptable
E3	Modérée	Acceptable
E4	Modérée	Acceptable
E5	Modérée	Acceptable
E6	Modérée	Acceptable
E7	Modérée	Acceptable

Tableau 39 : Détermination de l'acceptabilité du risque du scenario « chute de glace »

⇒ Ainsi, pour l'extension du parc éolien de l'Epine Marie-Madeleine, 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 de l'extension du parc éolien de l'Epine Marie-Madeleine. d est le degré d'exposition, Z_I la zone d'impact, Z_E la zone d'effet, R le rayon du rotor (R= 65,5 m) et LB la largeur de la base de la pale (LB= 2,9 m).

Chute d'éléments de l'éolienne – N131-TS106 et N131-R99			
Zone d'impact en m ²	Zone d'effet du phénomène étudié en m ²	Degré d'exposition du phénomène étudié en %	Intensité
$Z_I = R \times LB/2$	$Z_E = \pi \times R^2$	$d = (Z_I/Z_E) \times 100$	
95	13 478	0,7 (> 1%)	Exposition modérée

Tableau 40 : Evaluation de l'intensité dans le scenario 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 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 d'éléments de l'éolienne		
Eolienne	Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)	Gravité
E1	0,014	Modérée
E2	0,014	Modérée
E3	0,014	Modérée
E4	0,019	Modérée
E5	0,025	Modérée
E6	0,014	Modérée
E7	0,014	Modérée

Tableau 41 : Evaluation de la gravité dans le scenario « 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 4.47×10^{-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 de l'extension du parc éolien de l'Epine Marie-Madeleine, la gravité associée et le niveau de risque (acceptable/inacceptable) :

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

Tableau 42 : Détermination de l'acceptabilité du risque du scénario « chute d'éléments de l'éolienne »

⇒ Ainsi, pour l'extension du parc éolien de l'Epine Marie-Madeleine, 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 de l'extension du parc éolien de l'Epine Marie-Madeleine. 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 ($R = 63,4$ m), R_E correspond au rayon d'effet de projection de pale et LB la largeur de la base de la pale ($LB = 2,9$ m).

Projection de pale ou de fragment de pale - N131-TS106 et N131-R99			
Zone d'impact en m ²	Zone d'effet du phénomène étudié en m ²	Degré d'exposition du phénomène étudié en %	Intensité
$Z_I = R \times LB / 2$	$Z_E = \pi \times R_E^2$	$d = (Z_I / Z_E) \times 100$	
92	785 398	0,012 (< 1%)	Exposition modérée

Tableau 43 : 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 pale ou de fragment de pale		
Eolienne	Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)	Gravité
E1	0,98	Modérée
E2	0,91	Modérée
E3	0,89	Modérée
E4	1,00	Sérieuse
E5	1,05	Sérieuse
E6	0,95	Modérée
E7	1,02	Sérieuse

Tableau 44 : 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	1×10^{-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 45 : 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 de l'extension du parc éolien de l'Epine Marie-Madeleine, la gravité associée et le niveau de risque (acceptable/inacceptable) :

Projection de pale ou de fragment de pale		
Eolienne	Gravité	Niveau de risque
E1	Modérée	Acceptable
E2	Modérée	Acceptable
E3	Modérée	Acceptable
E4	Sérieuse	Acceptable
E5	Sérieuse	Acceptable
E6	Modérée	Acceptable
E7	Sérieuse	Acceptable

Tableau 46 : Détermination de l'acceptabilité du risque du scénario « projection de pale ou de fragment de pale »

⇒ Ainsi, pour l'extension du parc éolien de l'Epine Marie-Madeleine, 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 :

Distance d'effet = 1,5 x (hauteur de moyeu + diamètre de rotor),
soit 355,5 m pour les éoliennes N131-TS106 et 345 m pour les éoliennes N131-R99

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 m²) 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 NORDEX dans le cas de l'extension du parc éolien de l'Epine Marie-Madeleine. d est le degré d'exposition, ZI la zone d'impact, Z_E la zone d'effet, R le rayon rotor (R= 65,5 m), H la hauteur au moyeu (H= 106 m pour les N131-TS106 et 99 m pour les N131-R99), et SG la surface majorante d'un morceau de glace.

Projection de morceaux de glace N131-TS106			
Zone d'impact en m ²	Zone d'effet du phénomène étudié en m ²	Degré d'exposition du phénomène étudié en %	Intensité
Z _I = SG	Z _E = π x (1,5 x H+2 x R) ²	d = (Z _I /Z _E) x 100	
1	397 035	0,0003 (< 1%)	Exposition modérée

Projection de morceaux de glace N131-R99			
Zone d'impact en m ²	Zone d'effet du phénomène étudié en m ²	Degré d'exposition du phénomène étudié en %	Intensité
Z _I = SG	Z _E = π x (1,5 x H+2 x R) ²	d = (Z _I /Z _E) x 100	
1	373 928	0,0003(< 1%)	Exposition modérée

Tableau 47 : 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	Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)	Gravité
E1	0,5	Modéré
E2	0,4	Modéré
E3	0,4	Modéré
E4	0,44	Modéré
E5	0,55	Modéré
E6	0,49	Modéré
E7	0,47	Modéré

Tableau 48 : 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 de l'extension du parc éolien de l'Epine Marie-Madeleine, 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
E1	Modéré	Oui	Acceptable
E2	Modéré	Oui	Acceptable
E3	Modéré	Oui	Acceptable
E4	Modéré	Oui	Acceptable
E5	Modéré	Oui	Acceptable
E6	Modéré	Oui	Acceptable
E7	Modéré	Oui	Acceptable

Tableau 49 : Détermination de l'acceptabilité du risque du scénario « projection de morceaux de glace »

⇒ Ainsi, pour l'extension du parc éolien de l'Epine Marie-Madeleine, 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

Les tableaux suivants récapitulent, 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 (171,1 m pour les N131-TS106 et 164,5 m pour les N131-R99)	Rapide	Exposition modérée	D	Modérée E1, E2, E3, E4, E5, E6, E7
Chute d'élément de l'éolienne	Zone de survol des pales (de rayon 65,5 m)	Rapide	Exposition modérée	C	Modérée E1, E2, E3, E4, E5, E6, E7
Chute de glace	Zone de survol des pales (de rayon 65,5 m)	Rapide	Exposition modérée	A	Modérée E1, E2, E3, E4, E5, E6, E7
Projection de pale	500 m autour de l'éolienne	Rapide	Exposition modérée	D	Modérée E1, E2, E3, E6 Sérieuse E4, E5, E7
Projection de glace	1,5 x (H+2R) autour de l'éolienne soit un disque de rayon 355,5 m pour les N131-TS106 et de 345 m pour les N131-R99	Rapide	Exposition modérée	B	Modérée E1, E2, E3, E4, E5, E6, E7

Tableau 50 : Synthèse des scénarios étudiés pour l'ensemble des éoliennes du parc

8.3.2. Synthèse de l'acceptabilité des risques

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

Pour conclure à l'acceptabilité, la matrice de criticité ci-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 : S1 ;
- Chute de glace des éoliennes : S2 ;
- Effondrement des éoliennes : S3 ;
- Projection de glace des éoliennes : S4 ;
- Projection de pale des éoliennes : S5.

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	S3; S5 (E4, E5, E7)	Jaune	Jaune	Rouge
Modéré	Vert	S5 (E1, E2, E3, E6)	S1	S4	S2

Légende de la matrice :

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

Figure 19 : Matrice de criticité de l'installation (source : INERIS/SER/FEE, 2012)

Il apparaît au regard de la matrice ainsi complétée que :

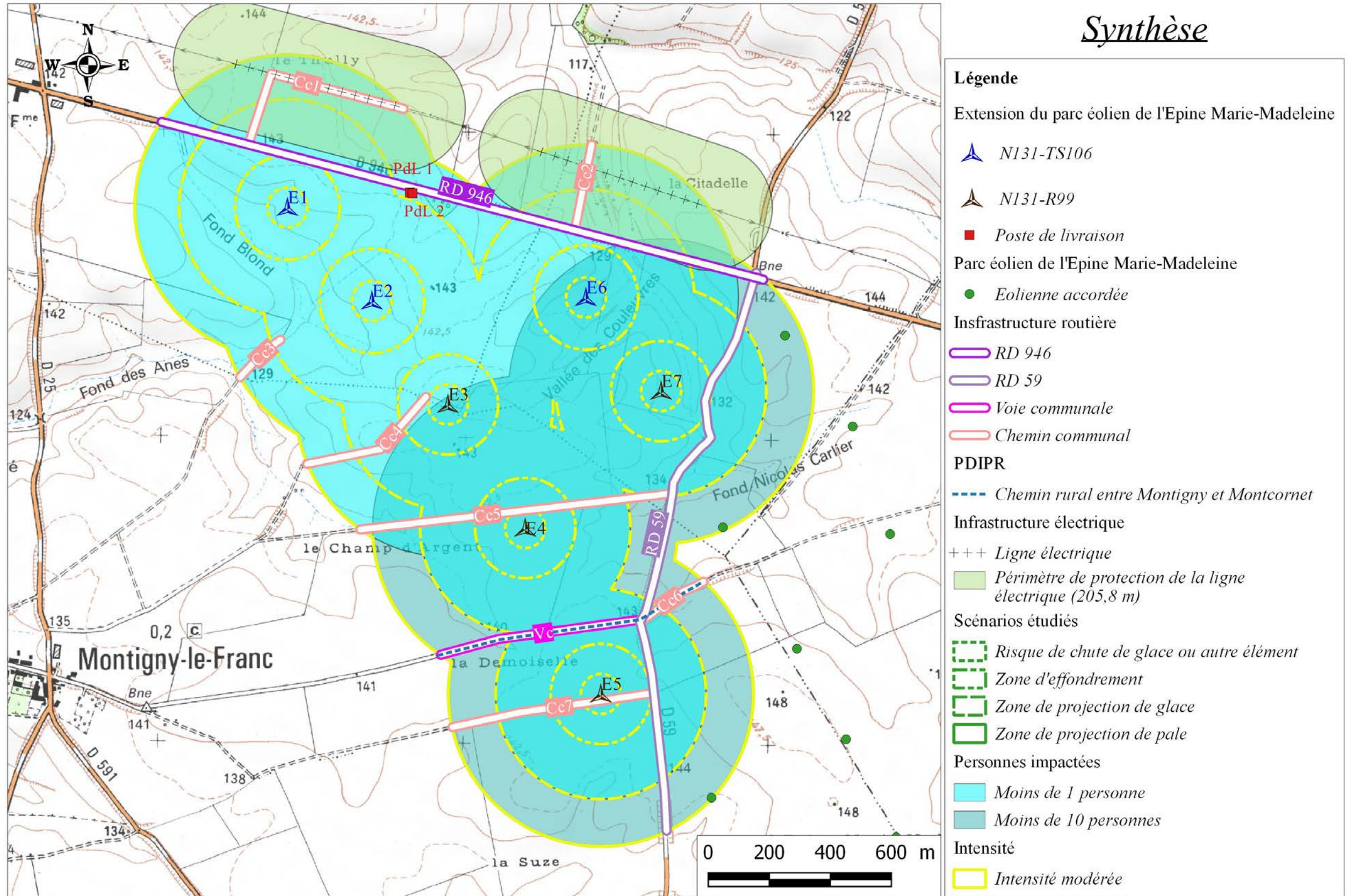
- Aucun accident n'apparaît dans les cases rouges de la matrice
- Certains accidents figurent en case jaune. Pour ces accidents, il convient de souligner que les fonctions de sécurité détaillées dans la partie 7.6 sont mises en place.

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



Source: Scan 100® - Copie et reproduction interdites
Réalisation ATER Environnement Août 2017.

Carte 16 : Synthèse des risques sur le périmètre d'étude de dangers

9 CONCLUSION

Les principaux risques d'accidents majeurs identifiés pour l'extension du parc éolien de l'Epine Marie-Madeleine 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 défini entre 0,014 et 0,025 personne engendrant une gravité modérée dans le cas d'une chute de glace ou d'une chute d'éléments. Sur cette zone, seuls des champs et des chemins communaux sont présents. L'enjeu humain restera inférieur à 1 personne.

Dans la zone d'effondrement de la machine, l'enjeu humain est évalué entre 0,092 et 0,113 personne. Sur cette zone, des champs mais également des chemins communaux et des routes départementales 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 0,4 et 0,55 personne. Toutes les infrastructures routières étudiées dans cette étude sont observées dans cette zone. Toutefois, en l'absence d'infrastructure structurante, l'enjeu humain est nettement inférieur à 1 personne.

Enfin, dans la zone de projection de pale, l'enjeu humain est évalué entre 0,91 et 1,05 personnes. Néanmoins, le niveau de risque reste acceptable. Toutes les infrastructures routières étudiées dans cette étude sont également observées dans cette zone. Toutefois, en l'absence d'infrastructure structurante, l'enjeu humain est nettement inférieur à 10 personnes.

Rappelons que cette zone est concernée par le bris de pale pour lequel la probabilité de réalisation est de D « S'est produit mais a fait l'objet de mesures correctives réduisant significativement la probabilité ».

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 analysé :

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

L'incendie peut aussi être provoqué par l'échauffement des pièces mécaniques en cas d'emballement du rotor (survitesses). 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'emballement de l'éolienne constitue un facteur aggravant en cas de projection de tout ou partie d'une pale. Cet emballement peut notamment être provoqué par la perte d'utilité décrite au 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, emballement 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_{ERC} = probabilité que l'événement redouté central (défaillance) se produise = probabilité de départ

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

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

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

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

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

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

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^e versie. S1* ;
 DDRM de l'Ainse (2015) – Dossier Départemental des Risques Majeurs ;
 Guillet R., Leteutrois 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 Picardie (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 de l'Aisne (2015) – Dossier Départemental des Risques Majeurs ;
- SRE Picardie (2012) – Schéma Régional Eolien ;
- SCoT Pays de la Serre – PADD version n°4 (2016) ;
- Office de tourisme de Vervins ;
- Direction de l'Aménagement du Territoire, de l'Economie et du Développement Durable, Aménagement Rural de l'Aisne ;
- 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 ;
- www.argiles.fr ;
- www.asn.fr ;
- www.capareseau.fr ;
- www.cartes-topographiques.fr ;
- www.NORDEX.fr ;
- www.inondationsnappes.fr ;
- www.metweb.fr ;
- www.planseisme.fr ;
- www.prim.net ;
- www.statistiques-locales.insee.fr.

10.5. TABLE DES ILLUSTRATIONS

10.5.1. Liste des figures

Figure 1 : Répartition par constructeur de la puissance éolienne raccordée totale en France en décembre 2015 (source : FEE, 2016)	8
Figure 2 : Structure du groupe NORDEX SE (source : Nordex, 2016)	8
Figure 3 : Organigramme de la société NORDEX France S.A.S. (source : Nordex, 2016)	9
Figure 4 : Illustration des températures de 1981 à 2010 – Station de Reims-Champagne (source : Infoclimat.fr, Station de Reims-Champagne 2016)	18
Figure 5 : Illustration des précipitations de 1981 à 2010 – Station de Reims-Champagne (source : Infoclimat.fr, Station de Reims-Champagne 2016)	18
Figure 6 : Rose des vents (source : Nordex)	19
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 150m de hauteur totale) (source : INERIS/SER/FERR, 2012)	31
Figure 8 : Ecorché simplifié de l'intérieur de la nacelle NORDEX N 131 (source : Nordex, 2013)	33
Figure 9 : Illustration des consignes en cas d'urgence, implantées à la base des mâts et des nacelles pour chaque éolienne (source : Nordex, 2016)	35
Figure 10 : Positionnement des détecteurs d'incendie dans la nacelle (source : Nordex, 2016)	36
Figure 11 : Vue d'ensemble des dispositifs de protection parafoudre dans l'éolienne (source : Nordex, 2016)	37
Figure 12 : Raccordement électrique des installations (source : INERIS/SER/FEE, 2012)	40
Figure 13 : Vue en coupe des tranchées selon le nombre de câbles passés (source : NORDEX, 2016)	41
Figure 14 : Schéma des postes de livraison (source : Nordex, 2016)	41
Figure 15 : 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 16 : Répartition des événements accidentels dans le monde entre 2000 et 2010 (source : SER/FEE/INERIS, 2012)	49
Figure 17 : Répartition des causes premières d'accident pour le parc éolien mondial (source : SER/FEE/INERIS, 2012)	49
Figure 18 : Evolution du nombre d'incidents annuels en France et nombre d'éoliennes installées (source : INERIS/SER/FEE, 2012)	50
Figure 19 : Matrice de criticité de l'installation (source : INERIS/SER/FEE, 2012)	71

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 « Parc éolien Nordex 72 SAS » (source : NORDEX, 2016)	7
Tableau 4 : Références du signataire pouvant engager la société (source : NORDEX, 2016)	7
Tableau 5 : Historique du développement de la société Nordex (Nordex, 2016)	7
Tableau 6 : Capacité éolienne installée par NORDEX France et part de marché depuis 2004 - développement interne et externe (source : NORDEX, 2016)	7
Tableau 7 : Identification des parcelles cadastrales (source : NORDEX, 2016)	11
Tableau 8 : Quelques indicateurs de la population et leur logement (Insee, 2012)	15
Tableau 9 : Liste des établissements ICPE présents sur un des territoires d'accueil (source : Basias, Novembre 2016)	17
Tableau 10 : Risques présents sur les communes d'accueil du projet (source : DDRM 02, 2015)	19
Tableau 11 : Inventaires des arrêtés de catastrophe naturelle sur les territoires d'accueil du projet (source : prim.net, Novembre 2016)	19
Tableau 12 : Distance des éoliennes par rapport aux infrastructures routières présentes dans le périmètre d'étude de dangers	23
Tableau 13 : Définition de l'enjeu humain relatif aux terrains non bâtis – N131-TS106	26
Tableau 14 : Définition de l'enjeu humain relatif aux terrains non bâtis – N131-R99	26
Tableau 15 : Récapitulatif des enjeux humains	29

Tableau 16 : Longueur des chemins d'accès à créer et à rénover (source : Nordex, 2016)	31
Tableau 17 : Coordonnées géographiques du parc éolien	33
Tableau 18 : Synthèse du fonctionnement des aérogénérateurs NORDEX selon le tableau type de l'INERIS/SER/FEE, 2012	34
Tableau 19 : Produits sortants de l'installation (source : Nordex – 2016)	43
Tableau 20 : Potentiels de dangers liés au fonctionnement de l'installation (source : guide INERIS/SER/FEE, 2012)	44
Tableau 21 : Liste des autres produits susceptibles d'être mis en œuvre sur l'installation (source : Nordex, 2016)	44
Tableau 22 : Liste des incidents intervenus en France (source : Base de données ARIA, mise à jour 16/11/2016)	48
Tableau 23 : Liste des accidents humains inventoriés (source : Base de données ARIA, mise à jour 16/11/2016)	49
Tableau 24 : Liste des agressions externes liées aux activités humaines (Source : INERIS/SER/FEE, 2012)	51
Tableau 25 : Liste des agressions externes liées aux phénomènes naturels (source : INERIS/SER/FEE, 2012)	52
Tableau 26 : Analyse générique des risques (source : INERIS/SER/FEE, 2012)	54
Tableau 27 : Ensemble des fonctions de sécurité (Source : INERIS/SER/FEE, 2012)	58
Tableau 28 : Scenarios exclus (Source : INERIS/SER/FEE, 2012)	59
Tableau 29 : Degré d'exposition (source : INERIS/SER/FEE, 2012)	61
Tableau 30 : Critères permettant d'apprécier les conséquences de l'événement (source : arrêté du 29 septembre 2005)	62
Tableau 31 : Grille de criticité du scénario redouté (source : arrêté du 29 septembre 2005)	62
Tableau 32 : Matrice de criticité de l'installation (source : INERIS/SER/FEE, 2012)	63
Tableau 33 : Evaluation de l'intensité dans le scénario effondrement de la machine	64
Tableau 34 : Evaluation de la gravité dans le scénario de l'effondrement de l'éolienne	64
Tableau 35 : Fréquence d'effondrement d'une éolienne dans la littérature (source : INERIS/SER/FEE, 2012)	64
Tableau 36 : Détermination de l'acceptabilité du risque du scénario « effondrement de l'éolienne »	65
Tableau 37 : Evaluation de l'intensité dans le scénario de chute de glace	65
Tableau 38 : Evaluation de la gravité dans le scénario « chute de glace »	66
Tableau 39 : Détermination de l'acceptabilité du risque du scénario « chute de glace »	66
Tableau 40 : Evaluation de l'intensité dans le scénario de chute de glace	66
Tableau 41 : Evaluation de la gravité dans le scénario « chute d'éléments de l'éolienne »	66
Tableau 42 : Détermination de l'acceptabilité du risque du scénario « chute d'éléments de l'éolienne »	67
Tableau 43 : Evaluation de l'intensité dans le scénario « projection de pale ou de fragment de pale »	67
Tableau 44 : Evaluation de la gravité dans le scénario « projection de pale ou de fragment de pale »	68
Tableau 45 : Fréquence de rupture de tout ou partie de pale dans la littérature (source : INERIS/SER/FEE, 2012)	68
Tableau 46 : Détermination de l'acceptabilité du risque du scénario « projection de pale ou de fragment de pale »	68
Tableau 47 : Evaluation de l'intensité dans le scénario « projection de glace »	69
Tableau 48 : Evaluation de la gravité dans le scénario « projection de morceaux de glace »	69
Tableau 49 : Détermination de l'acceptabilité du risque du scénario « projection de morceaux de glace »	70
Tableau 50 : Synthèse des scénarios étudiés pour l'ensemble des éoliennes du parc	71

10.5.3. Liste des cartes

Carte 1 : Puissance installée par la société Nordex en France (source : Nordex France, 2016)	9
Carte 2 : Parcs éoliens Nordex en région Hauts-de-France (Nordex, 2016)	10
Carte 3 : Localisation géographique de l'installation	12
Carte 4 : Périmètre d'étude de dangers	14
Carte 5 : Distances aux premières habitations	16
Carte 6 : Gisement éolien de la Picardie, à 40 m d'altitude (source : Atlas Régional Eolien, 2003)	19
Carte 7 : Sensibilité des territoires d'accueil aux phénomènes d'inondations par remontée de nappe – Légende : Polygone violet / zone d'implantation du projet (source : inondationsnappes.fr, Juin 2016)	20
Carte 8 : Aléa retrait-gonflement des argiles sur le site d'étude – Légende : Polygone violet / zone d'implantation du projet (source : géorisques.gouv.fr, Novembre 2016)	20
Carte 9 : Zone sismique dans l'Aisne – Légende : Etoile bleue / localisation du site (source : planseisme.fr, 2016)	21
Carte 10 : Localisation des communes exposées aux risques de feux de forêts – Légende : Orange / Communes exposées, Cercle rouge / Département de l'Aisne (MEEDM, base de données Gaspar, mars 2010)	21
Carte 11 : Densité de foudroiement en France métropolitaine - Légende : Etoile / Localisation du projet (source : Météo France)	22
Carte 12 : Enjeux matériels dans le périmètre d'étude de dangers	24
Carte 13 : Enjeux humains dans le périmètre d'étude de dangers	28
Carte 14 : Chemins à créer et à renforcer (source : NORDEX 2016)	32
Carte 15 : Réseaux électriques internes à l'installation	42
Carte 16 : Synthèse des risques sur le périmètre d'étude de dangers	72