



DOSSIER 5b - ETUDE DE DANGERS

Parc éolien de Pierre Morains

Communes de Pierre-Morains et Clamanges

Département : Marne (51)

Février 2019 - VERSION N°2





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 : pauline.lemeunier@ater-environnement.fr

Rédacteur : Mme Pauline LEMEUNIER

SOMMAIRE

1	PREAMBULE	7	7
1.1.	OBJECTIF DE L'ÉTUDE DE DANGERS	7	7
1.2.	CONTEXTE LEGISLATIF ET REGLEMENTAIRE	7	7
1.3.	NOMENCLATURE DES INSTALLATIONS CLASSEES	8	8
2	INFORMATIONS GENERALES CONCERNANT L'INSTALLATION	9	9
2.1.	RENSEIGNEMENTS ADMINISTRATIFS	9	9
2.2.	LOCALISATION DU SITE	11	11
2.3.	DEFINITION DU PERIMETRE DE L'ÉTUDE	11	11
3	DESCRIPTION DE L'ENVIRONNEMENT DE L'INSTALLATION	13	13
3.1.	ENVIRONNEMENT LIE A L'ACTIVITE HUMAINE	13	13
3.2.	ENVIRONNEMENT NATUREL	16	16
3.3.	RISQUES NATURELS	17	17
3.4.	ENVIRONNEMENT MATERIEL	20	20
3.5.	CARTOGRAPHIE DE SYNTHESE	24	24
4	DESCRIPTION DE L'INSTALLATION	31	31
4.1.	CARACTERISTIQUES DE L'INSTALLATION	31	31
4.2.	FONCTIONNEMENT DE L'INSTALLATION	32	32
4.3.	FONCTIONNEMENT DES RESEAUX DE L'INSTALLATION	42	42
5	IDENTIFICATION DES POTENTIELS DE DANGERS DE L'INSTALLATION	46	46
5.1.	POTENTIELS DE DANGERS LIES AUX PRODUITS	46	46
5.2.	POTENTIELS DE DANGERS LIES AU FONCTIONNEMENT DE L'INSTALLATION	47	47
5.3.	REDUCTION DES POTENTIELS DE DANGERS A LA SOURCE	47	47
6	ANALYSE DES RETOURS D'EXPERIENCE	50	50
6.1.	INVENTAIRE DES ACCIDENTS ET INCIDENTS EN FRANCE	50	50
6.2.	INVENTAIRE DES ACCIDENTS ET INCIDENTS A L'INTERNATIONAL	52	52
6.3.	INVENTAIRE DES ACCIDENTS ET INCIDENTS SURVENU SUR LES SITES DE L'EXPLOITANT	53	53
6.4.	SYNTHESE DES PHENOMENES DANGEREUX REDOUTES ISSUS DU RETOUR D'EXPERIENCE	54	54
6.5.	LIMITES D'UTILISATION DE L'ACCIDENTOLOGIE	54	54
7	ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES	56	56
7.1.	OBJECTIF DE L'ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES	56	56
7.2.	RECENSEMENT DES EVENEMENTS EXCLUS DE L'ANALYSE DES RISQUES	56	56
7.3.	RECENSEMENT DES AGRESSIONS EXTERNES POTENTIELLES	56	56
7.4.	TABLEAU D'ANALYSE GENERIQUE DES RISQUES	57	57
7.5.	EFFETS DOMINOS	59	59
7.6.	MISE EN PLACE DES MESURES DE SECURITE	60	60
7.7.	CONCLUSION DE L'ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES	63	63
8	ETUDE DETAILLEE DES RISQUES	64	64
8.1.	RAPPEL DES DEFINITIONS	64	64
8.2.	CARACTERISATION DES SCENARIOS RETENUS	66	66
8.3.	SYNTHESE DE L'ETUDE DETAILLEE DES RISQUES	75	75
9	CONCLUSION	77	77
10	ANNEXES	79	79
10.1.	SCENARIOS GENERIQUES ISSUS DE L'ANALYSE	79	79
10.2.	PROBABILITE D'ATTEINTE ET RISQUE INDIVIDUEL	81	81
10.3.	GLOSSAIRE	81	81
10.4.	BIBLIOGRAPHIE	83	83
10.5.	TABLE DES ILLUSTRATIONS	84	84
10.6.	COORDONNEES GEOGRAPHIQUES DES EOLIENNES ET DU POSTE DE LIVRAISON	85	85
10.7.	K-BIS	86	86

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 « Parc éolien de Pierre-Morains », assistant à la maîtrise d'ouvrage et futurs exploitants du parc, pour caractériser, analyser, évaluer, prévenir et réduire les risques du parc éolien de Pierre-Morains sur les communes de Pierre-Morains et Clamanges, autant que technologiquement réalisable et économiquement acceptable, et que leurs causes soient intrinsèques aux substances ou matières utilisées, liées aux procédés mis en œuvre, ou dues à la proximité d'autres risques d'origine interne ou externe à l'installation.

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

Elle précise l'ensemble des mesures de maîtrise des risques mises en œuvre sur le parc éolien de Pierre-Morains, 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 termes de gravité, de probabilité et de cinétique de développement en tenant compte de l'efficacité des mesures de prévention et de protection ;
- Représentation cartographique ;
- Résumé non technique de l'étude des dangers.

De même, la circulaire du 10 mai 2010 récapitulant les règles méthodologiques applicables aux études de dangers, à l'appréciation de la démarche de réduction du risque à la source et aux plans de prévention des risques technologiques (PPRT) dans les installations classées en application de la loi du 30 juillet 2003 précise le contenu attendu de l'étude de dangers et apporte des éléments d'appréciation des dangers pour les installations classées soumises à autorisation.

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

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

1.3. NOMENCLATURE DES INSTALLATIONS CLASSEES

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

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

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

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

Le parc éolien de Pierre-Morains comprend au moins un aérogénérateur dont le mât a une hauteur supérieure ou égale à 50 m (la hauteur de mât maximale est de 102 m) : cette installation est donc soumise à autorisation (A) au titre des installations classées pour la protection de l'environnement et doit présenter une étude de dangers au sein de sa demande d'Autorisation Environnementale.

Pour mémoire : De manière plus précise, le parc éolien de Pierre-Morains est composé de 9 éoliennes de puissance nominale maximale de 4,5 MW. La puissance totale maximale du parc est donc de 40,5 MW. Les aérogénérateurs envisagés ne sont pas connus précisément à la date du dépôt du présent dossier. Cependant, les données de vent sur le site ainsi que les contraintes et servitudes ont permis de définir un gabarit de machines qui seront installés sur les positions précises. Les caractéristiques techniques maximales des éoliennes choisies sont fournies dans le tableau ci-dessous.

Machine	Gabarit maximal
Diamètre rotor (m)	150
Longueur de pale (m)	73,7
Diamètre base pale (m)	3,67
Hauteur moyeu (m)	105
Hauteur mât (m)	102
Diamètre base mât (m)	5
Hauteur totale machine (m)	180
Puissance nominale (MW)	4,5

Tableau 2 : Principales caractéristiques maximales des machines (source : WKN France, 2017)

2 INFORMATIONS GENERALES CONCERNANT L'INSTALLATION

2.1. RENSEIGNEMENTS ADMINISTRATIFS

Le demandeur est la Société « Parc éolien de Pierre-Morains », Maître d'Ouvrage du projet et futur exploitant du parc, filiale à 100% de **WKN GmbH**.

L'objectif final de la société **WKN GmbH** est la construction du parc avec les éoliennes les plus adaptées au site, la mise en service, l'opération et la maintenance du parc pour le compte de la SAS « Parc éolien de Pierre-Morains », pendant la durée d'exploitation du parc éolien.

La SAS « Parc éolien de Pierre-Morains », 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 de Pierre-Morains
Forme juridique	Société par actions simplifiée à associé unique
Capital social	100 euros
Siège social	10 Bd Emile Gabory, Immeuble « Le Cambridge » 44200 NANTES
Registre du Commerce	R.C.S Nantes
N° SIRET	829 544 956 00016
Code NAF	3511 Z / Production d'électricité

Tableau 3 : Référence administrative de la société « Parc éolien de Pierre-Morains » (source : WKN France, 2017)

Nom	STANZE
Prénom	Roland
Nationalité	Allemande
Qualité	Président

Tableau 4 : Références du signataire pouvant engager la société (source : WKN France, 2017)

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

La société **WKN GmbH**

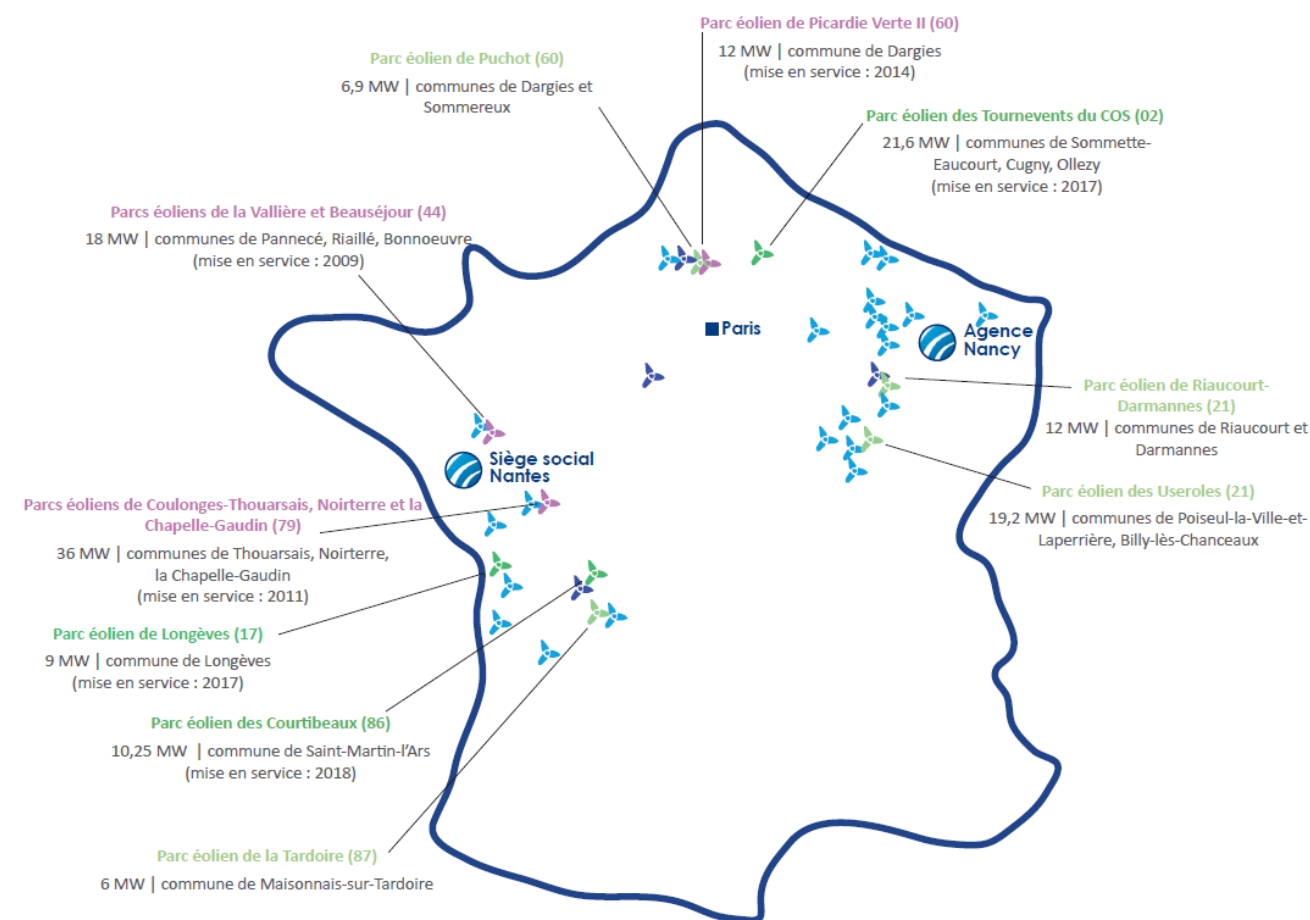
La société **WKN GmbH** a vu le jour en 1990 avec la création de WKN Windkraft Nord, société historique de développement et de réalisation de parcs éoliens en Allemagne, basée à Husum. La société a mis en service son premier parc en 1993 à Hedwigenkoog en Allemagne. Constitué de 10 éoliennes, ce projet pionnier constitue l'acte fondateur de la société. **WKN GmbH**, maison mère d'un groupe d'entreprises spécialisées dans les énergies renouvelables, est basée dans la Maison des Énergies du Futur qui accueille près de 170 salariés. Depuis 2000, le groupe étend ses activités en Europe (Espagne, Italie, France, Pologne, Suède notamment), aux États-Unis et plus récemment, en Afrique du Sud.

Compte tenu de sa position de leader sur le marché, le groupe bénéficie d'une relation privilégiée avec différents fabricants d'aérogénérateurs, ce qui garantit une livraison rapide des éoliennes sur site. La société **WKN GmbH** a installée près de 2300 MW d'énergie renouvelable dans le monde en s'appuyant sur un réseau d'investisseurs reconnus et fiables pour le développement de ses projets : institutions bancaires, producteurs européens d'électricité, fonds d'investissement (Enel, Dong Energy, Boralex, BNP Paribas, Allianz, etc.).

La filiale WKN France

Filiale à 100% de **WKN GmbH**, la société WKN France, créée en 2003, assure le développement et la construction de parcs éoliens. Afin de développer des projets de qualité, WKN France s'appuie à la fois sur une équipe expérimentée et engagée, mais aussi sur des règles fondamentales : mandater des experts indépendants, intégrer les enjeux environnementaux, proposer des mesures d'accompagnement adaptées au territoire et favoriser la concertation locale. WKN France s'appuie sur l'expérience de sa maison mère **WKN GmbH** pour les études de raccordement au réseau, le choix des aérogénérateurs, le dimensionnement des ouvrages de génie civil (fondations, voies d'accès, etc.) et l'ingénierie financière.

Depuis sa création, la société WKN France a travaillé sur le développement de plus de 500 MW éoliens. Depuis 2008, des projets de centrale photovoltaïque au sol sont également à l'étude.

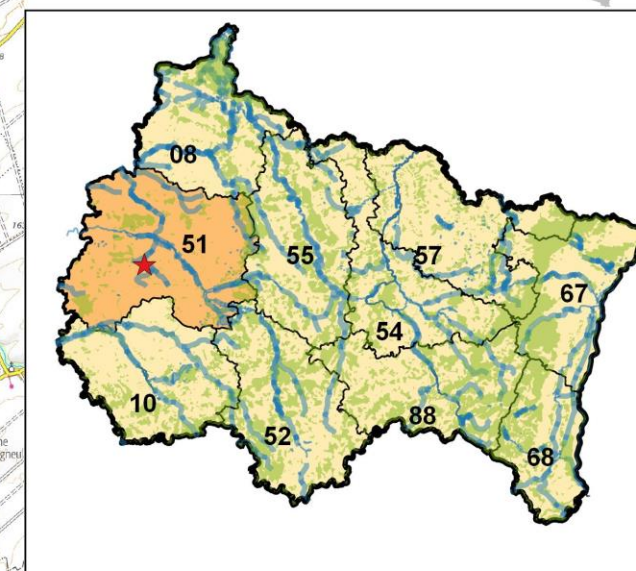
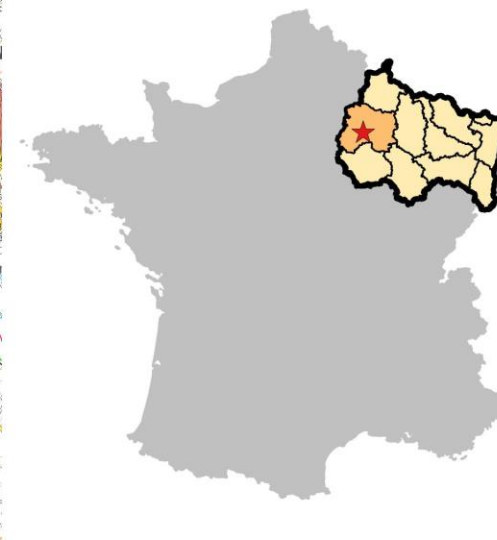


Carte 1 : Localisation des projets de parcs éoliens de la société WKN France (source : WKN France, 2018)

Localisation géographique

ATER Environnement
Aménagement du Territoire - Energies Renouvelables

Décembre 2017
Source : IGN 100®
Copie et reproduction interdites



Légende

Parc éolien de Pierre-Morains

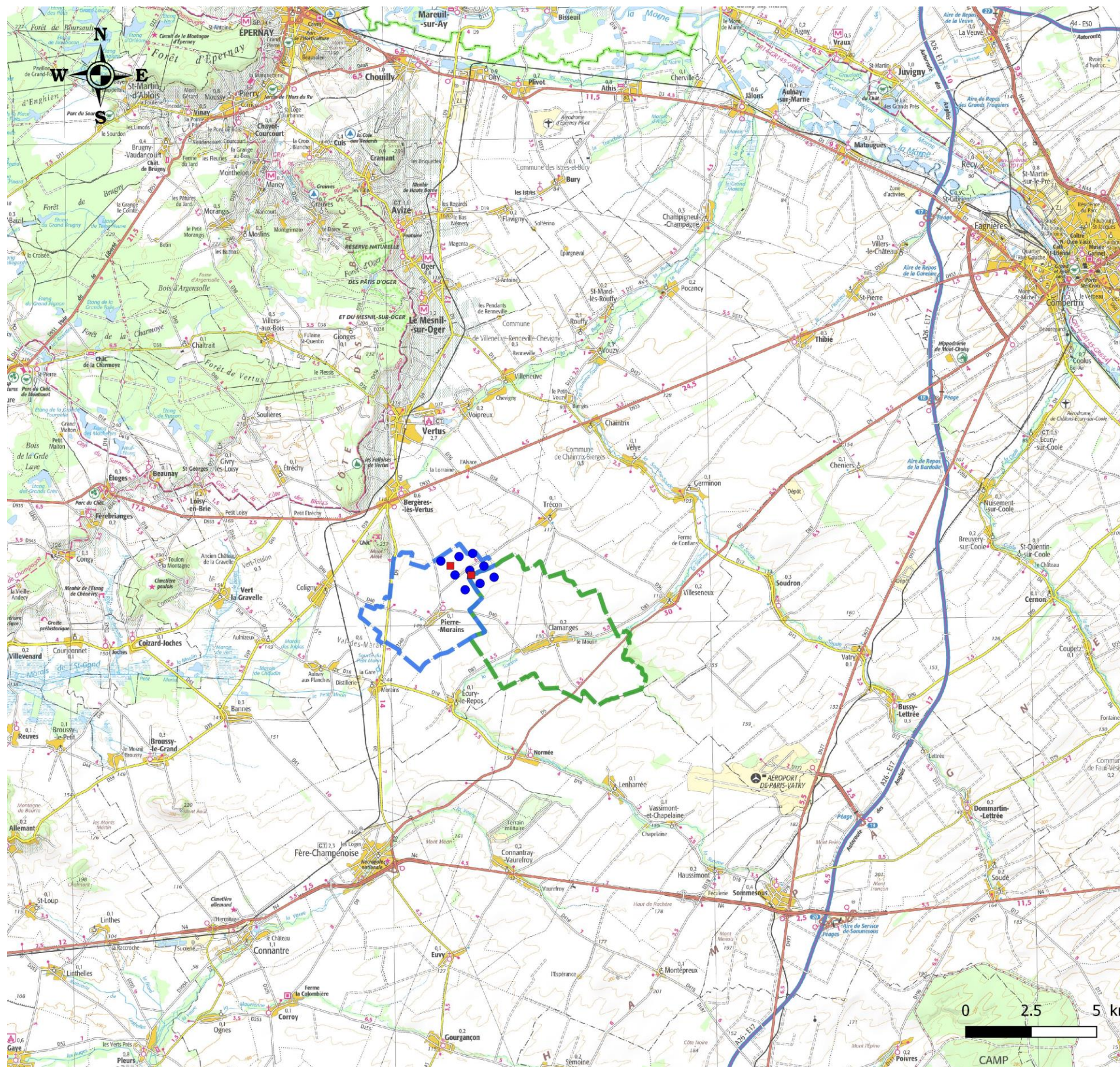
★ Localisation générale

● Eolienne

Limites communales

Clamanges

Pierre-Morains



2.2. LOCALISATION DU SITE

2.2.1. Localisation générale

Le projet est situé dans la nouvelle région Grand-Est dans le département de la Marne, et plus particulièrement sur le territoire de la Communauté d'Agglomération d'Épernay, Coteaux et Plaine de Champagne issue de la fusion de la Communauté de Communes de la Région de Vertus et de la Communauté de Communes Épernay Pays de Champagne. Il se localise sur les territoires communaux de Pierre-Morains et Clamanges.

Le projet est localisé à environ 5,5 km au Sud-Est du centre de Vertus, 20 km au Sud-Est du centre d'Épernay, 25 km au Sud-Ouest du centre de Châlons-en-Champagne et 43 km au Sud du centre-ville de Reims.

Deux autres communes sont localisées dans le périmètre d'étude de dangers et sera donc prise en considération dans cette étude : Trécon et Bergères-Lès-Vertus.

2.2.2. Identification cadastrale

Les parcelles concernées par l'activité de production d'électricité à partir de l'énergie mécanique du vent sont présentées dans le tableau ci-après. Toutes ces parcelles sont maîtrisées par le Maître d'Ouvrage via des promesses de bail emphytéotique et/ou des promesses de constitution de servitudes (accès, câblage, survol) signées avec les propriétaires fonciers, exploitants agricoles et les communes de Pierre-Morains et Clamanges.

Remarque : L'attestation de la maîtrise foncière se trouve dans le volume intitulé « Volume 3 : Présentation de la demande », joint au présent Dossier de Demande d'Autorisation Environnementale.

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

Construction	Commune	Lieu-Dit	Section	Numéro	Superficie des installations (m²)
E1	Clamanges	Les Lurets	ZC	3	1500
E2	Clamanges	Les Lurets	ZC	8	1500
E3	Pierre-Morains	L'Épinette	ZI	15	1500
E4	Pierre-Morains	La Tartelette	ZH	16	1500
E5	Pierre-Morains	L'Épinette	ZR	46	1500
E6	Pierre-Morains	Les Lunettes	ZR	38	1500
E7	Pierre-Morains	Les Hauts Debats	ZR	20	1500
E8	Pierre-Morains	Les Hauts Debats	ZR	3	1500
E9	Pierre-Morains	Le Peinon	ZH	3	1500
Poste de livraison 1	Pierre-Morains	Le Peinon	ZH	6	300
Poste de livraison 2	Pierre-Morains	L'Épinette	ZR	46	300
Poste de livraison 3	Pierre-Morains	L'Épinette	ZR	46	300
Total					14 400

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

2.3. DEFINITION DU PERIMETRE DE L'ETUDE

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

Chaque aire d'étude correspond à l'ensemble des points situés à une distance inférieure ou égale à 500 m à partir de l'emprise du mât de l'aérogénérateur. Cette distance équivaut à la distance d'effet retenue pour les phénomènes de projection, telle que définie au paragraphe 8.2.4.

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

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

A l'origine du projet, la zone d'implantation du projet (construite ou à construire au document d'urbanisme) a été définie au sein d'une zone agricole à partir de cercle d'évitement de 500 m autour de l'habitat (construit ou à venir). Les bourgs et hameaux situés à proximité du site sont :

- **Territoire de Trécon (RNU) :**
 - Première habitation à 2 525 m de l'éolienne E6 et 2 660 m de l'éolienne E7 ;
- **Territoire de Clamanges (Carte Communale) :**
 - Zone urbanisée à 2 905 m de l'éolienne E1 et 3 110 m de l'éolienne E2 ;
- **Territoire de Pierre-Morains (RNU) :**
 - Première habitation à 1 160 m de l'éolienne E3 et 1 925 m de l'éolienne E9.

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

- ⇒ Aucune habitation ou zone urbanisée ou à urbaniser n'est présente dans le périmètre de la zone d'étude de dangers ;
- ⇒ L'habitation la plus proche appartient à la commune de Pierre-Morains localisée à 1 160 m de l'éolienne E3.

Focus démographique sur les communes de Pierre-Morains, Clamanges, Trécon et Bergères-Lès-Vertus

Les territoires communaux intégrant le périmètre d'étude de dangers sont Pierre-Morains et Clamanges, commune d'accueil du projet ainsi que les territoires de Trécon et Bergères-Lès-Vertus.

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./km ²)	Nb de logement	Maisons individuelles
Pierre-Morains	97	7,2	48	97,9 %
Clamanges	221	9,4	101	100 %
Trécon	75	6,0	36	97,2 %
Bergères-Lès-Vertus	618	33,8	288	92,4 %

Tableau 6 : Quelques indicateurs de la population et leur logement (source : Insee, 2012)

Les communes intégrant le périmètre d'étude de dangers sont peu peuplées, la commune de Bergères-Lès-Vertus étant la plus peuplée avec 618 habitants recensés en 2014. Les densités de population estimées en 2012 à l'échelle des communes intégrant le périmètre d'étude de dangers sont inférieures à la densité du département dans lequel elles s'insèrent (Marne : 69,9 hab/km²). Ceci illustre le **caractère rural** de ces territoires communaux.

De manière générale, l'habitat est constitué en grande majorité de maisons individuelles. Chaque commune présente une ou deux zones urbaines. **L'habitat est donc concentré.**

Document d'urbanisme

Les territoires communaux de Pierre-Morains et Trécon sont soumis au Règlement National d'Urbanisme. L'urbanisation de la commune de Clamanges est soumise à une Carte Communale et celle de Bergères-Lès-Vertus à un Plan Local d'Urbanisme.

- ⇒ Le projet est compatible avec le Règlement National d'Urbanisme et la Carte Communale présente sur la commune de Clamanges ;
- ⇒ Toutes les habitations et/ou zones urbanisées ou à urbaniser sont situées à plus de 500 m des éoliennes du projet de Pierre-Morains.

Les communes du périmètre d'étude de dangers intègrent le périmètre du **SCoT d'Epernay et sa région**, approuvé le 27 juillet 2005, il est actuellement en révision et ce depuis 2013.

Le Projet d'Aménagement et de Développement Durable (PADD), ainsi que le Document d'Orientations Générales (DOG) du SCoT d'Epernay et sa région de 2005 ne mentionnent pas les énergies renouvelables, probablement en raison de leur ancienneté.

Le Projet d'Aménagement et de Développement Durable (PADD) du SCoT d'Epernay et sa région dont la deuxième version a été approuvée en comité syndical le 2 mars 2016 stipule que :

- **Les énergies renouvelables sont exploitées (éolien, solaire, géothermie) et la biomasse valorisée**
- « Par un renforcement des productions d'énergies renouvelables et une maîtrise des consommations, **le territoire se mobilise pour une politique énergétique durable**. Il prolonge la politique amorcée par le Plan Climat Air Energie Territorial et le Plan d'approvisionnement territorial sur le PNR » ;
- Afin « **d'accroître l'autonomie énergétique** en lien avec les ressources, le territoire vise particulièrement les filières à fort potentiel sur son périmètre :
 - La valorisation énergétique des ressources de la biomasse issues de la viticulture, de l'agriculture, du bois (en lien avec la filière-bois) et des boues d'épuration. Cette politique implique une structuration des filières d'approvisionnement et la réalisation d'équipements et réseaux de valorisation ;
 - La géothermie, suivant les secteurs et les typologies de projets ;
 - L'énergie solaire (thermique et photovoltaïque) sur les toitures, en veillant à son insertion paysagère dans les ensembles urbains comme dans le grand paysage ;
 - **L'éolien dans les secteurs favorables** ».
- « Le SCoT mettra en œuvre les objectifs associés au plan de gestion tant sur le plan de la protection et la conservation du patrimoine... [...] que la mise en valeur durable du bien avec :
 - La réhabilitation de l'avenue de Champagne à Epernay ;
 - La gestion durable de l'espace public de l'avenue de Champagne à Epernay ;
 - La réhabilitation des venelles, impasses et cours d'Aÿ ;
 - La démarche d'aménagement intégré des coteaux historiques : « Projet agir pour les coteaux historiques » ;
 - La démarche Forêt d'exception, label ONF des forêts domaniales de la Montagne de Reims ;
 - **La gestion de l'éolien.** »

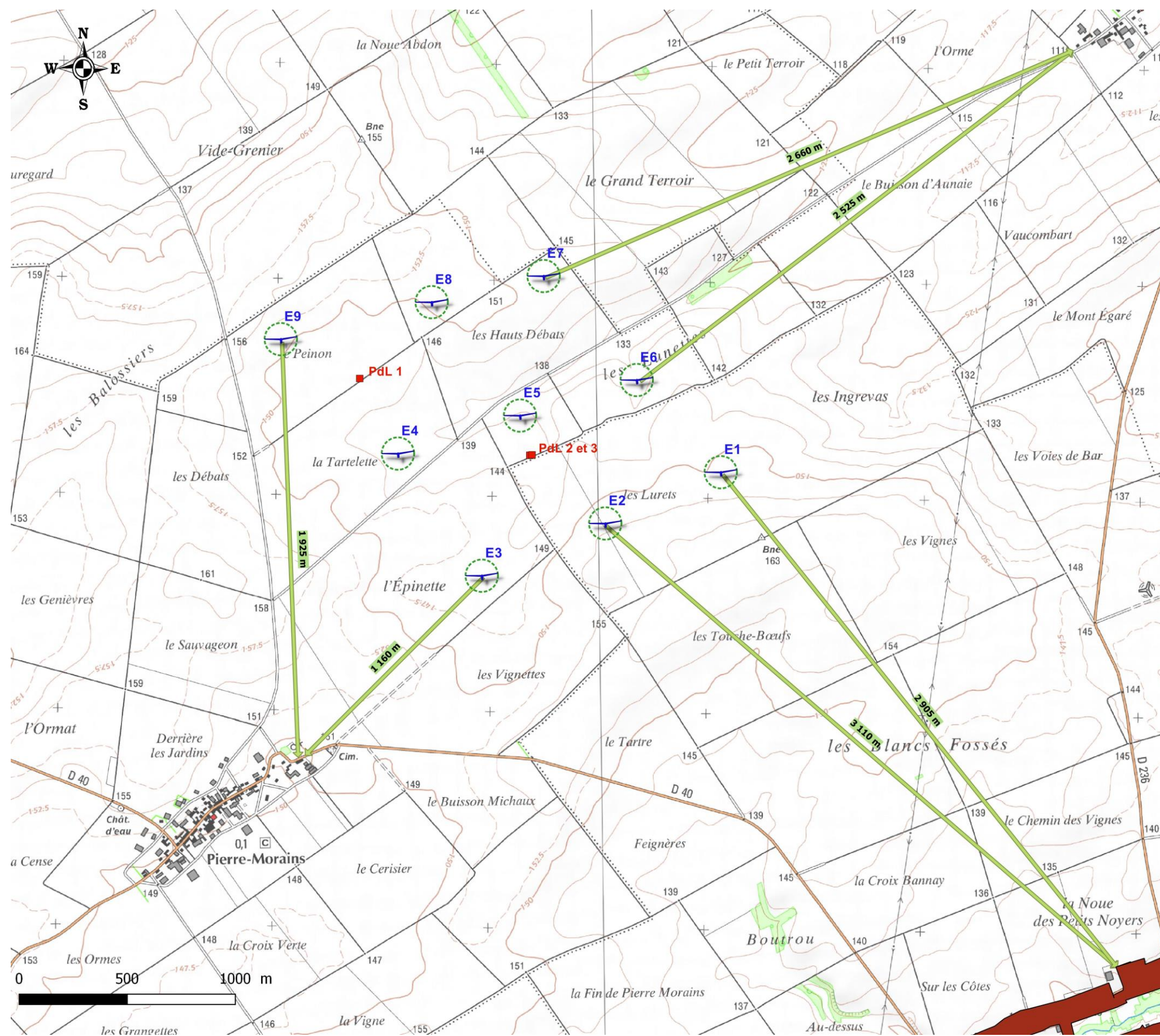
Le Document d'Orientations et d'Objectifs (DOO) du SCoT en révision est actuellement en cours de d'écriture.

- ⇒ Le projet est compatible avec la version 2 du PASS du SCoT d'Epernay et sa région.

Distances aux habitations








ATER Environnement
Aménagement du Territoire - Energies Renouvelables

Décembre 2017
Source : IGN 100®
Copie et reproduction interdites



Légende

Parc éolien de Pierre-Morains

-  Eolienne
-  Poste de livraison
-  Zone de surplomb maximale (75 m)
- Urbanisme
-  Habitation isolée
-  Zone urbanisée
-  Zone à urbaniser
-  Distance aux habitations

Carte 4 : Distance des machines par rapport aux habitations

3.1.2. Etablissement recevant du public (ERP)

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

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

Installation nucléaire de base

Dans le département de la Marne, il n'existe pas de centrale nucléaire. Il existe cependant dans le département voisin de l'Aube deux installations nucléaires de base (INB) :

- Le Centre Nucléaire de Production d'Electricité (CNPE) de Nogent-sur-Seine localisé à 52,3 km au Sud-Ouest du projet ;
- Le centre de Stockage de l'Aube (CSA) à Soullaine-Dhuys localisé à 68 km au Sud-Est du projet ;

⇒ 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 des communes concernées par le périmètre de l'étude de dangers.

Le site « SEVESO Seuil Haut AS » le plus proche est celui de la distillerie TEREOS localisée à 5,4 km au Sud-Ouest de l'éolienne E3, sur le territoire communal de Val-des-Marais.

Le site « Seveso Seuil Bas (SB) » le plus proche est celui de PROLOGIS sur le territoire de Bussy-Lettrée, localisé à 16 km au Sud-Est de la zone d'implantation potentielle.

Le Silo à Enjeux Très Importants « SETI » le plus proche est celui de la Coopérative agricole de Champagne sur le territoire de Val des Marais, à 4,1 km à l'Ouest de l'éolienne E9.

⇒ 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.) (hors éolien), **aucun établissement n'est inventorié** sur les communes de Pierre-Morains, Clamanges et Trécon (source : Basias, 2017). L'établissement le plus proche est localisé à 3,1 km au Nord-Ouest de l'éolienne E9 la plus proche. Il s'agit de la station-service « La folie de Bergère » située sur le territoire communal de Bergères-lès-Vertus.

⇒ Aucun établissement ICPE (hors éolien) n'intègre le périmètre de la zone d'étude de dangers. L'établissement le plus proche est localisé à 3,1 km au Nord-Ouest de l'éolienne E9.

Etablissement ICPE éolien

Le parc éolien construit le plus proche est le parc éolien de Clamanges et Villeseneux situé à 2 km de l'éolienne E1 la plus proche.

⇒ Le parc éolien de Clamanges et Villeseneux est localisé à 2 km de l'éolienne E1, la plus proche.

3.1.4. Autres activités

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

L'activité agricole est essentiellement tournée vers la culture et l'élevage. Les exploitations agricoles sont de tailles moyennes avec environ 35 ha/exploitation.

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

- **Pierre-Morains :**
 - Nombre d'exploitations : 13 ;
 - Surface Agricole Utile communale (SAU) : 1 569 ha ;
 - Cheptel en Unité Gros Bétail (UGB) : 1 ;
 - Superficie labourable : 1 561 ha ;
 - Superficie en cultures permanentes : 6 ha ;
 - Superficie toujours en herbe : Données soumises au secret statistique.
- **Clamanges :**
 - Nombre d'exploitations : 18 ;
 - Surface Agricole Utile communale (SAU) : 2 410 ha ;
 - Cheptel en Unité Gros Bétail (UGB) : 4 ;
 - Superficie labourable : 2 405 ha ;
 - Superficie en cultures permanentes : 3 ha ;
 - Superficie toujours en herbe : Données soumises au secret statistique.
- **Trécon :**
 - Nombre d'exploitations : 10 ;
 - Surface Agricole Utile communale (SAU) : 1 446 ha ;
 - Cheptel en Unité Gros Bétail (UGB) : 258 ;
 - Superficie labourable : 1 357 ha ;
 - Superficie en cultures permanentes : Données soumises au secret statistique ;
 - Superficie toujours en herbe : 85 ha.
- **Bergères-Lès-Vertus :**
 - Nombre d'exploitations : 138 ;
 - Surface Agricole Utile communale (SAU) : 857 ha ;
 - Cheptel en Unité Gros Bétail (UGB) : 4 ;
 - Superficie labourable : 696 ha ;
 - Superficie en cultures permanentes : 162 ha ;
 - Superficie toujours en herbe : 0 ha.

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

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

3.2. ENVIRONNEMENT NATUREL

3.2.1. Contexte climatique

Le territoire d'étude est soumis à **un climat océanique dégradé sous influence du climat continental**. Cela explique les hivers frais, les étés doux et les pluies fréquentes mais peu abondantes, réparties tout au long de l'année.

Remarque : La station de référence la plus proche est celle de l'aéroport de Paris – Vatry, localisée à 10,3 km au Sud-Est de la zone d'implantation potentielle. Cependant, celle-ci n'a été mise en service qu'à partir de 2013. La station disposant de relevés complets la plus proche est celle de Reims-Champagne, à 41,6 km au Nord de la zone d'implantation potentielle. (Source : Météo-France)

Températures

Le climat doux est très bien illustré par les relevés de la station de Reims-Champagne, puisque les hivers sont doux (les températures moyennes minimales sont toujours positives) et les étés moyennement chauds (les moyennes maximales ne dépassent pas les 25 °C). La température moyenne annuelle est d'environ 10,4°C.

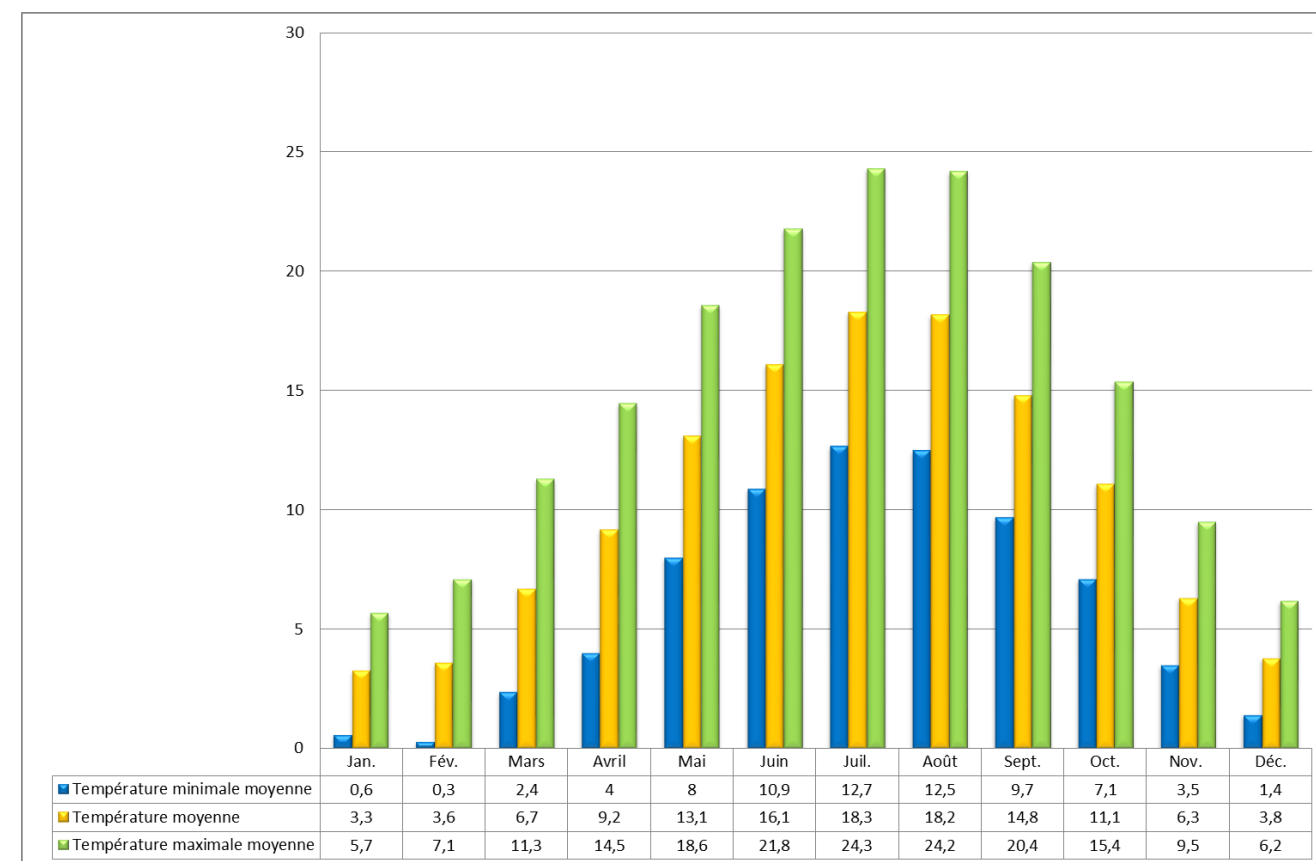


Figure 1 : Illustration des températures de 1930 - 2017 – Station de Reims-Champagne (source : météo-France, 2017)

Pluviométrie

Les précipitations sont réparties également toute l'année, avec un pic au mois de novembre, le mois de février étant le plus sec. Le total annuel des précipitations est relativement modeste avec 642 mm à Reims ; soit inférieur à la station de Nice (767 mm).

Cependant, le nombre de jours de pluie (63 à Nice, 171 à Reims) confirme le caractère océanique du climat.

Parc éolien de Pierre Morains – Territoires de Pierre-Morains et Clamanges (51)

Dossier de Demande d'Autorisation Environnementale

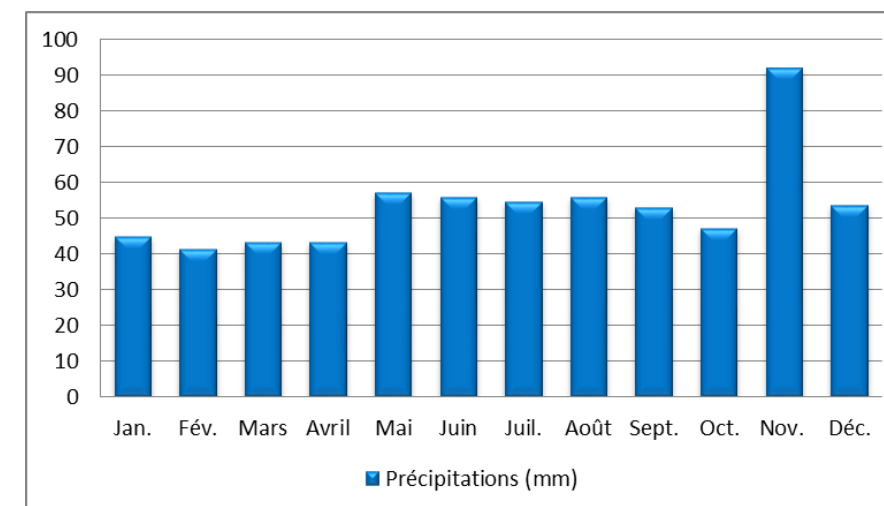


Figure 2 : Illustration des précipitations de 1930 à 2017 – Station de Troyes-Barbère (source : Météo-France, 2017)

Neige, gel

La ville de Reims compte plus de 21 jours de neige par an contre 14 jours par an pour la moyenne nationale. Elle connaît également 69 jours de gel par an ; la moyenne nationale est comprise entre 20 et 40.

Orage, grêle, brouillard, tempête

La ville de Reims compte 21 jours d'orage par an, chiffre supérieur à la moyenne nationale. Le climat est moyennement orageux avec une densité de foudroiement (18) quasiment identique à la moyenne nationale (20). Elle connaît également 65 jours de brouillard contre 40 jours par an pour la moyenne nationale. Enfin, elle compte 4 jours de grêle par an en moyenne.

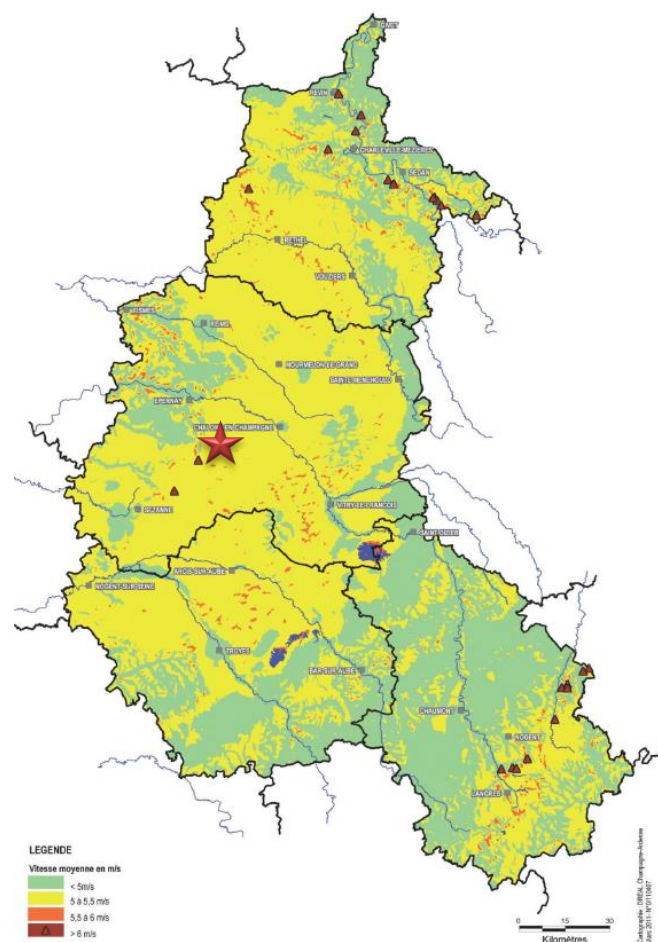
Le vent est dit fort lorsque les rafales dépassent 57 km/h. La ville de Reims connaît 43 jours par an de vent fort.

Ensoleillement

Le secteur d'étude bénéficie d'un ensoleillement inférieur à la moyenne nationale : 1 690 h pour la station de Reims contre 1 973 h pour la moyenne française.

3.2.2. Analyse des vents

D'après le Schéma Régional Eolien, le site d'étude intègre une zone bien ventée. Les vitesses de vent sont estimées, à 50 m d'altitude, entre 5,0 et 5,5 m/s.



Carte 5 : Gisement éolien de l'ancienne région Champagne-Ardenne à 50 m d'altitude – Légende : Etoile rouge / Localisation de la zone d'implantation potentielle (source : Schéma Régional Eolien, 2012)

Toutefois, le gisement éolien identifié a été réalisé à l'échelle régionale.

La vitesse de vent à 100 m d'altitude est de 6,29 m/s sur le site d'étude.

⇒ Grâce à l'étude du gisement vent, le productible du parc éolien de Pierre-Morains a été estimée à 110 400 MWh/an.

3.3. 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 la Marne d'un Dossier Départemental des Risques Majeurs (DDRM) approuvé le 23 mars 2012.

⇒ Notons que l'arrêté préfectoral de la Marne, en date du 07 janvier 2016 fixant la liste des communes concernées par un ou plusieurs risques majeurs, indique que les territoires communaux de Pierre-Morains, Clamanges et Trécon ne sont concernés par aucun risque majeur. En revanche, le territoire communal de Bergères-Lès-Vertus est concerné par un risque de mouvement de terrain par glissement et un risque de transport de matières dangereuses via la route et un gazoduc.

Arrêté de catastrophes naturelles

Les communes intégrant le périmètre d'étude de dangers ont fait l'objet d'un seul arrêté de catastrophe naturelle pour cause de :

Communes	Nature de la catastrophe naturelle	Date arrêté
Pierre-Morains, Clamanges, Trécon et Bergères-Lès-Vertus	Inondations, coulées de boue et mouvements de terrain	29/12/1999

Tableau 7 : Inventaires des arrêtés de catastrophe naturelle (source : georisques.gouv.fr, 2017)

Inondation

Définition

Une inondation est une submersion, rapide ou lente, d'une zone habituellement hors d'eau. Le risque inondation est la conséquence de deux composantes : l'eau qui peut sortir de son lit habituel d'écoulement (ou apparaître) et l'homme qui s'installe dans la zone inondable pour y implanter toutes sortes de constructions, d'équipements et d'activités.

On distingue trois types d'inondations :

- La montée lente des eaux en région de plaine 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.

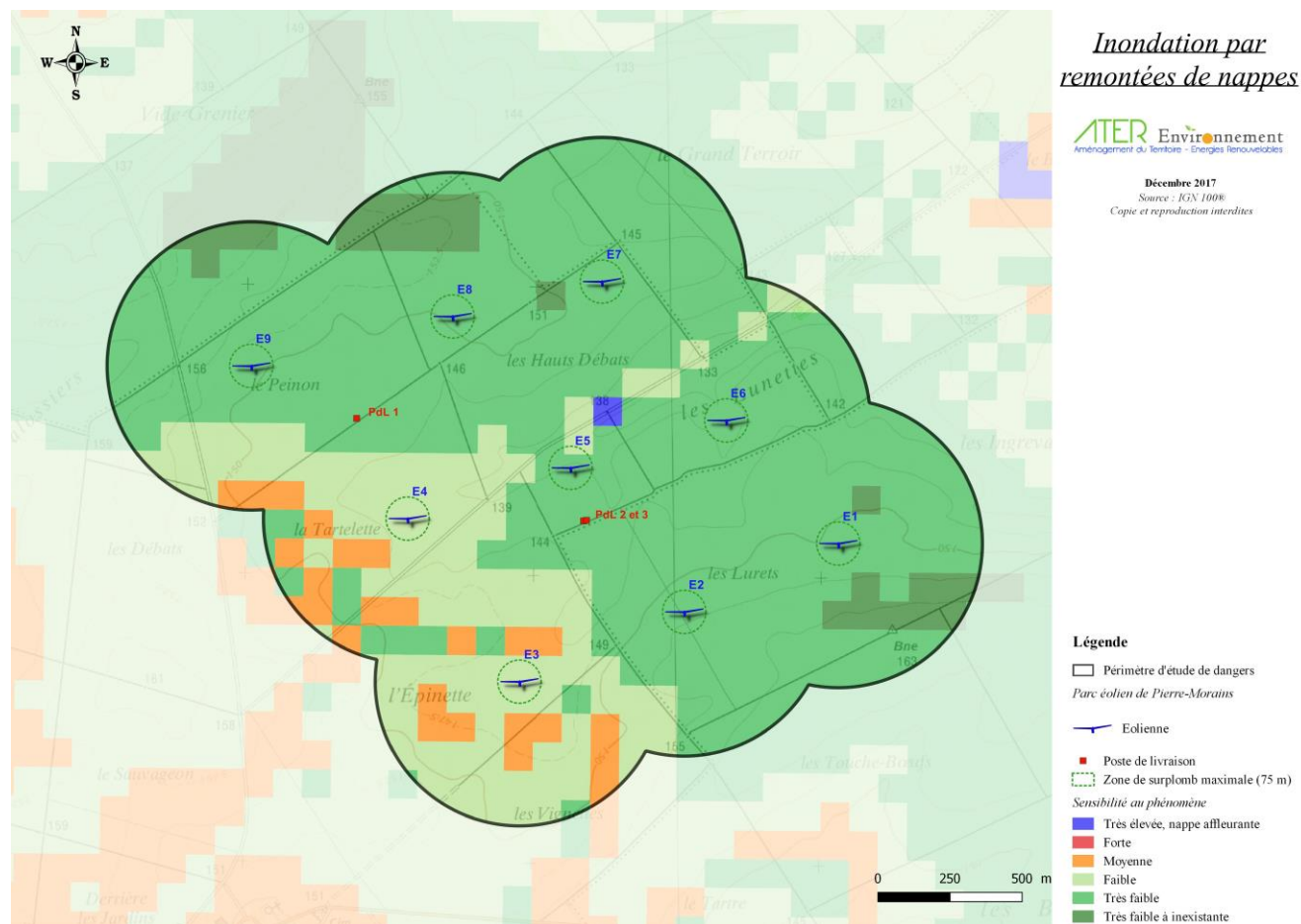
Sur les territoires d'étude

Inondation par remontée de nappe :

Les éoliennes du projet éolien de Pierre-Morains sont implantées dans des zones présentant une sensibilité au risque inondation par remontée de nappe faible à très faible.

Inondation par débordement de cours d'eau

Les communes intégrant le périmètre d'étude de dangers ne sont pas soumises au risque majeur d'inondation par débordement de cours d'eau d'après le DDRM. En effet, on ne recense pas de cours d'eau majeur à proximité de la zone d'implantation potentielle.



Carte 6 : Sensibilité de la zone d'étude de dangers aux phénomènes d'inondations par remontée de nappe (source : inondationsnappes.fr, 2017)

- ⇒ D'après le DDRM de la Marne, les territoires intégrant l'étude de dangers ne sont pas concernés par les risques d'inondation par débordement des cours d'eau ou par remontée de nappe phréatique. De plus, aucun Atlas de Zone inondable, ni aucun Plan de Prévention des Risques Inondations n'est recensé sur les communes d'accueil du projet ;
- ⇒ Le projet est soumis à un aléa allant de faible à très faible aux phénomènes de remontées de nappes phréatiques ;
- ⇒ L'enjeu peut être considéré comme globalement faible.

Mouvements de terrain

Définition

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

Sur les territoires d'étude

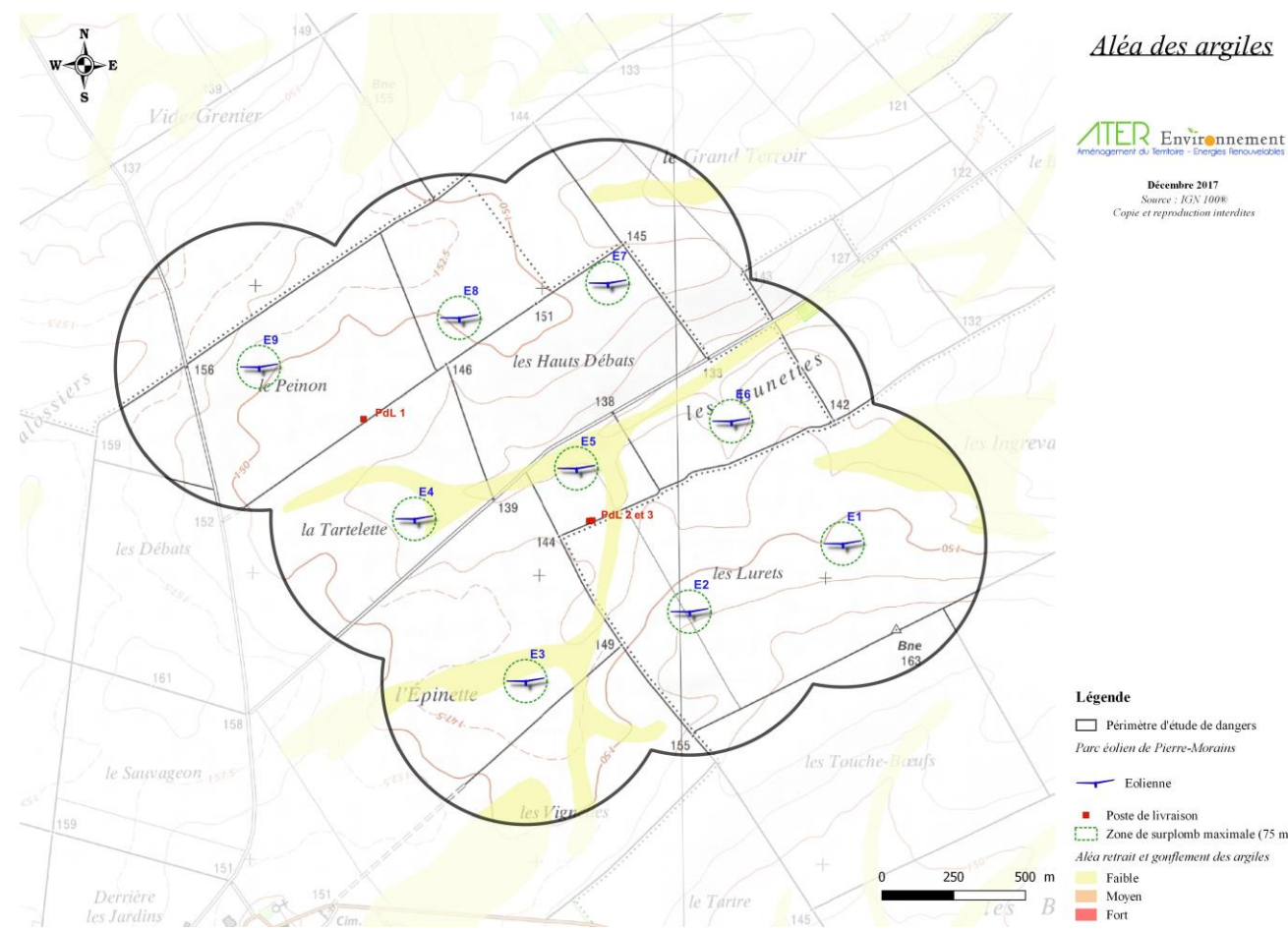
Relatif à la présence de cavité :

D'après le DDRM de la Marne les communes intégrant le périmètre d'étude de dangers ne sont pas concernées par le risque majeur lié à la présence de cavités. Aucune cavité n'est recensée sur les territoires communaux de Pierre-Morains, Clamanges et Trécon. En revanche, la commune de Bergères-Lès-Vertus présente 4 cavités sur son territoire (source : géorisque.gouv.fr, 2017).

Commune	Nom - Identifiant	Type	Distance
Bergères-lès-Vertus	Mont Aimé - CHAAW0012319	Carrière	2,3 km NO
	Ferme du puits - CHAAW0014720	Ouvrage civil	4,8 km NO
	Réservoir - CHAAW0014719	Ouvrage civil	NC
	Château - Mont Aimé - CHAAW0012320	Ouvrage civil	2,3 km NO

Tableau 8 : Inventaire des cavités sur les communes intégrant le périmètre d'étude de dangers (source : géorisques.gouv.fr, 2017).

Relatif à l'aléas retrait et gonflement des argiles : Le risque engendré par le retrait-gonflement des argiles est défini par un aléa allant de nul à faible. Globalement le risque représenté par le retrait et le gonflement des argiles au droit de l'implantation eut être considéré comme très faible.



Carte 7 : Aléa retrait-gonflement des argiles sur le périmètre d'étude de dangers (source : argiles.fr, 2017)

- ⇒ Aucune cavité n'est recensée au droit du projet éolien de Pierre-Morains, la plus proche étant localisée à 2,3 km au Nord-Ouest ;
- ⇒ Le projet est globalement soumis à un aléa très faible pour le retrait et gonflement des argiles ;
- ⇒ L'ensemble de ces points sera confirmé ou infirmé par la réalisation de sondages lors de la phase de travaux. A ce stade l'enjeu paraît très faible.

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.

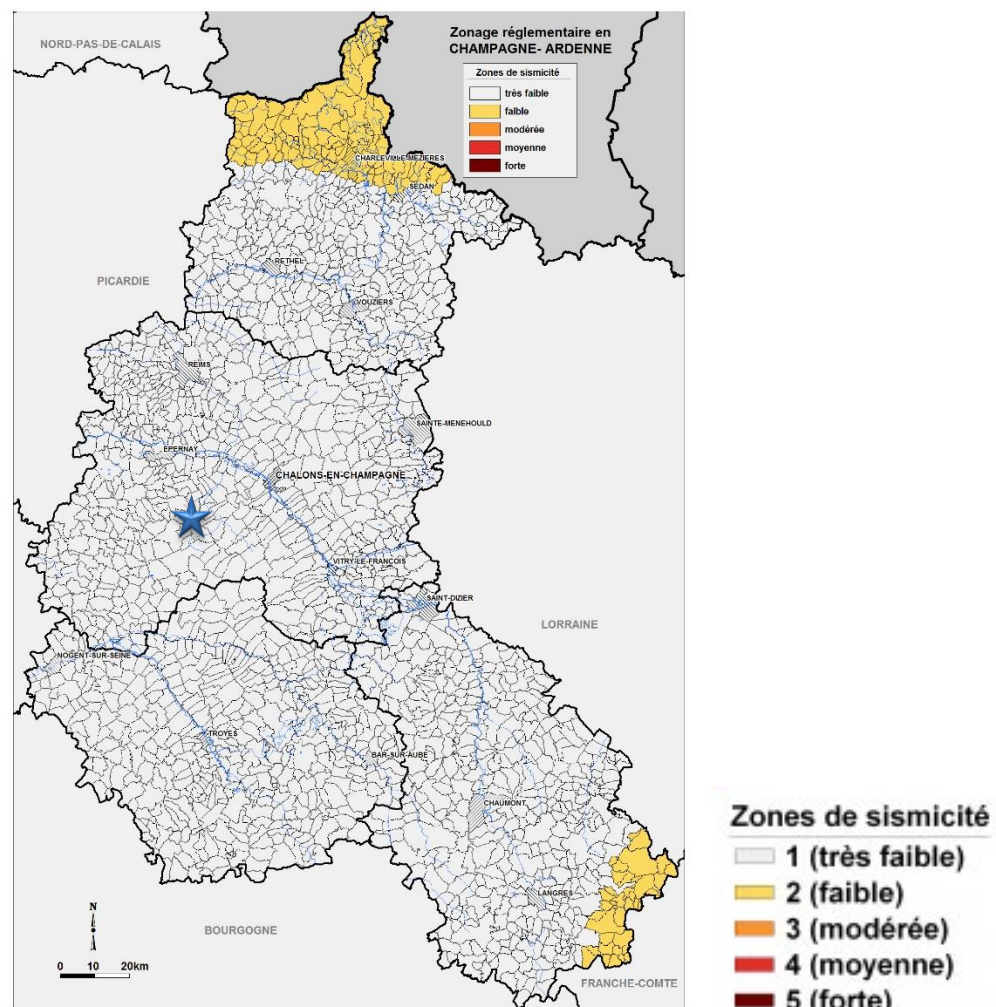
Depuis le 22 octobre 2010, la France dispose d'un nouveau zonage sismique divisant le territoire national en cinq zones de sismicité croissante en fonction de la probabilité d'occurrence des séismes (source : planseisme.fr).

Sur le territoire d'étude

L'actuel zonage sismique classe le territoire d'accueil du projet en zone de sismicité 1 (très faible).

La zone de sismicité 1 n'est pas soumise à des prescriptions parasismiques particulières pour les bâtiments à risque normal, l'aléa sismique étant qualifié de très faible.

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



Carte 8: Zone sismique en Champagne-Ardenne – Légende : Etoile bleue / localisation du site (source : planseisme.fr, 2015)

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 **dépansions** 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).

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

Selon le DDRM de la Marne, six grandes tempêtes ont touché le département à divers degrés depuis 1990 : le 3 février 1990, le 28 février 1990, le 26 décembre 1999, le 17 décembre 2004, le 8 décembre 2006 et le 28 février 2010. Par ailleurs, d'autres phénomènes météorologiques engendrant des vents forts ont été recensés dans le département. Il s'agit de rafales accompagnant les orages et de tornades. Ainsi, la station anémométrique sur l'aérodrome de Châlons-Vatry a mesuré 121 km/h lors d'un orage le 12 juillet 2010. Plus récemment, une rafale de 102 km/h a été enregistrée à Chouilly le 12 juillet 2011. Depuis l'an 2000, plusieurs tornades ont été observées dans le département de la Marne : Mourmelon-le-Grand en 2000, Pargny-sur-Saulx en 2008, Hermonville en 2011 et Gueux en 2014.

L'occurrence de tempêtes est donc d'un enjeu possible dont il faudra tenir compte pour le projet.

⇒ Les territoires intégrant le périmètre d'étude de dangers sont donc soumis à un risque 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'impacts de foudre par an et par km² dans une région.

Sur le territoire d'étude

Le climat global du département est faiblement orageux : la densité de foudroiement est de 18 dans la Marne, légèrement inférieure à la moyenne nationale de 20.

Carte 9 : Densité de foudroiement / Légende : Etoile rouge – Localisation de la zone d'implantation



(source : Météo France, 2015)

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

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,...

Sur le territoire d'étude

Le DDRM de la Marne n'identifie pas de risque concernant les incendies de forêt. Il peut donc être considéré comme faible.

⇒ Le risque de feux de forêt est faible.

3.4. ENVIRONNEMENT MATERIEL

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

3.4.1. Voies de communication

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

Infrastructure aérienne

Aviation militaire

Par courrier en date du 30 novembre 2016, le colonel Fabienne TAVOSO, sous-directeur régional de la circulation aérienne Nord, indique qu'« Après consultation des différents organismes de la défense concernés par votre projet éolien pour des aérogénérateurs d'une hauteur sommitale de 150 mètres, pale haute à la verticale, sur le territoire de la commune de Pierre-Morains (51) transmis par courriel de référence a), j'ai l'honneur de porter à votre connaissance qu'il ne fait l'objet d'aucune prescription locale, selon les principes actuellement appliqués. »

Aviation civile

Par courrier en date du 25 août 2017, la Direction générale de l'Aviation civile informe que : « Ce projet, situé à l'extérieur de toute servitude aéronautique, est implanté à une distance minimale de 10 kilomètres de la radiobalise de type VOR implantée sur l'aérodrome de Châlons-Vatry. Après consultation du service gestionnaire de cette radiobalise, celui-ci a émis un avis favorable. »

Aviation de loisirs

Par courrier en date du 14 mars 2017, le Conseil National des Fédérations Aéronautiques et Sportives (CNFAS) annonce que : « En l'état actuel de notre connaissance du dossier et sans préjuger de l'évolution de nos activités futures, les fédérations du CNFAS n'ont pas connaissance, à ce jour, d'activités aéronautiques pouvant être impactées par ce projet. »

⇒ Le périmètre d'étude de dangers se situe hors de toute servitude gérée par l'aviation militaire, civile et de loisirs.

Infrastructure ferroviaire

Aucune voie ferrée n'intègre le périmètre d'étude de dangers. La ligne la plus proche est une ligne de fret passant au plus près à 4,5 km à l'Ouest de l'éolienne E4.

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

Infrastructures routières présentes sur le périmètre d'étude

Sur le périmètre d'étude de dangers

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

- Plusieurs voies communales, notés Vc sur la carte ;
- Plusieurs chemins ruraux, notés Cr sur la carte.

Définition du trafic

Aucune donnée sur le trafic n'est disponible pour les infrastructures routières présentes dans le périmètre d'étude de dangers. Cependant, d'après les données des communes, le trafic est estimé à moins de 2 000 véhicules / jour.

Eolienne	Voies communales (m)	Chemins ruraux (m)
E1	-	421 Cr1 348 Cr2 422 m Cr6 440 m Cr7
E2	-	378 m Cr2 284 m Cr3 255 m Cr4 448 m Cr5 439 m Cr6
E3	-	110 m Cr3 351 m Cr4
E4	114 m Vc1	420 m Cr4 283 m Cr8 377 m Cr10
E5	102 m Vc1	168 m Cr4 216 m Cr5 172 m Cr6 317 m Cr8
E6	238 m Vc1	329 m Cr5 124 m Cr6 309 m Cr7 242 m Cr9
E7	396 m Vc1	456 m Cr5 483 m Cr7 126 m Cr9 85 m Cr10
E8	-	178 m Cr8 115 m Cr10 147 m Cr12 405 m Cr13
E9	247 m Vc2	365 m Cr10 450 m Cr11 156 m Cr13

Légende : - : Distance supérieure à 500 m

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

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

Chemins de Randonnée

Aucun chemin de randonnée n'a été recensé au sein du 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.

D'après les dossiers départementaux des risques majeurs, seule la commune de Bergères-Lès-Vertus est soumise au risque de transport de matières dangereuses. Ce risque est lié d'une part à la circulation sur la route départementale 933 et d'autre part à un gazoduc.

⇒ Seule la commune de Bergères-Lès-Vertus est soumise au risque TMD ;
 ⇒ Le périmètre d'étude de dangers n'est concerné par aucune des infrastructures liées au risque TMD.

Parc éolien de Pierre Morains – Territoires de Pierre-Morains et Clamanges (51)

Dossier de Demande d'Autorisation Environnementale

3.4.2. Réseaux publics et privés

Servitudes radioélectriques

France télécom

Un faisceau hertzien reliant Vertus à Montpreux et créé en 13 décembre 1991 par France Telecom intègre le périmètre d'étude de dangers. Selon le décret accompagnant la gestion de ce faisceau, il est interdit de créer un obstacle au-dessus d'une hauteur de 210 mètre NGF dans une bande de 100 mètres autour de l'axe du faisceau. **L'éolienne E9 la plus proche se situe à 467 m de ce faisceau hertzien.**

Orange

D'après l'email du gestionnaire Orange en date du 02 mai 2017, deux autres faisceaux hertziens intègrent le périmètre d'étude de dangers

- Le premier reliant la commune de Vertus au réservoir de la commune de Normée et pour lequel une distance d'éloignement de 20 mètres de part et d'autre de l'axe du faisceau doit être respectée ;
- Le second reliant la commune de Vertus et la commune de Clamanges et pour lequel une distance d'éloignement de 25 mètres de part et d'autre de l'axe du faisceau doit être respectée.

L'éolienne E9 la plus proche du premier faisceau est située à 90 m de celui-ci. L'éolienne E1 la plus proche du second faisceau est située à 109 m de celui-ci.

SFR

D'après l'email du gestionnaire SFR en date du 22 février 2017, le futur projet n'impacte à priori pas le réseau de transmission hertzienne de SFR.

Bouygues Telecom

D'après l'email du gestionnaire SFR en date du 02 mars 2017, le projet n'impacte à priori pas le réseau de transmission hertzienne de SFR. En effet, le site Bouygues le plus proche se situerait à 3,7 km du projet.

Liaisons hertziennes du ministère de l'intérieur :

Par courrier en date du 05 mai 2017, le SGAMI, par l'intermédiaire de Thierry JEZEGOU indique que : « Le projet est éligible de toute infrastructure de Ministère de l'Intérieur. Je donne donc un avis favorable à ce dossier ».

⇒ L'ensemble des servitudes radioélectriques intégrant le périmètre de l'étude de dangers sont respectées.

Servitude électrique

Par courrier en date du 03 août 2016, le gestionnaire de réseau RTE, informe que : « aucune ligne, aérienne ou souterraine, appartenant au réseau public de transport d'énergie électrique ne traverse le terrain concerné sur la commune de Pierre-Morains. »

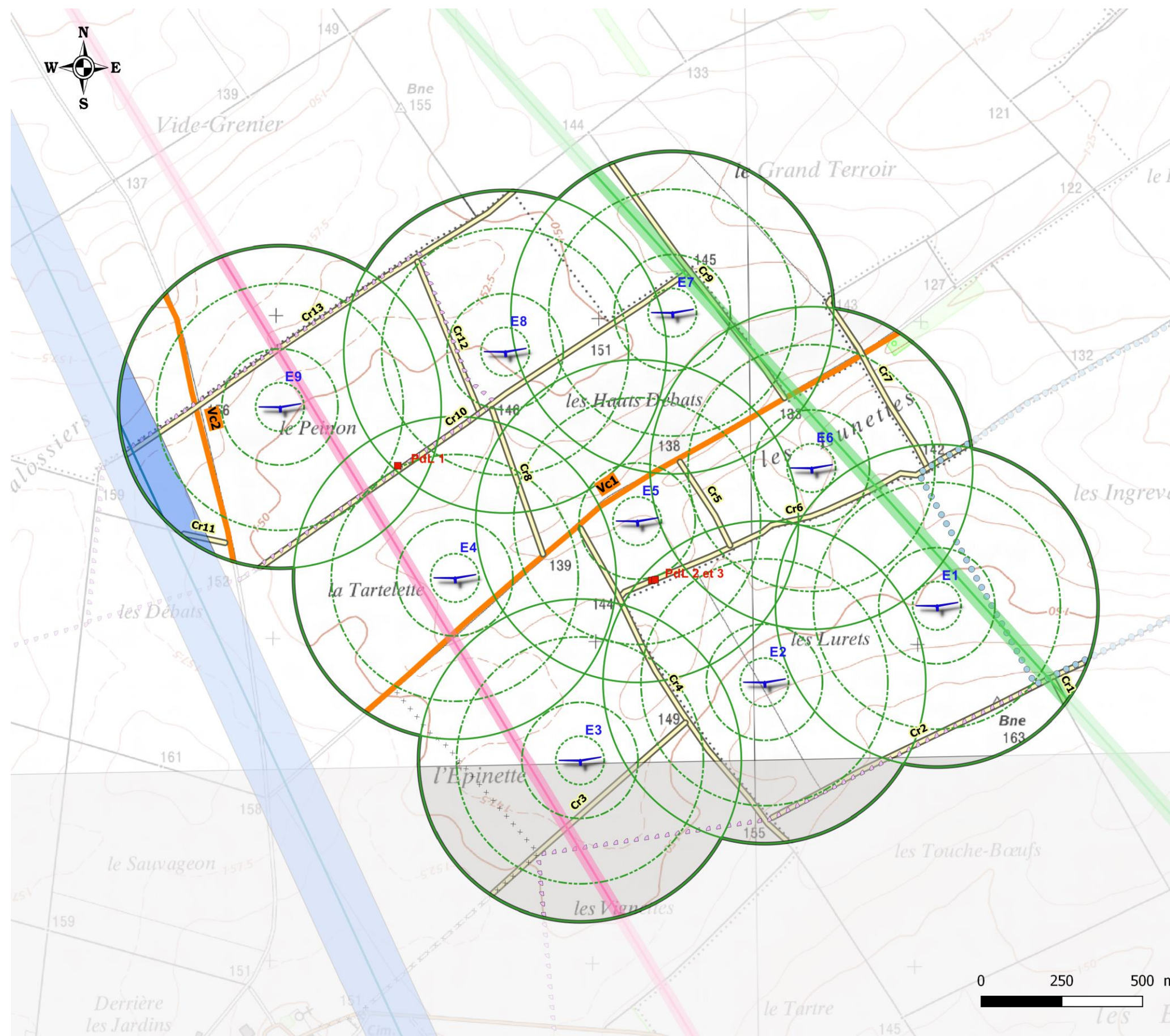
Radar Météo France

Par courrier du 16 août 2016, Hugues LOISEAU, de la direction interrégionale DIRN, annonce que : « Ce parc éolien se situerait à une distance de 46 kilomètres du radar le plus proche utilisé dans le cadre des missions de sécurité météorologique des personnes et des biens (à savoir le radar d'Arcis-sur-Aube). Cette distance est supérieure à la distance minimale d'éloignement fixée par l'arrêté du 26 août 2011 relatif aux installations de production d'électricité utilisant l'énergie éolienne. Dès lors, aucune contrainte réglementaire spécifique ne pèse sur ce projet éolien au regard des radars météorologiques, et l'avis de Météo-France n'est pas requis pour sa réalisation. »

Enjeux matériels

ATER Environnement
Aménagement du Territoire - Energies Renouvelables

Février 2019
Source : IGN 100®
Copie et reproduction interdites



Légende

- Périmètre d'étude de dangers
- Parc éolien de Pierre-Morains
- Eolienne
- Poste de livraison
- Servitudes radioélectriques
 - France Télécom
 - Distance de retrait (100 m)
 - Orange n°1
 - Distance de retrait (20 m)
 - Orange n°2
 - Distance de retrait (25 m)
- Captage AEP
 - Périmètre de protection éloigné
- Réseaux souterrains
 - ××× Canalisations SCEA Lerherle
 - ▲▲▲ Canalisations TEREOS
- Servitudes minières
 - Concession d'Amaltheus
- Servitudes routières
 - Voie communale
 - Chemin rural
- Scénarios étudiés
 - Zone de surplomb maximale (75 m)
 - Zone de ruine maximale (180m)
 - Zone de projection de glace maxiamle (382,5m)
 - Zone de projection de pale (500m)

Carte 10 : Enjeux matériels dans le périmètre d'étude de dangers

Captage AEP

Les limites du périmètre de protection éloignée du captage AEP intègre en partie le périmètre de l'étude de dangers sans pour autant intégrer une éolienne.

⇒ Le projet est compatible avec ce périmètre. Toutes les dispositions de la réglementation en vigueur seront respectées.

Servitudes liées aux réseaux de transport de matières

GRTgaz

Aucune canalisation de gaz n'intègre le périmètre d'étude de dangers.

SCEA LERHERLE GROSJEAN

Des infrastructures de transport souterraines exploitées par la société SCEA LERHERLE GROSJEAN sont également recensées au sein du périmètre d'étude de dangers. L'éolienne la plus proche, E3, est située à 290 m de ces infrastructures. **La matière transportée dans cette canalisation est de l'eau destinée à l'irrigation.**

TEREOS

La distillerie TEREOS possède également des infrastructures souterraines au droit et à proximité du projet, il s'agit d'un bassin de lagunage des eaux de process ainsi qu'un réseau d'épandage enterré. L'éolienne la plus proche, E8, est située à 143 m de ces infrastructures.

⇒ Aucune prescription particulière n'est à prévoir.

Autres ouvrages

Lundin International « Concession d'Amaltheus »

Par courrier en date du 10/02/2017, la société Lundin International indique que : « A la date d'aujourd'hui, nous vous informons qu'il n'y a pas de plates-formes implantées sur le territoire de ces communes, et que, compte tenu de l'activité menée par la société Lundin International, il convient de prévoir dans les documents d'urbanisme à élaborer toutes possibilités d'implantation de plates-formes pétrolières sur la partie des territoires des communes concernées. » **La partie Sud du périmètre d'étude de dangers est donc susceptible d'accueillir des installations pétrolières de la « Concession d'Amaltheus ».** Néanmoins, aucune éolienne n'intègre ce périmètre.

SPPE

Par courrier en date du 16/01/2017, la Société Pétrolière de Production & d'Exploitation, annonce que : « la SPPE ne possède pas de titres miniers ni de projet dans cette zone ».

Storengy

Par courrier en date du 05/01/2017, la société Storengy, indique que le projet de parc éolien de Pierre-Morains n'interfère en rien avec les emprises minières ou les servitudes résultantes de l'activité de l'entreprise Storengy.

3.4.3. Patrimoine historique et culturel

Monument historique

Aucun monument historique n'est présent dans le périmètre de l'étude de dangers.

Archéologie

Les vestiges archéologiques ne sont en général découverts que lors des travaux. Et seules des opérations de diagnostic permettent de juger du réel potentiel archéologique d'une zone. La contrainte archéologique est donc difficilement identifiable à ce stade de l'étude.

Il convient de conserver à l'esprit qu'il y a toujours « présomption de » et que seul le porté à connaissance des positionnements précis des aménagements permettra de lever les doutes sur les risques d'impact d'un projet éolien vis-à-vis des éléments du patrimoine archéologique.

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 ».

3.5. CARTOGRAPHIE DE SYNTHÈSE

En conclusion de ce chapitre, une cartographie de synthèse permet d'identifier géographiquement les enjeux à protéger dans le périmètre d'étude de dangers (voir carte des enjeux humains). 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.

3.5.1. Définitions des périmètres d'étude

Selon les risques encourus, différents périmètres d'étude (ou zone d'effet) ont été identifiés. Ces périmètres ont été définis en se basant sur le cas majorant dans chaque scénario (en fonction des machines) :

- **Zone de surplomb (0 – 75 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 de machine) : elle correspond à la zone où l'éolienne peut tomber au sol, soit une zone de rayon correspondant à la hauteur totale maximale des machines envisagées.

Soit au maximum **180 m**

- **Zone de projection de glace** : 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 :

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

Le tableau suivant récapitule les rayons d'effet de projection de glace obtenus pour les différents modèles étudiés.

Selon le gabarit maximal des machines envisagées, **le rayon de projection de glace est de 382,5 m, défini à partir d'une hauteur au moyeu de 105 m et un diamètre de rotor de 150 m.**

- **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.

3.5.2. Les enjeux humains

Relatifs aux établissements recevant du public (ERP)

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

Relatif aux terrains non bâtis – terrains non aménagés et très peu fréquentés

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

Pour chaque éolienne, la superficie 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. Chapitre 8.2 de la présente étude)

	Zone de surplomb	Zone de ruine	Zone de projection de glace	Intégralité du périmètre
Rayon (m)	75	180	382,5	500
Superficie (ha)	1,77	10,18	45,96	78,54
Proportion appliquée	1 personne par tranche de 100 ha			
Personnes exposées	0,02 personne	0,10 personne	0,46 personne	0,79 personne

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

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 des chemins de randonnée présents sur le site est plutôt en moyenne de l'ordre de 10 personnes par jour maximum.

De plus, ces chemins de randonnées passent exclusivement par des chemins ruraux répertoriés précédemment ; les randonneurs sont donc comptabilisés en même temps que les chemins ruraux.

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

Relatif aux infrastructures routières structurantes

En s'appuyant sur la circulaire du 10 mai 2010, récapitulant les règles méthodologiques applicables aux études de dangers du ministère de l'écologie, de l'énergie, du développement durable et de la mer, « *Les voies de circulation n'ont à être prises en considération que si elles sont empruntées par un nombre significatif de personnes qui ne sont pas déjà comptées parmi les personnes exposées dans d'autres catégories d'installation [...]* ».

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

L'inventaire des voies de communications présentes au sein du périmètre d'étude de dangers est présenté dans la partie 3.4.1 de la présente étude de dangers. **Aucune infrastructure structurante n'a été recensée dans le périmètre d'étude de dangers.**

Relatif aux infrastructures routières non structurantes – terrains aménagés peu fréquentés

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

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

Eolienne E1				
Nom de la voie de circulation	Périmètre concerné	Longueur de l'infrastructure (mètres)	Surface en ha	Nombre d'individus exposés 1 personne / 10 ha
Cr1	Zone de surplomb	0	0,00	0,00
	Zone de ruine	0	0,00	0,00
	Zone de projection de glace	0	0,00	0,00
	Zone de projection de pale	82	0,04	0,01
Cr2	Zone de surplomb	0	0,00	0,00
	Zone de ruine	0	0,00	0,00
	Zone de projection de glace	275	0,14	0,02
	Zone de projection de pale	702	0,35	0,04
Cr6	Zone de surplomb	0	0,00	0,00
	Zone de ruine	0	0,00	0,00
	Zone de projection de glace	0	0,00	0,00
	Zone de projection de pale	564	0,28	0,03
Cr7	Zone de surplomb	0	0,00	0,00
	Zone de ruine	0	0,00	0,00
	Zone de projection de glace	0	0,00	0,00
	Zone de projection de pale	82	0,04	0,01

(*) Considérant une largeur de 10 m pour les voies communales et 5 m pour les chemins ruraux
Tableau 11 : Définition de l'enjeu humain relatif aux terrains aménagés mais peu fréquentés – Eolienne E1

Eolienne E2				
Nom de la voie de circulation	Périmètre concerné	Longueur de l'infrastructure (mètres)	Surface en ha	Nombre d'individus exposés 1 personne / 10 ha
Cr2	Zone de surplomb	0	0,00	0,00
	Zone de ruine	0	0,00	0,00
	Zone de projection de glace	73	0,04	0,01
	Zone de projection de pale	493	0,25	0,03
Cr3	Zone de surplomb	0	0,00	0,00
	Zone de ruine	0	0,00	0,00
	Zone de projection de glace	113	0,06	0,01
	Zone de projection de pale	231	0,12	0,02
Cr4	Zone de surplomb	0	0,00	0,00
	Zone de ruine	0	0,00	0,00
	Zone de projection de glace	581	0,29	0,03
	Zone de projection de pale	891	0,45	0,05
Cr5	Zone de surplomb	0	0,00	0,00
	Zone de ruine	0	0,00	0,00
	Zone de projection de glace	0	0,00	0,00
	Zone de projection de pale	72	0,04	0,01
Cr6	Zone de surplomb	0	0,00	0,00
	Zone de ruine	0	0,00	0,00
	Zone de projection de glace	0	0,00	0,00
	Zone de projection de pale	515	0,26	0,03

(*) Considérant une largeur de 10 m pour les voies communales et 5 m pour les chemins ruraux
Tableau 12 : Définition de l'enjeu humain relatif aux terrains aménagés mais peu fréquentés – Eolienne E2

Eolienne E3				
Nom de la voie de circulation	Périmètre concerné	Longueur de l'infrastructure (mètres)	Surface en ha	Nombre d'individus exposés 1 personne / 10 ha
Cr3	Zone de surplomb	0	0,00	0,00
	Zone de ruine	249	0,12	0,02
	Zone de projection de glace	691	0,35	0,04
	Zone de projection de pale	795	0,40	0,04
Cr4	Zone de surplomb	0	0,00	0,00
	Zone de ruine	0	0,00	0,00
	Zone de projection de glace	308	0,15	0,02
	Zone de projection de pale	666	0,33	0,04

(*) Considérant une largeur de 10 m pour les voies communales et 5 m pour les chemins ruraux
Tableau 13 : Définition de l'enjeu humain relatif aux terrains aménagés mais peu fréquentés – Eolienne E3

Eolienne E4				
Nom de la voie de circulation	Périmètre concerné	Longueur de l'infrastructure (mètres)	Surface en ha	Nombre d'individus exposés 1 personne / 10 ha
Vc1	Zone de surplomb	0	0,00	0,00
	Zone de ruine	254	0,25	0,03
	Zone de projection de glace	700	0,70	0,07
	Zone de projection de pale	964	0,96	0,10
Cr4	Zone de surplomb	0	0,00	0,00
	Zone de ruine	0	0,00	0,00
	Zone de projection de glace	0	0,00	0,00
	Zone de projection de pale	225	0,11	0,02
Cr8	Zone de surplomb	0	0,00	0,00
	Zone de ruine	0	0,00	0,00
	Zone de projection de glace	281	0,14	0,02
	Zone de projection de pale	437	0,22	0,03
Cr10	Zone de surplomb	0	0,00	0,00
	Zone de ruine	0	0,00	0,00
	Zone de projection de glace	164	0,08	0,01
	Zone de projection de pale	663	0,33	0,04

(*) Considérant une largeur de 10 m pour les voies communales et 5 m pour les chemins ruraux
Tableau 14 : Définition de l'enjeu humain relatif aux terrains aménagés mais peu fréquentés – Eolienne E4

Eolienne E5				
Nom de la voie de circulation	Périmètre concerné	Longueur de l'infrastructure (mètres)	Surface en ha	Nombre d'individus exposés 1 personne / 10 ha
Vc1	Zone de surplomb	0	0,00	0,00
	Zone de ruine	307	0,31	0,04
	Zone de projection de glace	751	0,75	0,08
	Zone de projection de pale	992	0,99	0,10
Cr4	Zone de surplomb	0	0,00	0,00
	Zone de ruine	138	0,07	0,01
	Zone de projection de glace	410	0,21	0,03
	Zone de projection de pale	531	0,27	0,03
Cr5	Zone de surplomb	0	0,00	0,00
	Zone de ruine	0	0,00	0,00
	Zone de projection de glace	309	0,15	0,02
Cr6	Zone de projection de pale	305	0,15	0,02
	Zone de surplomb	0	0,00	0,00
	Zone de ruine	0	0,00	0,00
Cr8	Zone de projection de glace	474	0,24	0,03
	Zone de projection de pale	606	0,30	0,04
	Zone de surplomb	0	0,00	0,00
Cr8	Zone de ruine	0	0,00	0,00
	Zone de projection de glace	224	0,11	0,02
	Zone de projection de pale	392	0,20	0,02
	Zone de surplomb	0	0,00	0,00

(*) Considérant une largeur de 10 m pour les voies communales et 5 m pour les chemins ruraux
 Tableau 15 : Définition de l'enjeu humain relatif aux terrains aménagés mais peu fréquentés – Eolienne E5

Eolienne E6				
Nom de la voie de circulation	Périmètre concerné	Longueur de l'infrastructure (mètres)	Surface en ha	Nombre d'individus exposés 1 personne / 10 ha
Vc1	Zone de surplomb	0	0,00	0,00
	Zone de ruine	0	0,00	0,00
	Zone de projection de glace	611	0,61	0,07
	Zone de projection de pale	893	0,89	0,09
Cr5	Zone de surplomb	0	0,00	0,00
	Zone de ruine	0	0,00	0,00
	Zone de projection de glace	262	0,13	0,02
Cr6	Zone de projection de pale	314	0,16	0,02
	Zone de surplomb	0	0,00	0,00
	Zone de ruine	254	0,13	0,02
Cr7	Zone de projection de glace	722	0,36	0,04
	Zone de projection de pale	974	0,49	0,05
	Zone de surplomb	0	0,00	0,00
Cr7	Zone de ruine	0	0,00	0,00
	Zone de projection de glace	395	0,20	0,02
	Zone de projection de pale	569	0,28	0,03
Cr9	Zone de surplomb	0	0,00	0,00
	Zone de ruine	0	0,00	0,00
	Zone de projection de glace	152	0,08	0,01
	Zone de projection de pale	270	0,14	0,02

(*) Considérant une largeur de 10 m pour les voies communales et 5 m pour les chemins ruraux
 Tableau 16 : Définition de l'enjeu humain relatif aux terrains aménagés mais peu fréquentés – Eolienne E6

Eolienne E7				
Nom de la voie de circulation	Périmètre concerné	Longueur de l'infrastructure (mètres)	Surface en ha	Nombre d'individus exposés 1 personne / 10 ha
Vc1	Zone de surplomb	0	0,00	0,00
	Zone de ruine	0	0,00	0,00
	Zone de projection de glace	0	0,00	0,00
	Zone de projection de pale	596	0,60	0,06
Cr5	Zone de surplomb	0	0,00	0,00
	Zone de ruine	0	0,00	0,00
	Zone de projection de glace	0	0,00	0,00
	Zone de projection de pale	46	0,02	0,01
Cr7	Zone de surplomb	0	0,00	0,00
	Zone de ruine	0	0,00	0,00
	Zone de projection de glace	0	0,00	0,00
Cr9	Zone de projection de pale	50	0,03	0,01
	Zone de surplomb	0	0,00	0,00
	Zone de ruine	609	0,30	0,04
Cr10	Zone de projection de glace	487	0,24	0,03
	Zone de projection de pale	903	0,45	0,05
	Zone de surplomb	0	0,00	0,00
Cr10	Zone de ruine	279	0,14	0,02
	Zone de projection de glace	720	0,36	0,04
	Zone de projection de pale	605	0,30	0,04
	Zone de surplomb	0	0,00	0,00

(*) Considérant une largeur de 10 m pour les voies communales et 5 m pour les chemins ruraux
 Tableau 17 : Définition de l'enjeu humain relatif aux terrains aménagés mais peu fréquentés – Eolienne E7

Eolienne E8				
Nom de la voie de circulation	Périmètre concerné	Longueur de l'infrastructure (mètres)	Surface en ha	Nombre d'individus exposés 1 personne / 10 ha
Cr8	Zone de surplomb	0	0,00	0,00
	Zone de ruine	0	0,00	0,00
	Zone de projection de glace	220	0,11	0,02
	Zone de projection de pale	337	0,17	0,02
Cr10	Zone de surplomb	0	0,00	0,00
	Zone de ruine	274	0,14	0,02
	Zone de projection de glace	730	0,37	0,04
Cr12	Zone de projection de pale	975	0,49	0,05
	Zone de surplomb	0	0,00	0,00
	Zone de ruine	214	0,11	0,02
Cr13	Zone de projection de glace	489	0,24	0,03
	Zone de projection de pale	506	0,25	0,03
	Zone de surplomb	0	0,00	0,00
Cr13	Zone de ruine	0	0,00	0,00
	Zone de projection de glace	0	0,00	0,00
	Zone de projection de pale	600	0,30	0,03
	Zone de surplomb	0	0,00	0,00

(*) Considérant une largeur de 10 m pour les voies communales et 5 m pour les chemins ruraux
 Tableau 18 : Définition de l'enjeu humain relatif aux terrains aménagés mais peu fréquentés – Eolienne E8

Eolienne E9				
Nom de la voie de circulation	Périmètre concerné	Longueur de l'infrastructure (mètres)	Surface en ha	Nombre d'individus exposés 1 personne / 10 ha
Vc2	Zone de surplomb	0	0,00	0,00
	Zone de ruine	0	0,00	0,00
	Zone de projection de glace	577	0,58	0,06
	Zone de projection de pale	855	0,86	0,09
Cr10	Zone de surplomb	0	0,00	0,00
	Zone de ruine	0	0,00	0,00
	Zone de projection de glace	181	0,09	0,01
	Zone de projection de pale	664	0,33	0,04
Cr11	Zone de surplomb	0	0,00	0,00
	Zone de ruine	0	0,00	0,00
	Zone de projection de glace	0	0,00	0,00
	Zone de projection de pale	138	0,07	0,01
Cr13	Zone de surplomb	0	0,00	0,00
	Zone de ruine	197	0,10	0,01
	Zone de projection de glace	702	0,35	0,04
	Zone de projection de pale	946	0,47	0,05

(*) Considérant une largeur de 10 m pour les voies communales et 5 m pour les chemins ruraux

Tableau 19 : Définition de l'enjeu humain relatif aux terrains aménagés mais peu fréquentés – Eolienne E9

3.5.3. Enjeux matériels

Outre l'installation en elle-même, les principaux enjeux sont :

- Les infrastructures routières ;
- Les faisceaux hertziens ;
- Les canalisations souterraines.

3.5.4. 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	Superficie exposée (ha ou km)	Règle de calcul	Enjeux humains	Enjeux humains totaux
Zone de surplomb					
E1	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	1,77	1 pers / 100 ha	0,02	0,02
	Terrains aménagés mais peu fréquentés	0,00	1 pers / 10 ha	0,00	
E2	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	1,77	1 pers / 100 ha	0,02	0,02
	Terrains aménagés mais peu fréquentés	0,00	1 pers / 10 ha	0,00	
E3	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	1,77	1 pers / 100 ha	0,02	0,02
	Terrains aménagés mais peu fréquentés	0,00	1 pers / 10 ha	0,00	
E4	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	1,77	1 pers / 100 ha	0,02	0,02
	Terrains aménagés mais peu fréquentés	0,00	1 pers / 10 ha	0,00	
E5	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	1,77	1 pers / 100 ha	0,02	0,02
	Terrains aménagés mais peu fréquentés	0,00	1 pers / 10 ha	0,00	

E6	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	1,77	1 pers / 100 ha	0,02	0,02
	Terrains aménagés mais peu fréquentés	0,00	1 pers / 10 ha	0,00	
E7	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	1,77	1 pers / 100 ha	0,02	0,02
	Terrains aménagés mais peu fréquentés	0,00	1 pers / 10 ha	0,00	
E8	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	1,77	1 pers / 100 ha	0,02	0,02
	Terrains aménagés mais peu fréquentés	0,00	1 pers / 10 ha	0,00	
E9	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	1,77	1 pers / 100 ha	0,02	0,02
	Terrains aménagés mais peu fréquentés	0,00	1 pers / 10 ha	0,00	
Zone de ruine					
E1	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	10,18	1 pers / 100 ha	0,11	0,11
	Terrains aménagés mais peu fréquentés	0,00	1 pers / 10 ha	0,00	
E2	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	10,18	1 pers / 100 ha	0,11	0,11
	Terrains aménagés mais peu fréquentés	0,00	1 pers / 10 ha	0,00	
E3	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	10,05	1 pers / 100 ha	0,11	0,13
	Terrains aménagés mais peu fréquentés	0,12	1 pers / 10 ha	0,02	
E4	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	9,92	1 pers / 100 ha	0,10	0,13
	Terrains aménagés mais peu fréquentés	0,25	1 pers / 10 ha	0,03	
E5	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	9,80	1 pers / 100 ha	0,10	0,14
	Terrains aménagés mais peu fréquentés	0,38	1 pers / 10 ha	0,04	
E6	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	10,05	1 pers / 100 ha	0,11	0,13
	Terrains aménagés mais peu fréquentés	0,13	1 pers / 10 ha	0,02	
E7	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	9,73	1 pers / 100 ha	0,10	0,15
	Terrains aménagés mais peu fréquentés	0,44	1 pers / 10 ha	0,05	
E8	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	9,93	1 pers / 100 ha	0,10	0,13
	Terrains aménagés mais peu fréquentés	0,24	1 pers / 10 ha	0,03	
E9	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	10,08	1 pers / 100 ha	0,11	0,12
	Terrains aménagés mais peu fréquentés	0,10	1 pers / 10 ha	0,01	
Zone de projection de glace					
E1	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	45,83	1 pers / 100 ha	0,46	0,48
	Terrains aménagés mais peu fréquentés	0,14	1 pers / 10 ha	0,02	
E2	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	45,58	1 pers / 100 ha	0,46	0,50
	Terrains aménagés mais peu fréquentés	0,38	1 pers / 10 ha	0,04	
E3	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	45,46	1 pers / 100 ha	0,46	0,51
	Terrains aménagés mais peu fréquentés	0,50	1 pers / 10 ha	0,05	
E4	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	45,04	1 pers / 100 ha	0,46	0,56
	Terrains aménagés mais peu fréquentés	0,92	1 pers / 10 ha	0,10	

E5	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	44,50	1 pers / 100 ha	0,45	0,60
	Terrains aménagés mais peu fréquentés	1,46	1 pers / 10 ha	0,15	
E6	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	44,59	1 pers / 100 ha	0,45	0,59
	Terrains aménagés mais peu fréquentés	1,38	1 pers / 10 ha	0,14	
E7	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	45,36	1 pers / 100 ha	0,46	0,53
	Terrains aménagés mais peu fréquentés	0,60	1 pers / 10 ha	0,07	
E8	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	45,24	1 pers / 100 ha	0,46	0,54
	Terrains aménagés mais peu fréquentés	0,72	1 pers / 10 ha	0,08	
E9	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	44,94	1 pers / 100 ha	0,45	0,56
	Terrains aménagés mais peu fréquentés	1,02	1 pers / 10 ha	0,11	
Zone de projection de pale					
E1	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	77,82	1 pers / 100 ha	0,78	0,86
	Terrains aménagés mais peu fréquentés	0,72	1 pers / 10 ha	0,08	
E2	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	77,44	1 pers / 100 ha	0,78	0,90
	Terrains aménagés mais peu fréquentés	1,10	1 pers / 10 ha	0,12	
E3	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	77,81	1 pers / 100 ha	0,78	0,86
	Terrains aménagés mais peu fréquentés	0,73	1 pers / 10 ha	0,08	
E4	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	76,91	1 pers / 100 ha	0,77	0,94
	Terrains aménagés mais peu fréquentés	1,63	1 pers / 10 ha	0,17	
E5	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	76,63	1 pers / 100 ha	0,77	0,97
	Terrains aménagés mais peu fréquentés	1,91	1 pers / 10 ha	0,20	
E6	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	76,58	1 pers / 100 ha	0,77	0,97
	Terrains aménagés mais peu fréquentés	1,96	1 pers / 10 ha	0,20	
E7	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	77,14	1 pers / 100 ha	0,78	0,92
	Terrains aménagés mais peu fréquentés	1,40	1 pers / 10 ha	0,14	
E8	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	77,33	1 pers / 100 ha	0,78	0,91
	Terrains aménagés mais peu fréquentés	1,21	1 pers / 10 ha	0,13	
E9	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	76,81	1 pers / 100 ha	0,77	0,95
	Terrains aménagés mais peu fréquentés	1,73	1 pers / 10 ha	0,18	

Tableau 20 : 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...

Enjeux humains

ATER Environnement
Aménagement du Territoire - Energies Renouvelables

Février 2019

Source : IGN 100®

Copie et reproduction interdites

Légende

□ Périmètre d'étude de dangers

Parc éolien de Pierre-Morains

— Eolienne

■ Poste de livraison

Servitudes radioélectriques

— France Télécom

■ Distance de retrait (100 m)

■ Orange n°1

■ Distance de retrait (20 m)

■ Orange n°2

■ Distance de retrait (25 m)

Captage AEP

●●● Périmètre de protection éloignée

Réseaux souterrains

××× Canalisations SCEA Lerherle

▲▲▲ Canalisations TEREOS

Servitudes minières

■ Concession d'Amaltheus

Servitudes routières

— Voie communale

— Chemin rural

Scénarios étudiés

■ Zone de surplomb maximale (75 m)

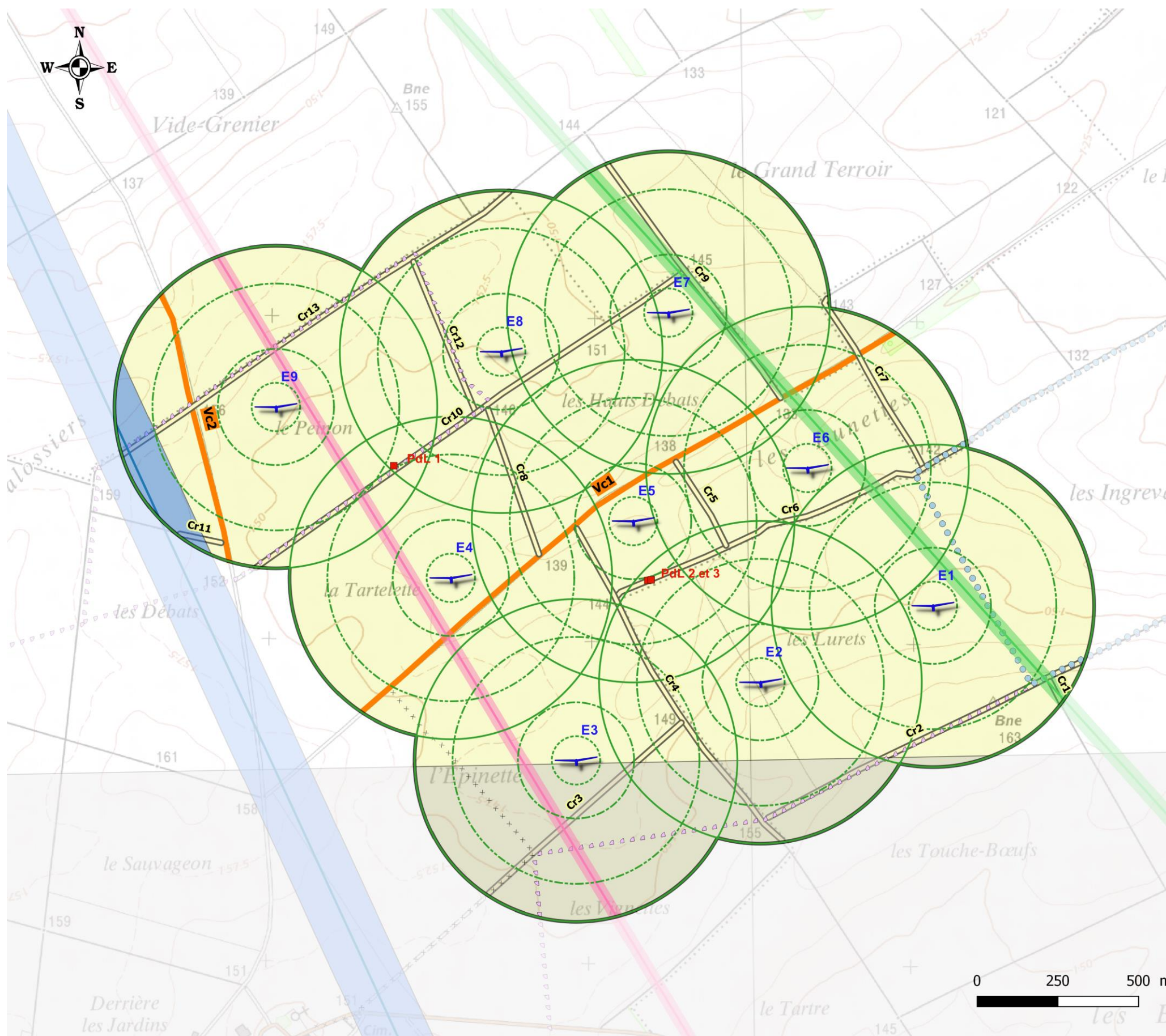
■ Zone de ruine maximale (180m)

■ Zone de projection de glace maximale (382,5m)

■ Zone de projection de pale (500m)

Enjeux humains

■ Moins de 1 personne



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

4 DESCRIPTION DE L'INSTALLATION

Ce chapitre a pour objectif de caractériser l'installation envisagée ainsi que son organisation et son fonctionnement, afin de permettre d'identifier les principaux potentiels de danger qu'elle représente (chapitre 5), au regard notamment de la sensibilité de l'environnement décrit précédemment.

4.1. CARACTERISTIQUES DE L'INSTALLATION

4.1.1. Caractéristiques générales d'un parc éolien

Un parc éolien est une centrale de production d'électricité à partir de l'énergie du vent. Il est composé de plusieurs aérogénérateurs et de leurs annexes (cf. schéma du raccordement électrique au paragraphe 4.3.1) :

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

Éléments constitutifs d'un aérogénérateur

Au sens de l'arrêté du 26 août 2011 relatif aux installations de production d'électricité utilisant l'énergie mécanique du vent au sein d'une installation soumise à autorisation au titre de la rubrique 2980 de la législation des installations classées pour la protection de l'environnement, les aérogénérateurs (ou éoliennes) sont définis comme un dispositif mécanique destiné à convertir l'énergie du vent en électricité, composé des principaux éléments suivants : un mât, une nacelle, le rotor auquel sont fixées les pales, ainsi que, le cas échéant, un transformateur.

Les aérogénérateurs se composent de trois principaux éléments (les données techniques indiquées correspondent aux caractéristiques techniques des éoliennes choisies pour le parc éolien de Pierre-Morains) :

- **Le rotor**, d'un diamètre oscillant entre 149 m et 150 m, est composé de trois pales, faisant chacune entre 72,4 m et 73,7 m de long, réunies au niveau du moyeu. Le rotor est auto-directionnel (comme une girouette, il tourne à 360° sur son axe) et s'oriente en fonction de la direction du vent. La surface maximale balayée par les pâles varie entre 17 437 et 17 671 m² ;
- **Le mât** a une hauteur allant de 101,5 m à 102 m ;
- **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.

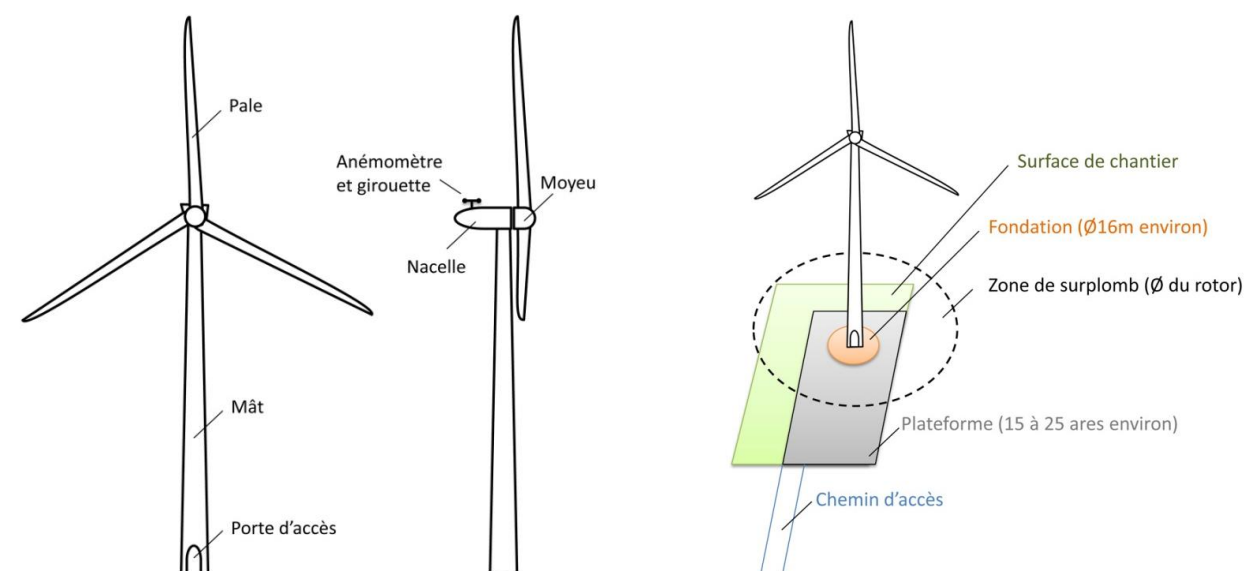


Figure 3 : Schéma simplifié d'un aérogénérateur (à gauche) - Illustration des emprises au sol d'une éolienne (à droite) (Les dimensions sont données à titre d'illustration pour une éolienne d'environ 150 m de hauteur totale) (SOURCE : INERIS/SER/FEE, 2012)

Emprise au sol

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

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

Chemins d'accès

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

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

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

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

Autres installations

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

4.1.2. Activité de l'installation

L'activité principale du parc éolien de Pierre-Morains est la production d'électricité à partir de l'énergie mécanique du vent avec une hauteur de moyeu de 105 m. Cette installation est donc soumise à la rubrique 2980 des Installations Classées pour la Protection de l'Environnement.

4.1.3. Composition de l'installation

Le parc éolien de Pierre-Morains comprend neuf éoliennes dont la puissance nominale varie entre 4 et 4,5 MW (puissance totale maximale de 40,5 MW), et trois postes de livraison.

Le tableau suivant indique les coordonnées géographiques des aérogénérateurs et des postes de livraison. Ces coordonnées sont données uniquement à titre indicatif en Lambert 93.

Eolienne	X	Y
E1	777371	6861580
E2	776836	6861342
E3	776265	6861100
E4	775877	6861666
E5	776442	6861842
E6	776982	6862006
E7	776551	6862488
E8	776033	6862367
E9	775335	6862196
PdL1	775707	6862007
PdL2	776487	6861657
PdL3	776501	6861661

Tableau 21 : Coordonnées géographiques du parc éolien (source : WKN France, 2017)

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

4.2. FONCTIONNEMENT DE L'INSTALLATION

4.2.1. Principe de fonctionnement d'un aérogénérateur

Les instruments de mesure de vent placés au-dessus de la nacelle conditionnent le fonctionnement de l'éolienne. Grâce aux informations transmises par 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 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 » qui tourne environ 100 fois plus vite que l'arbre lent. Certaines éoliennes sont dépourvues de multiplicateur et la génératrice est entraînée directement par l'arbre « lent » lié au rotor. La génératrice transforme l'énergie mécanique captée par les pales en énergie électrique.

La puissance électrique produite varie en fonction de la vitesse de rotation du rotor. Dès que le vent atteint environ 40-45 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 puissance atteint 3 MW 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 100 km/h, 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.

Découpage fonctionnel de l'installation :

- Fondations**

Fonction	Ancrer et stabiliser l'éolienne dans le sol
Description	<p>Le massif de fondation est composé de béton armé et conçu pour répondre aux prescriptions de l'Eurocode 2. Les fondations font entre 3 et 5 mètres d'épaisseur pour un diamètre de l'ordre d'une vingtaine de mètres. Ceci représente une masse de béton d'environ 1 000 tonnes. Un insert métallique disposé au centre du massif sert de fixation pour la base de la tour. Il répond aux prescriptions de l'Eurocode 3. Cette structure doit répondre aux calculs de dimensionnement des massifs qui prennent en compte les caractéristiques suivantes :</p> <ul style="list-style-type: none"> Le type d'éolienne ; La nature des sols ; Les conditions météorologiques extrêmes ; Les conditions de fatigue. <p>Les dimensions exactes des fondations seront établies suite à l'étude de sol qui sera réalisée après l'obtention du permis de construire, à l'emplacement de chaque éolienne. Elles seront entièrement enterrées et seront donc invisibles.</p>

▪ **Tour / mât**

Fonction	Supporter la nacelle et le rotor
Description	<p>La tour des éoliennes (également appelée mât) est constituée de plusieurs sections tubulaires en acier, de plusieurs dizaines de millimètres d'épaisseur et de forme tronconique, qui sont assemblées entre elles par brides. Fixée par une bride à l'insert disposé dans le massif de fondation, la tour est autoportante.</p> <p>La hauteur de la tour, ainsi que ses autres dimensions, sont en relation avec le diamètre du rotor, la classe des vents, la topologie du site et la puissance recherchée.</p> <p>La tour a avant tout une fonction de support de la nacelle mais elle permet également le cheminement des câbles électriques de puissance et de contrôle et abrite :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Une échelle d'accès à la nacelle ; • Un élévateur de personnes ; • Une armoire de contrôle et des armoires de batteries d'accumulateurs (en point bas) ; • Les cellules de protection électriques.
Tension dans les câbles présents dans la tour	Jusqu'à 650 V

▪ **Nacelle**

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

▪ **Rotor / Pales**

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

▪ **Multiplicateur (Gearbox)**

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

▪ **Générateur et transformateur**

Fonction	<ul style="list-style-type: none"> • Produire de l'énergie électrique à partir d'énergie mécanique • Elever la tension de sortie de la génératrice avant l'acheminement du courant électrique par le réseau
Description	<p>Les éoliennes sont équipées d'un système générateur/transformateur fonctionnant à vitesse variable (et donc à puissance mécanique fluctuante). Le générateur est ici de type synchrone délivrant un courant alternatif sous 710 V à vitesse nominale. Un système de conversion appelé « Grid Streamer™ converter » permet d'assurer la régulation du fonctionnement du générateur et la qualité du courant produit. Il permet d'alimenter le transformateur élévateur de tension en courant alternatif 50 Hz sous 650 V. Cette tension est élevée jusqu'à 20 000 V par un transformateur sec, puis régulée par des dispositifs électroniques de façon à pouvoir être compatible avec le réseau public. Le transformateur est localisé dans une pièce fermée à l'arrière de la nacelle. Un câble relie ensuite la nacelle et les cellules de protection du réseau, disposées dans une armoire en partie basse de la tour. Il s'agit de cellules à isolation gazeuse (SF₆) qui permettent une séparation électrique de l'éolienne par rapport aux autres machines du champ éolien en cas d'anomalie (court-circuit, surtension, défaut d'isolement, ...).</p> <p>Le refroidissement du générateur et du dispositif de conversion est effectué par une boucle d'eau.</p>

▪ **Connexion au réseau électrique public**

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

Élément	Fonction	Caractéristiques des éoliennes
Fondation	<i>Ancrer et stabiliser l'éolienne dans le sol</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ En béton armé, de forme circulaire ; ▪ Dimension : design adapté en fonction des études géotechnique et hydrogéologique réalisées avant la construction. Jusqu'à 25 m de diamètre à leur base et se resserre jusqu'à 5 m de diamètre ; <i>Les dimensions exactes des fondations seront définies suite à l'étude de sol, prévue suite à l'obtention de l'autorisation environnementale. Elles seront entièrement enterrées et seront donc invisibles. Un insert métallique disposé au centre sert de fixation pour la base de la tour. Elles sont conçues pour répondre aux prescriptions de l'Eurocode 2 et 3 et aux calculs de dimensionnement des massifs.</i> ▪ Profondeur : en standard, 3,5 m environ.
Mât	<i>Supporter la nacelle et le rotor</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Tubulaire en acier ; ▪ Hauteur maximale de 102 m ; ▪ Composé de 3 à 5 pièces ; ▪ Revêtement multicouche résine époxy ; ▪ Cage d'ancrage noyée dans le béton de fondation ; ▪ Accès : porte verrouillable au pied du mât, échelle d'accès à la nacelle, élévateur de personnes.
Nacelle	<i>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</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Un arbre en rotation, entraîné par les pales ; ▪ Le multiplicateur est à engrenage planétaire comportant plusieurs étages ainsi qu'un étage à roue dentée droite ou à entraînement différentiel – Tension nulle ; ▪ La génératrice annulaire, à double alimentation, qui fabrique l'électricité – Tension de 660 V ; ▪ Poids de la nacelle : environ 130 tonnes ; ▪ Composition : structure métallique habillée de panneaux en fibre de verre, fenêtres de toit permettant d'accéder à l'intérieur.
Rotor / pales	<i>Capter l'énergie mécanique du vent et la transmettre à la génératrice</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Orientation active des pales face au vent ; ▪ Sens de rotation : sens horaire ; ▪ 3 par machine ; ▪ Surface balayée maximale de 17 671 m² ; ▪ Vitesse de rotation théorique : plage maximale comprise entre 6,5 et 15,25 tours par minute ; ▪ Longueur maximale de 73,7 m ; ▪ Poids : environ 16 tonnes ; ▪ Contrôle de vitesse variable via microprocesseur ; ▪ Contrôle de survitesse : Pitch électromotorisé indépendant sur chaque pale ; ▪ Constitué de plastique renforcé à la fibre de verre (GFK), protection contre la foudre intégrée en accord complet avec la norme IEC 61 - 400-22 ; ▪ Vitesse de rotation théorique.
Transformateur	<i>Elever la tension de sortie de la génératrice avant l'acheminement du courant électrique par le réseau</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Tension de 20 kV à la sortie ; ▪ Localisation : pièce fermée à l'arrière de la nacelle.
Poste de livraison	<i>Adapter les caractéristiques du courant électrique à l'interface entre le réseau privé et le réseau public</i>	<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 ; ▪ Habillage : bardage bois avec une teinte proche de celle du chemin d'accès.

Tableau 22 : Synthèse du fonctionnement des aérogénérateurs selon le tableau type de l'INERIS/SER/FEE, 2012

4.2.2. Sécurité de l'installation

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

Système de fermeture de la porte

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

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

Balisage des éoliennes

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

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

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

Les balisages sont conformes aux articles L.6351-6 et L.6352-1 du code des transports et R.243-1 et R.244-1 du code de l'aviation civile. Et conformité avec IEC 61 400-1 et 3 et 61 400-22.

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

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

Balisage lumineux de jour

Chaque éolienne est dotée d'un balisage lumineux de jour assuré par des feux d'obstacle moyenne intensité de type A (feux à éclats blancs de 20 000 candelas [cd]). Ces feux d'obstacle sont installés sur le sommet de la nacelle et disposés de manière à assurer la visibilité de l'éolienne dans tous les azimuts (360°).

Balisage lumineux de nuit

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

Le passage du balisage lumineux de jour au balisage de nuit est assuré par un détecteur crépusculaire. Le jour est caractérisé par une luminance de fond supérieure à 500 cd/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 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 une éolienne, via le système SCADA. La détection se fait selon deux zones indépendantes, la base du mât et la nacelle. Le départ d'un feu entraîne l'arrêt d'urgence de l'éolienne, sa mise en sécurité, l'arrêt des ventilations et déclenche une alarme sonore et lumineuse dans l'éolienne.

Ce dernier est en mesure de transmettre l'alerte aux services d'urgence compétents et de mettre en œuvre les procédures d'urgence dans un délai respectant la réglementation en vigueur (respectivement 15 et 60 minutes).

Compatibilité couverture GSM : un système d'alerte automatique équipe chaque éolienne et permet d'alerter les secours ainsi que l'exploitant de l'installation en cas de danger. Les communications et en particulier les signaux d'alarme sont assurés en cas d'urgence.

Système de lutte contre l'incendie

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

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

Procédure d'urgence en cas d'incendie

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

En cas d'incendie, des procédures d'urgence permettent au personnel de prendre les mesures nécessaires à l'évacuation de la nacelle, à l'extinction d'un début d'incendie, etc.

Sur le site, le personnel dispose de 3 extincteurs visibles et facilement accessibles (1 situé en bas du mât et 2 situés dans la nacelle), adaptés aux risques à combattre, et d'une trousse de premiers secours.

Une fois l'autorisation environnementale et les différentes autorisations administratives nécessaires obtenus, un plan d'intervention sera réalisé avec les services de secours afin :

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

Protection contre le risque foudre

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

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

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

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

Protection contre la survitesse

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

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

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

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

En cas d'intervention, des équipes de techniciens sont réparties sur le territoire afin de pouvoir réagir rapidement.

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

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

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

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

En cas d'accident, nécessitant des moyens externes, l'alerte est donnée au SDIS 51. Le temps d'intervention de ce service dépendra de l'activité opérationnelle et de la typologie de l'intervention.

Protection contre la tempête

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

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

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

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

Protection contre la glace

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

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

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

Dans ces cas, une alarme empêche le démarrage de l'éolienne, ou arrête le fonctionnement de l'éolienne.

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

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

Protection contre le risque électrique

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

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

Protection contre le risque de fuite de liquide dans la nacelle

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

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

Sécurité positive de l'éolienne – redondance des capteurs

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

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

Gestion à distance du fonctionnement des éoliennes (SCADA)

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

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

Il permet également de relancer aussitôt les éoliennes si les paramètres requis sont validés et les alarmes traitées. C'est notamment le cas lors des arrêts de l'éolienne par le système normal de commande (en cas de vent faible, de vent fort, de température extérieure trop élevée ou trop basse, de perte du réseau public, etc.). Par contre, en cas d'arrêt lié à un déclenchement de capteur de sécurité (déclenchement VOG, déclenchement détecteur d'arc électrique, température haute, pression basse huile, ...), une intervention humaine sur l'éolienne est nécessaire pour examiner l'origine du défaut avant de pouvoir relancer un démarrage.

Dans le cas où le système SCADA est défectueux

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

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

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

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

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

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

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

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

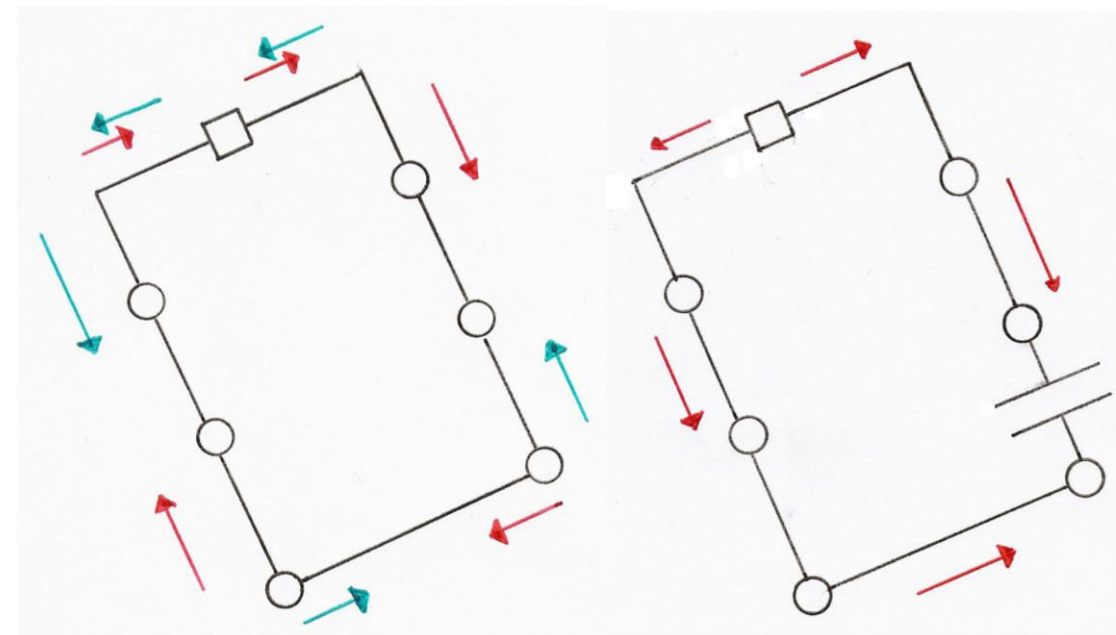


Figure 4 : Illustration du système en anneau garantissant une communication continue des éoliennes –
Légende : ○ Eolienne □ SCADA → Circulation de l'information

Conception des éoliennes

Certification de la machine

Les éoliennes sont conformes à la norme IEC 61 400-22 et à la Directive « Machines » du 17 mai 2006 ainsi qu'à la norme NF EN 61400-1 (juin 2006) ou CEI 61400-1 (version 2005) ou toute norme équivalente en vigueur dans l'UE.

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

La société « PARC ÉOLIEN DE PIERRE-MORAINS » tient à disposition de l'Inspection des Installations Classées les rapports des organismes compétents attestant de la conformité des aérogénérateurs à la norme précitée.

Les « type certificate » des trois modèles d'éoliennes choisis sont fournis en annexe.

Le tableau ci-après présente un récapitulatif des notions abordées précédemment.

Article de l'arrêté du 26/08/11	Disposition	Données constructeur	Autres données	Conformité
3	Distance > 500 m des habitations Distance > 300 m d'une installation nucléaire ou d'une ICPE	-	Premières habitations à 160 m de E3 Site industriel le plus proche : Station-Service à 3,1 km de E9	OUI
4	Distance d'éloignement des radars Aucune gêne du fonctionnement des équipements militaires	-	Absence de servitude liée à Météo France	-

5	Etude stroboscopique dans le cadre de bureaux à moins de 250 m	-	Non concerné	OUI
6	Limitation du champ magnétique (100 microteslas à 50-60 Hz)	Type Certificate Conformity Evaluation has been carried out according to IEC 61400-22 2010 "Wind Turbines - Part 22 : Conformity Testing and Certification Conformity Evaluation has been carried out according to BEK 73-2013 "Bekendtgørelse om teknisk certificeringsordning for vindmøller" This certificate attests compliance with IEC 61400-1 ed.3 incl. amd. 1 and IEC 61400-22 concerning the design and manufacture	Les distances d'éloignement par rapport aux habitations permettent d'affirmer que le champ magnétique n'aura aucun impact potentiel sur les personnes (voir paragraphe 3.1.1. de ce présent document)	OUI
7	Voie carrossable pour permettre l'intervention des services d'incendie et de secours Accès bien entretenu et abords de l'installation maintenus en bon état de propreté.	-	Les chemins d'accès sont des chemins communaux qui seront renforcés et pour lesquels les sociétés WKN France et « PARC ÉOLIEN DE PIERRE-MORAINS » ont signé avec les communes une convention de servitude de passage d'utilisation. L'entretien sera assuré et pris en charge par l'exploitant du parc éolien. Le stationnement des véhicules des techniciens sera réalisé sur une zone de stationnement dédiée : l'accès sera donc en permanence dégagé pour les secours.	OUI
8	Conformité aux dispositions de la norme NF EN 61 400-1 dans sa version de juin 2006 ou IEC 61 400-1 dans sa version de 2005 ou toute norme équivalente en vigueur dans l'Union Européenne	Type Certificate Conformity Evaluation has been carried out according to IEC 61400-22 2010 "Wind Turbines - Part 22 : Conformity Testing and Certification Conformity Evaluation has been carried out according to BEK 73-2013 "Bekendtgørelse om teknisk certificeringsordning for vindmøller" This certificate attests compliance with IEC 61400-1 ed.3 incl. amd. 1 and IEC 61400-22 concerning the design and manufacture		OUI
9	Mise à la terre de l'installation Conformité à la norme IEC 61 400-24 (version d'avril 2015) Contrôle visuel des pales et des éléments susceptibles d'être impactés par la foudre lors de la maintenance	Type Certificate Conformity Evaluation has been carried out according to IEC 61400-22 2010 "Wind Turbines - Part 22 : Conformity Testing and Certification Conformity Evaluation has been carried out according to BEK 73-		OUI

		2013 "Bekendtgørelse om teknisk certificeringsordning for vindmøller" This certificate attests compliance with IEC 61400-1 ed.3 incl. amd. 1 and IEC 61400-22 concerning the design and manufacture		
10	Conformité de la directive du 17 mai 2006 Conformités aux normes NFC 15-100 (2008), NFC 13-100 (2001) et NFC 13-200 (2009) Contrôle des installations électriques avant la mise en service puis annuellement Vérification des installations fixées par l'arrêté du 10 octobre 2000	Type Certificate Conformity Evaluation has been carried out according to IEC 61400-22 2010 "Wind Turbines - Part 22 : Conformity Testing and Certification Conformity Evaluation has been carried out according to BEK 73-2013 "Bekendtgørelse om teknisk certificeringsordning for vindmøller" This certificate attests compliance with IEC 61400-1 ed.3 incl. amd. 1 and IEC 61400-22 concerning the design and manufacture		OUI
11	Balisage approprié	Type Certificate Conformity Evaluation has been carried out according to IEC 61400-22 2010 "Wind Turbines - Part 22 : Conformity Testing and Certification Conformity Evaluation has been carried out according to BEK 73-2013 "Bekendtgørelse om teknisk certificeringsordning for vindmøller" This certificate attests compliance with IEC 61400-1 ed.3 incl. amd. 1 and IEC 61400-22 concerning the design and manufacture	Balisage conforme aux articles L6351-6 et L6352-1 du code des transports et R243-1 et R244-1 du code de l'aviation civile ; Le parc éolien de Pierre-Morains respectera ces normes.	OUI
12	Suivi environnemental sur l'avifaune et les chiroptères - Au moins une fois au cours des 3 premières années de fonctionnement - Puis une fois tous les 10 ans	-	Un tel suivi sera réalisé, notamment d'après les préconisations de l'étude écologique réalisée dans le cadre du chapitre E-3-9 de l'étude d'impact.	OUI
13	Accès à l'intérieur des aérogénérateurs et des postes de livraison fermés à clef	-	Accès à l'intérieur des éoliennes et des postes de livraison impossible et interdit aux personnes ne faisant pas partie du personnel d'exploitation. La porte des éoliennes est sans verrouillage depuis l'intérieur pour ne pas y rester coincé. Les portes des éoliennes sont équipées de contact de porte envoyant également une alarme sur le système de supervision en cas d'ouverture.	OUI

14	Affichage des consignes de sécurité, d'interdiction de pénétrer dans l'aérogénérateur, de la mise en garde des risques d'électrocution et de risque de chute de glace.	-	Présence et affichage clair des consignes de sécurité aux abords de l'entrée des chemins d'exploitation et au niveau des plateformes. Affichage, sur le parc éolien, du plan de secours et des coordonnées des moyens de secours en cas d'accident ou d'incident.	OUI
15	Essais d'avant mise en service et contrôle périodique (arrêt, arrêt d'urgence et arrêt survitesse)	Réalisation d'essais prouvant le bon fonctionnement des installations. L'arrêt d'urgence est testé au bout de 3 mois de fonctionnement, puis tous les ans.	Réalisation des tests lors des opérations de maintenance préventive (dont la périodicité n'excède pas 1 an). L'exploitant s'engage à remettre un rapport de test lors de la réception validant ces éléments. L'exploitant s'engagera à remettre au moins annuellement un rapport de contrôle et de bon fonctionnement conformément aux procédures du fabricant des aérogénérateurs.	OUI
16	Interdiction d'entreposer des matériaux combustibles ou inflammables à l'intérieur des éoliennes.	-	Les maintenances comprennent une phase finale de nettoyage de l'éolienne afin de maintenir propre les installations et ne laisser aucun déchet. Le manuel de sécurité indique l'interdiction d'entreposage de matériaux dangereux.	OUI
17	Formation du personnel sur les risques, les moyens pour les éviter, les procédures d'urgence et mise en place d'exercice d'entraînement	-	Les techniciens de maintenance possèdent des formations en interne concernant le travail à effectuer. Ils sont également soumis à l'obtention de plusieurs habilitations, mises à jour périodiquement : - Travail en hauteur ; - Habilitation électrique BT/HT ; - Sauveteur secouriste du travail ; - Certificat d'aptitude par la médecine du travail. Les habilitations de l'ensemble des techniciens sont mises à disposition de la société «PARC ÉOLIEN DE PIERRE-MORAINS » Les consignes de sécurité enseignées aux techniciens sont celles conformes à l'article 22 de l'arrêté du 26/08/2011. Le personnel de maintenance procède	OUI

			annuellement à des exercices d'entraînement aux situations d'urgence. Les scénarii effectués sont l'évacuation d'une personne sur l'échelle et l'évacuation de l'éolienne en cas d'incendie. Ces exercices d'entraînement sont assurés le cas échéant en lien avec les services de secours.	
18	Contrôle des brides de fixations, des brides de mâts, de la fixation des pales et contrôle visuel du mât (3 mois, puis un an après la mise en service, puis tous les 3 ans). Contrôle des systèmes instrumentés de sécurité (selon une périodicité qui ne peut excéder un an).	La société construisant les éoliennes fournit les rapports de torquage de leur sous-traitant	Les contrôles correspondants, faisant partie des opérations de maintenance préventive, sont consignés et répertoriés dans les protocoles de maintenance, suivis par l'exploitant.	OUI
19	Tenu, par l'exploitant, d'un manuel d'entretien dans lequel sont précisés la nature et les fréquences des opérations. Tenu également d'un registre dans lequel sont consignées les opérations de maintenance ou d'entretien et leur nature, les défaillances constatées et les opérations correctives engagées.	La société construisant les éoliennes fournit un manuel listant l'ensemble des tâches à accomplir lors de la maintenance, l'ensemble des protocoles de maintenance, ainsi que les fiches d'intervention des équipes de maintenance permettant ainsi à l'exploitant d'établir et de tenir à jour le registre cité par l'arrêté.	La société « PARC ÉOLIEN DE PIERRE-MORAINS » dispose des rapports de service et des rapports mensuels indiquant : - Les interventions réalisées sur site ; - Le descriptif des actions correctives réalisées ; - Les arrêts mensuels par éolienne. Le registre sera fourni à l'inspecteur des installations classées.	OUI
20	Gestion des déchets	Lors de la maintenance préventive, le constructeur fait installer des containers appelés Eoltainer. Les déchets engendrés par les maintenances y sont ramenés et triés dans les différents compartiments puis collectés pour leur traitement/valorisation. Des bordereaux de suivi des déchets sont ensuite transmis à l'exploitant.	Les déchets seront triés et stockés de manière à éviter toute contamination du sol. Lors de la production de déchets dangereux, un Bordereau de Suivi des Déchets (BSD) sera émis. la société « PARC ÉOLIEN DE PIERRE-MORAINS » utilise une charte de suivi de chantier afin de prévenir la gestion des déchets tout au long de cette phase	OUI
21	Elimination des déchets non dangereux	Lors de maintenance préventive, le constructeur fait installer des containers appelés Eoltainer. Les déchets engendrés par les maintenances y sont ramenés et triés dans les différents compartiments puis collectés pour leur traitement/valorisation. Des	Les déchets provenant de la zone d'implantation du parc éolien sont gérés par la SICTOM locale. Ils sont traités par incinération avec valorisation énergétique.	OUI

		bordereaux de suivi des déchets sont ensuite transmis à l'exploitant.		
22	Des consignes de sécurité sont établies et portées à la connaissance du personnel en charge de l'exploitation et de la maintenance. Les consignes de sécurité indiquent également les mesures à mettre en œuvre afin de maintenir les installations en sécurité.	La société construisant les éoliennes fournit à ses employés un manuel de sécurité et un plan d'évacuation et participe aux formations annuelles du personnel. Un plan de prévention annuel comprenant une analyse des risques et les moyens mis en œuvre pour les éviter est également lu au personnel.	La société « PARC ÉOLIEN DE PIERRE-MORAINS » s'engage à former son personnel sur les consignes de sécurité du site. Un plan de prévention annuel comprenant une analyse des risques et les moyens mis en œuvre pour les éviter est également lu au personnel. Un plan d'évacuation est affiché en pied d'éolienne (intérieur).	OUI
23	Mise en place d'un système de détection d'incendie ou de survitesse. Transmission de l'alerte dans un délai de 15 minutes. Opération de maintenance de ce système de détection.	Compatibilité couverture GSM : un système d'alerte automatique équipe chaque éolienne et permet d'alerter les secours ainsi que l'exploitant de l'installation en cas de danger. Les communications et en particulier les signaux d'alarme sont assurés en cas d'urgence.	Chaque aérogénérateur est doté d'un système de détection qui permet d'alerter, à tout moment, l'exploitant ou un opérateur qu'il aura désigné, en cas d'incendie ou d'entrée en survitesse de l'aérogénérateur. La société « PARC ÉOLIEN DE PIERRE-MORAINS » dans l'exploitation du parc, justifie sa capacité d'alerter les services d'urgence dans un délai de 15 minutes suivant l'entrée en fonctionnement anormal de l'aérogénérateur grâce à son contrat de maintenance 24h/24 et 7j/7 ainsi que grâce à la supervision en temps réel.	OUI
24	Moyens de lutte contre l'incendie à disposition dans chaque aérogénérateur (système d'alarme et deux extincteurs)	-	En cas d'accident, des procédures d'urgence permettent au personnel présent sur le site ou au centre de conduite de prendre les mesures nécessaires à l'évacuation de la nacelle, à l'extinction d'un début d'incendie, ... Sur site, le personnel dispose de 3 extincteurs visibles et facilement accessibles (1 situé en bas du mât et 2 situés dans la nacelle) adaptés aux risques à combattre, et d'une trousse de premiers secours. Une fois le permis de construire et les différentes autorisations administratives nécessaires obtenus, un plan d'intervention sera réalisé avec les services de secours afin de lister : - Les noms et numéros des services secours à contacter ;	OUI

			- Les procédures à mettre en place (périmètre de sécurité, moyens de lutte incendie externe pouvant être mis en œuvre,...) ; - La réalisation régulière d'exercices d'entraînement. Pour faciliter l'accès aux secours, le stationnement des véhicules des techniciens sera réalisé sur une zone de stationnement dédiée et les voies d'accès seront régulièrement entretenues. L'accès sera donc en permanence dégagé.	
25	Mise en place d'un système de détection de formation de glace sur les pales de l'aérogénérateur	Le système de détection de glace (qui équipe toutes les éoliennes) repose sur une comparaison entre différentes données (températures, vitesse de vent et production). Si une différence entre les productions réelle et attendue est mesurée, sous certaines conditions de température et de vent, l'éolienne s'arrête automatiquement. La remise en route est automatique, après disparition des conditions de givre.	L'exploitant garantit la conservation du système opérationnel et l'utilisation de la procédure d'exploitation conforme à la réglementation en vigueur.	OUI
26-27-28	Emergence contrôlée du bruit, limitation sonore des engins de chantier et suivi des mesures	La société construisant les éoliennes fournit à WKN France la courbe de bruit des éoliennes.	L'adéquation en termes d'émergence sonore de la machine avec le site sera à la charge du Maître d'Ouvrage. Les seuils réglementaires maximum à proximité des éoliennes seront respectés, de jour comme de nuit. Et le bruit total chez les riverains ne comportera pas de tonalité marquée au sens de la réglementation ICPE. La réception acoustique du parc éolien sera conforme aux prévisions acoustiques de l'étude d'impact. Les règles de chantier imposées aux sous-traitants suivent les prescriptions de l'article 27 du 26/08/11.	OUI

Tableau 23 : Conformité à l'arrêté du 26 août 2011 relatif aux ICPE

4.2.3. Opération de maintenance de l'installation

La maintenance de l'installation sera réalisée par la société fournissant les éoliennes pour le compte de la société « PARC ÉOLIEN DE PIERRE-MORAINS ».

Personnel qualifié et formation continue

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

- Électriquement, selon son niveau de connaissance ;
- Aux travaux en hauteur, port des Équipements de Protection Individuelle, évacuation et sauvetage ;
- Sauveteur Secouriste du Travail.

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

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

Planification de la maintenance

Préventive

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

La société «PARC ÉOLIEN DE PIERRE-MORAINS » 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 « PARC ÉOLIEN DE PIERRE-MORAINS »procède à un contrôle de l'aérogénérateur consistant en un contrôle des brides de fixations, des brides de mât, de la fixation des pales et un contrôle visuel du mât.

Selon une périodicité qui ne peut excéder un an, la société « PARC ÉOLIEN DE PIERRE-MORAINS »procède également à un contrôle des systèmes instrumentés de sécurité.

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

Curative

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

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

Prise en compte du retour d'expérience

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

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

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

4.2.4. Stockage et flux de produits dangereux

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

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

4.2.5. Contrôles réglementaires périodiques

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

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

4.3. FONCTIONNEMENT DES RESEAUX DE L'INSTALLATION

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

Le raccordement électrique inter-éolien ainsi que le raccordement jusqu'aux postes de livraison sera exécuté exclusivement au moyen de câbles souterrains de 20 kV qui seront enfouis à une profondeur minimum de 65 cm en fond de fouille avec grillage avertisseur. Ils passeront à travers champs. 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.

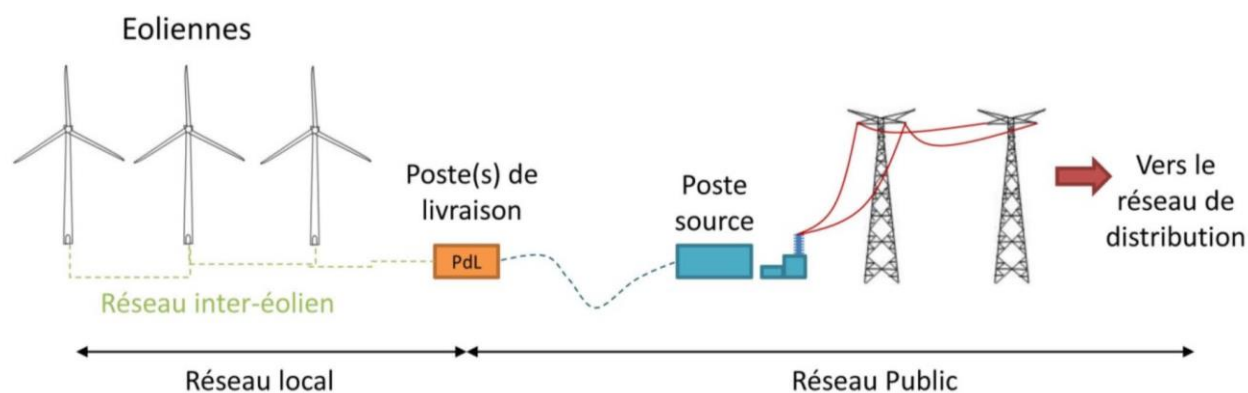


Figure 5 : Raccordement électrique des installations (source : INERIS/SER/FEE, 2012)

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'Energie).

Ces réseaux de raccordement électrique ou téléphonique (surveillance) entre les éoliennes et les postes de livraison seront enterrés sur toute leur longueur en reliant au plus court les éoliennes et les postes de livraison entre eux. La tension des câbles électriques est de 20 000 V.

Pour le raccordement inter-éolien, les tranchées ont en moyenne une largeur de 30 à 45 cm et une profondeur de 0,65 m à 1,20 m, selon les cas. 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.

Lors du chantier de raccordement, au moins une voie de circulation devra être assurée sur les voies concernées (l'autre étant réservée à la sécurité du chantier). Les impacts directs de la mise en place de ces réseaux enterrés sur le site sont négligeables : les tranchées sont faites au droit des chemins d'accès puis sous les voies existantes dans les lieux présentant peu d'intérêt écologique, et à une profondeur empêchant toute interaction avec les engins agricoles.

Aucun apport ou retrait de matériaux du site n'est nécessaire. Ouverture de tranchées, mise en place de câbles et fermeture des tranchées seront opérés en continu, à l'avancement, sans aucune rotation d'engins de chantier. Les pistes seront restituées dans leur état initial, sans élargissement supplémentaire.

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

Conformité des liaisons électriques

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

Caractéristiques des câbles électriques

Ces réseaux de raccordement électrique ou téléphonique (surveillance) entre les éoliennes et les postes de livraison seront enterrés sur toute leur longueur en longeant préférentiellement les pistes et chemins d'accès entre les éoliennes et les postes de livraison. La tension des câbles électriques est de 20 000 V. Les câbles, en aluminium, seront d'une section de 3 x 240 mm².

Caractéristiques des tranchées

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

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

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

Le pétitionnaire s'engage, conformément à l'article R.333-29 du Code de l'Energie, à transmettre au gestionnaire du réseau public de distribution d'électricité, les informations permettant à ce dernier d'enregistrer la présence de lignes privées dans son SIG des ouvrages. Il s'engage à diligenter un contrôle technique des travaux en application de l'article R.323-30 du Code de l'Energie et de l'arrêté d'application du 14 janvier 2013 et également à procéder aux déclarations préalables aux travaux de construction de l'ouvrage concerné, et à enregistrer ce dernier sur le guichet unique « www.reseaux-et-canalisation.gouv.fr » 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.

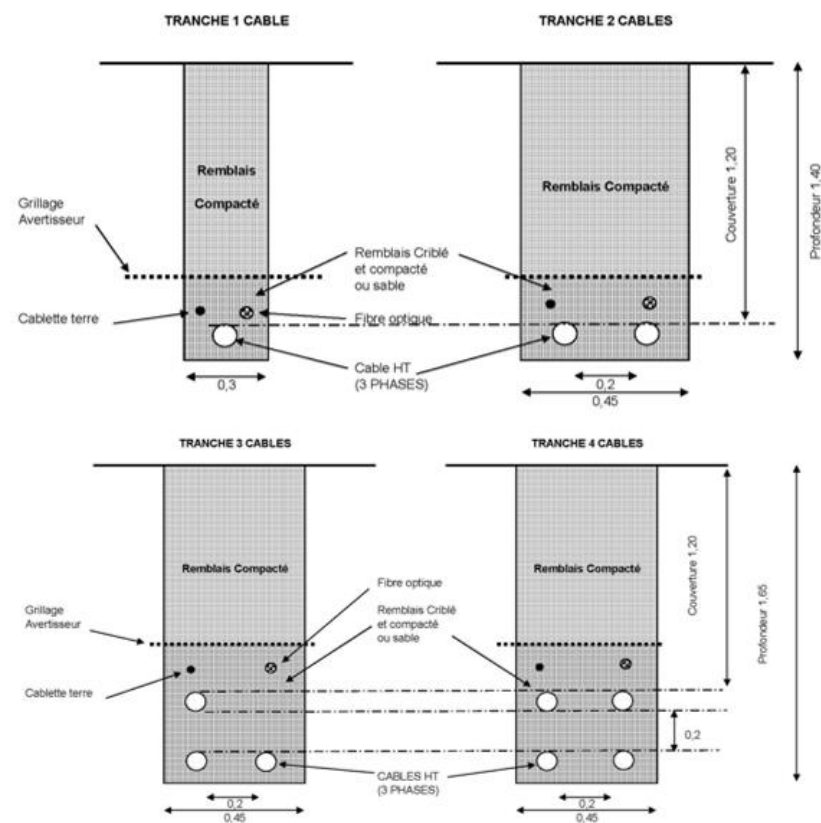


Figure 6 : Vue en coupe des tranchées pour un câble HTA passé

Représentation graphique

Une carte de situation sur fond IGN, présente sur la page suivante, précise le tracé des canalisations électriques projetées et les ouvrages électriques projetés.

Poste de livraison

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

Le parc éolien de Pierre-Morains comporte trois structures de livraison, localisées, pour la première sur la parcelle ZH6 au lieu-dit La Peinon et pour les deux autres, sur la parcelle ZR46 au lieu-dit L'Épinette.

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

Démarches préalables réalisées

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

Réseau électrique externe (ou réseau public)

Le réseau électrique externe relie le poste de livraison 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

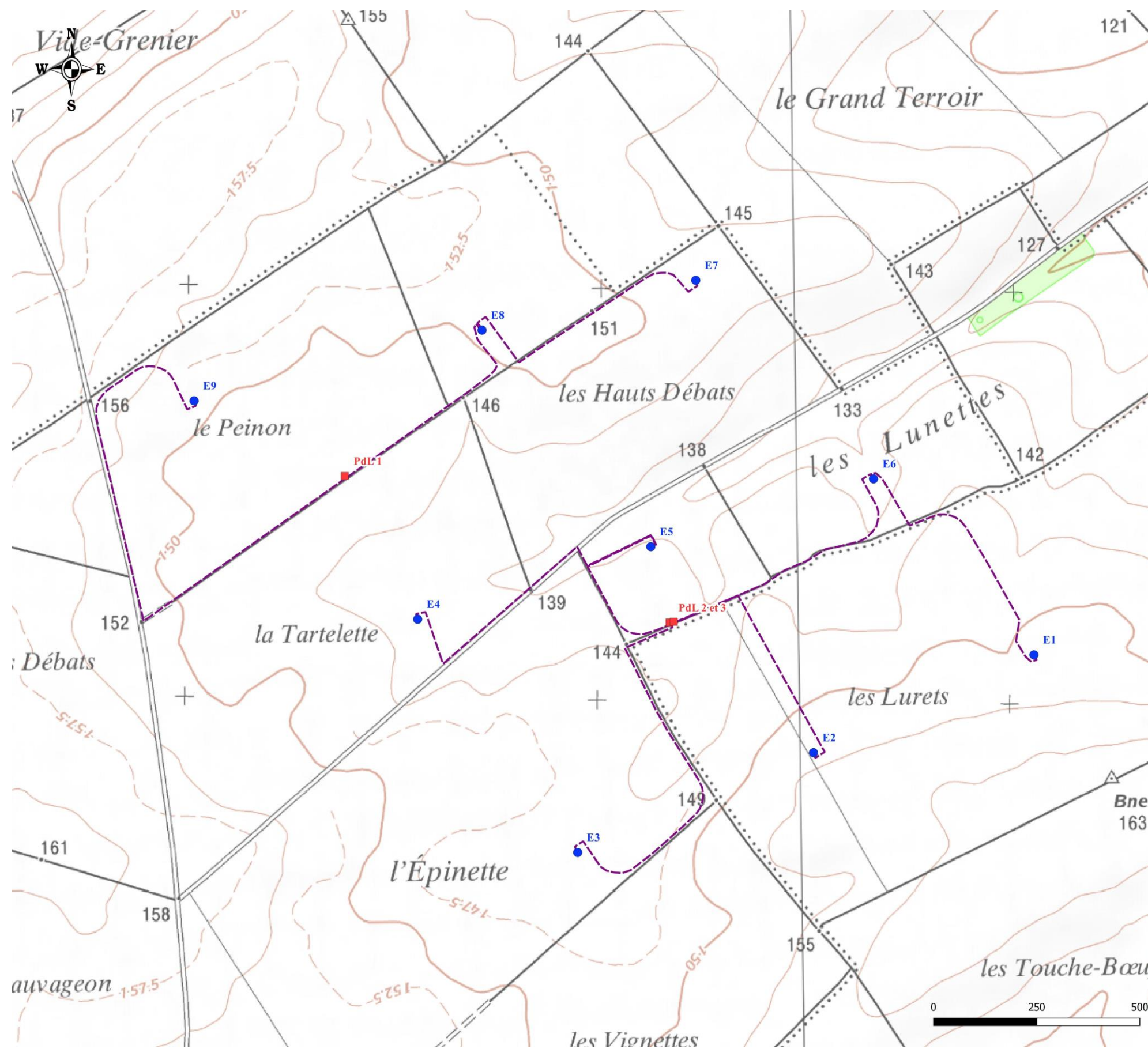
Le parc éolien de Pierre-Morains ne comporte aucun réseau d'alimentation en eau potable ni aucun réseau d'assainissement. De même, les éoliennes ne sont reliées à aucun réseau de gaz.

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

Travaux	Durée
---------	-------

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

Figure 7 : Planning des travaux



Raccordement interne



Janvier 2018

Source : Scan 25®
Copie et reproduction interdites

Légende

Parc éolien de Pierre Morains

- Eolienne
- Poste de livraison
- Raccordement inter-éolien

Carte 12 : Hypothèse de raccordement interne du parc éolien de Pierre-Morains

5 IDENTIFICATION DES POTENTIELS DE DANGERS DE L'INSTALLATION

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

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

5.1. POTENTIELS DE DANGERS LIES AUX PRODUITS

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

Les produits identifiés dans le cadre du parc éolien de Pierre-Morains 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 du parc éolien de Pierre-Morains.

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

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

* indique la dangerosité des déchets concernés.

[Tableau 24 : Produits sortants de l'installation](#)

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

Les dangers liés au fonctionnement du parc éolien de Pierre-Morains sont de cinq types :

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

Ces dangers potentiels sont recensés de manière générique dans le tableau suivant.

Installation ou système	Fonction	Phénomène redouté	Danger potentiel
Système de transmission	Transmission d'énergie mécanique	Survitesse	Echauffement des pièces mécaniques et flux thermique Départ de feu
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 ou de nacelle	Energie cinétique de chute
Rotor	Transformer l'énergie éolienne en énergie mécanique	Projection d'objets	Energie cinétique des objets

Tableau 25 : Potentiels de dangers liés au fonctionnement de l'installation (source : guide INERIS/SER/FEE, 2012)

5.3. REDUCTION DES POTENTIELS DE DANGERS A LA SOURCE

5.3.1. Principales actions préventives

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

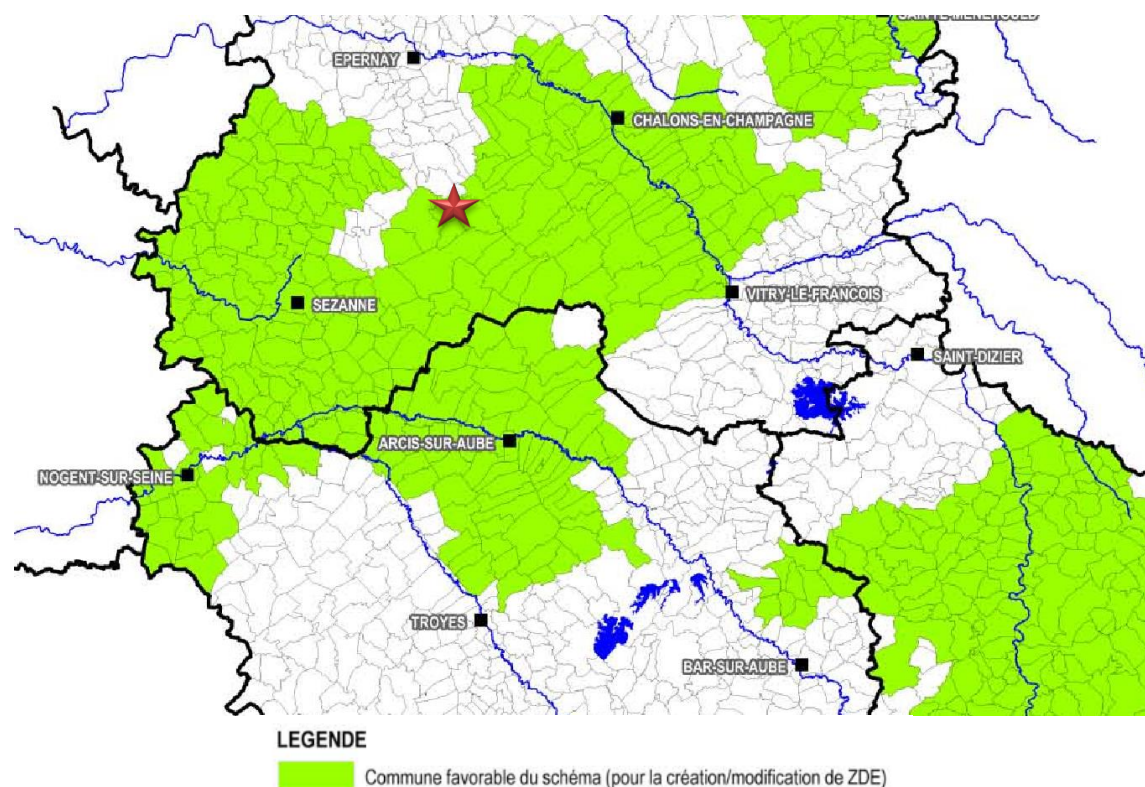
Intégration dans le Schéma Régional Eolien

Dans le cadre du Grenelle de l'environnement fixé par les lois Grenelle, l'ancienne région Champagne-Ardenne a élaboré un Schéma Régional du Climat, de l'Air et de l'Energie (SRCAE, dénomination régionale : PCAER, Plan Climat Air Energie Régional) approuvé en date du 29 juin 2012. L'un des volets de ce schéma très général est constitué par un Schéma Régional Eolien (SRE), approuvé en mai 2012, qui définit les objectifs qualitatifs et quantitatifs de la région en matière de valorisation du potentiel énergétique renouvelable de son territoire, par zone géographique, sur la base des potentiels de la région, et en tenant compte des objectifs nationaux. Il détermine notamment les zones favorables à l'accueil des parcs éoliens et fixe les objectifs de puissance pouvant y être installées, en vue de remplir l'objectif régional d'ici à 2020.

L'objectif de ce Schéma Régional Eolien est d'améliorer la planification territoriale du développement de l'énergie éolienne et de favoriser la construction des parcs éoliens dans des zones préalablement identifiées. La finalité de ce document est d'**éviter** le mitage du paysage, de **maîtriser** la densification éolienne sur le territoire, de **préserver** les paysages les plus sensibles, et de rechercher une **mise en cohérence** des différents projets éoliens. Pour cela, le Schéma Régional Eolien s'est appuyé sur des démarches existantes (schéma régional éolien réalisé en 2005, plan de paysage éolien des Ardennes de 2007, référentiel des paysages aubois réalisé en 2011 visant la préservation des paysages). Les données patrimoniales et techniques ont ensuite été agrégées, puis les contraintes ont été hiérarchisées. Il en est alors ressorti une cartographie des zones favorables à l'éolien.

Il est à noter que le SRE identifie des **contraintes stratégiques** territoriales incompatibles avec le développement de l'éolien. L'enjeu principal à proximité directe du projet envisagé est lié aux reliefs remarquables de Champagne. Il est à noter également que le site est localisé à 10,5 km au Nord-Ouest de l'aéroport de Châlons-Vatry, en dehors des zones concernées par les servitudes de dégagement T5.

⇒ Le site envisagé pour l'accueil des éoliennes se situe sur les communes de Pierre-Morains et Clamanges, territoires intégrés à la liste des communes favorables au développement de l'éolien constituant les délimitations territoriales du SRE. Le projet s'inscrit donc dans les préconisations du SRE.



Carte 13 : Carte des territoires favorables au développement éolien – Etoile rouge : localisation de la zone d'implantation du projet

Choix techniques de développement de projet et de conception

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

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

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

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

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

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

- Maintenance régulière ;
- Contrôle des différents paramètres d'exploitation (vent, température, niveau de vibrations, puissance électrique, etc.) ;
- Fonctions de sécurité ;
- Report des messages d'alarmes au centre de conduite.

Etude itérative de limitation des impacts

Dans la limite du périmètre de la zone d'implantation, un travail important d'itérations conduisant au choix de l'implantation a été engagé, faisant intervenir plusieurs spécialistes (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.

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

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

L'implantation de ce projet se situe en dehors des zones de contraintes techniques (distance à la ligne électrique, au captage d'alimentation en eau potable) et environnementales (éloignement des habitats écologiques les plus sensibles).

5.3.2. Utilisation des meilleures techniques disponibles

L'Union Européenne a adopté un ensemble de règles communes au sein de la directive 96/61/CE du 24 septembre 1996 relative à la prévention et à la réduction intégrées de la pollution, dite directive IPPC (« Integrated Pollution Prevention and Control »), afin d'autoriser et de contrôler les installations industrielles. La directive IPPC a été remplacée par la directive 2010/75/UE relative aux émissions industrielles, dite IED, du 24/11/2010.

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 IPPC doivent obtenir des autorités des États-membres une autorisation environnementale avant leur mise en service.

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

6 ANALYSE DES RETOURS D'EXPERIENCE

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

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

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

6.1. INVENTAIRE DES ACCIDENTS ET INCIDENTS EN FRANCE

6.1.1. Base de données

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

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

- Rapport du Conseil General des Mines (juillet 2004) ;
- Base de données ARIA du Ministère du Développement Durable ;
- Communiqués de presse du SER-FEE et/ou des exploitants éoliens ;
- Site Internet de l'association « Vent de Colère » ;
- Site Internet de l'association « Fédération Environnement Durable » ;
- Articles de presse divers ;
- Données diverses fournies par les exploitants de parcs éoliens en France.

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

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

6.1.2. Bilan accidentologie matériel

Un total de 62 incidents a pu être recensé entre 2000 et 2017 (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.

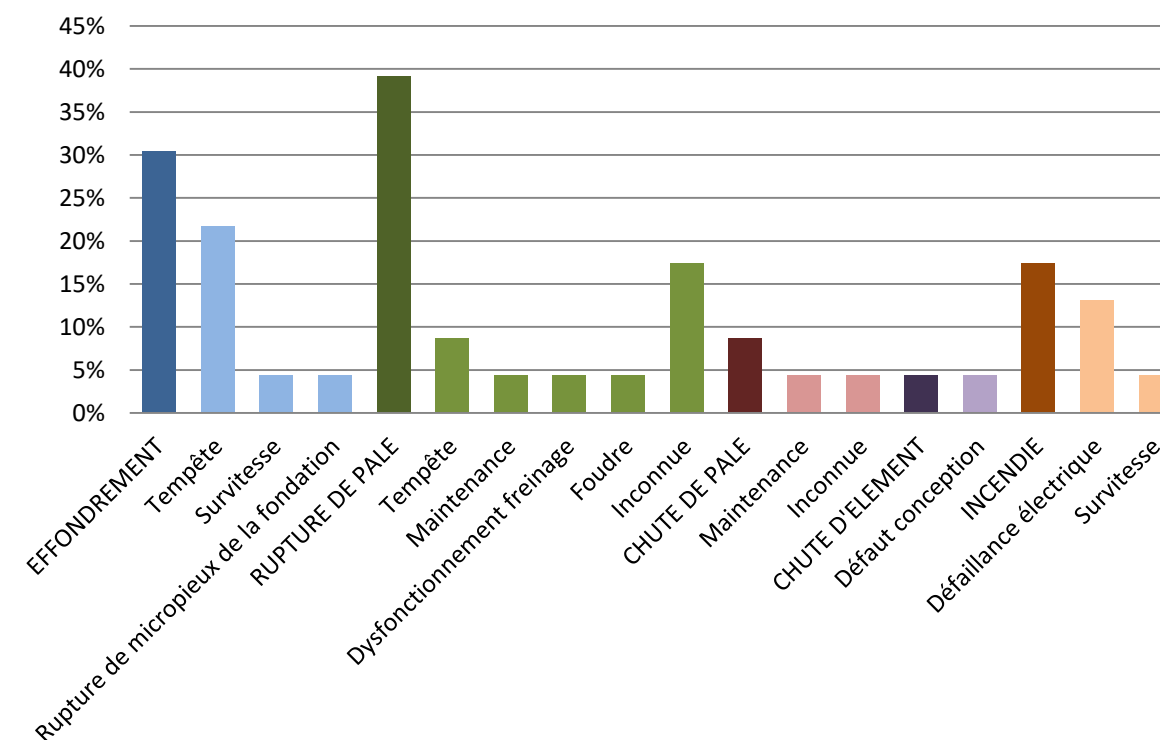


Figure 8 : Répartition des événements accidentels et de leurs causes premières sur le parc éolien français entre 2000 et 2011 (source : SER/FEE/INERIS, 2012)

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	Escalles-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
06/02/2015	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	Conilhac-Corbières (Aude)	Chute de l'aéofrein d'une pale
08/02/2016	Dineault (Finistère)	Chute d'une pale et déchirement d'une autre lors d'une tempête
07/03/2016	Calanhel (Côtes-d'Armor)	Chute d'une pale
28/05/2016	Janville (Eure-et-Loir)	Défaillance d'un raccord sur le circuit de refroidissement de l'huile de la boîte de vitesse de l'éolienne entraînant une fuite d'huile
18/08/2016	Dargies (Oise)	Feu d'éolienne
18/08/2016	Hescamps (Oise)	Feu d'éolienne
14/09/2016	Les Grandes Chapelles (Aube)	Electrisation d'un employé dans une éolienne
27/07/2017	Trayes (Deux-Sèvres)	Chute d'un élément d'une pale d'éolienne
03/08/2017	Priez (Aisne)	Détachement d'une pale du parc éolien de l'Osière
26/10/2017	Vaux-les-Mouzon (Ardennes)	Décès d'un technicien (circonstances encore non établies) au cours d'une opération de maintenance

Tableau 26 : Liste des incidents intervenus en France (source : Base de données ARIA, mise à jour 28/11/2017)

6.1.3. Bilan accidentologie humaine

Le bilan de l'accidentologie humaine indique que depuis 15 ans environ, en France :

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

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

Tableau 27 : Liste des accidents humains inventoriés

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

6.2. INVENTAIRE DES ACCIDENTS ET INCIDENTS A L'INTERNATIONAL

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

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

Le graphique suivant montre la répartition des événements accidentels par rapport à la totalité des accidents analysés. Tout comme pour le retour d'expérience français, ce retour d'expérience montre l'importance des causes « tempêtes et vents forts » dans les accidents. Il souligne également le rôle de la foudre dans les accidents.

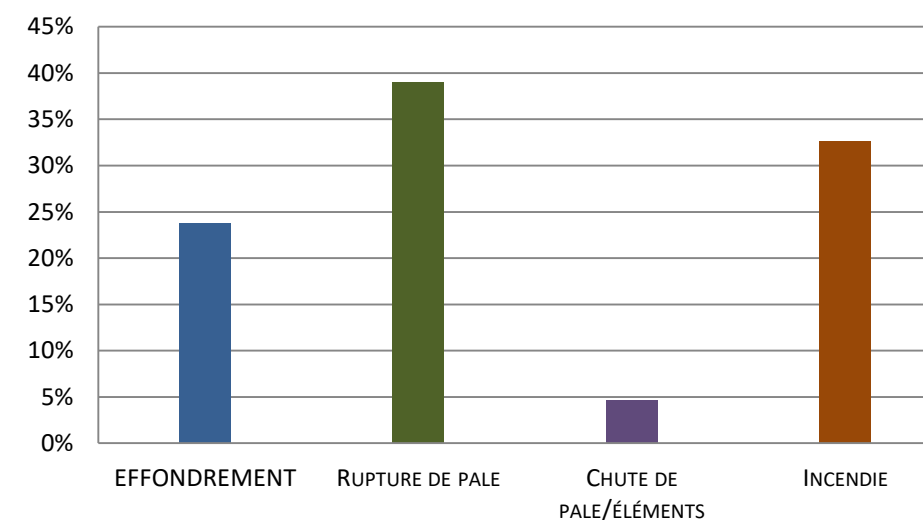
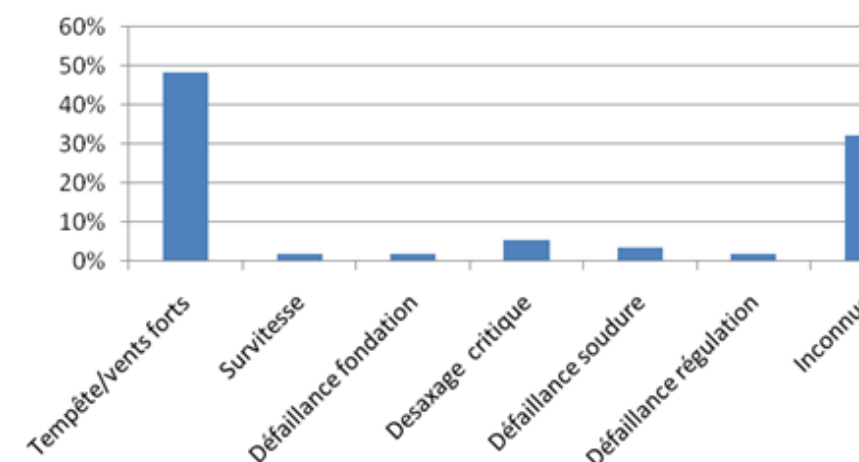
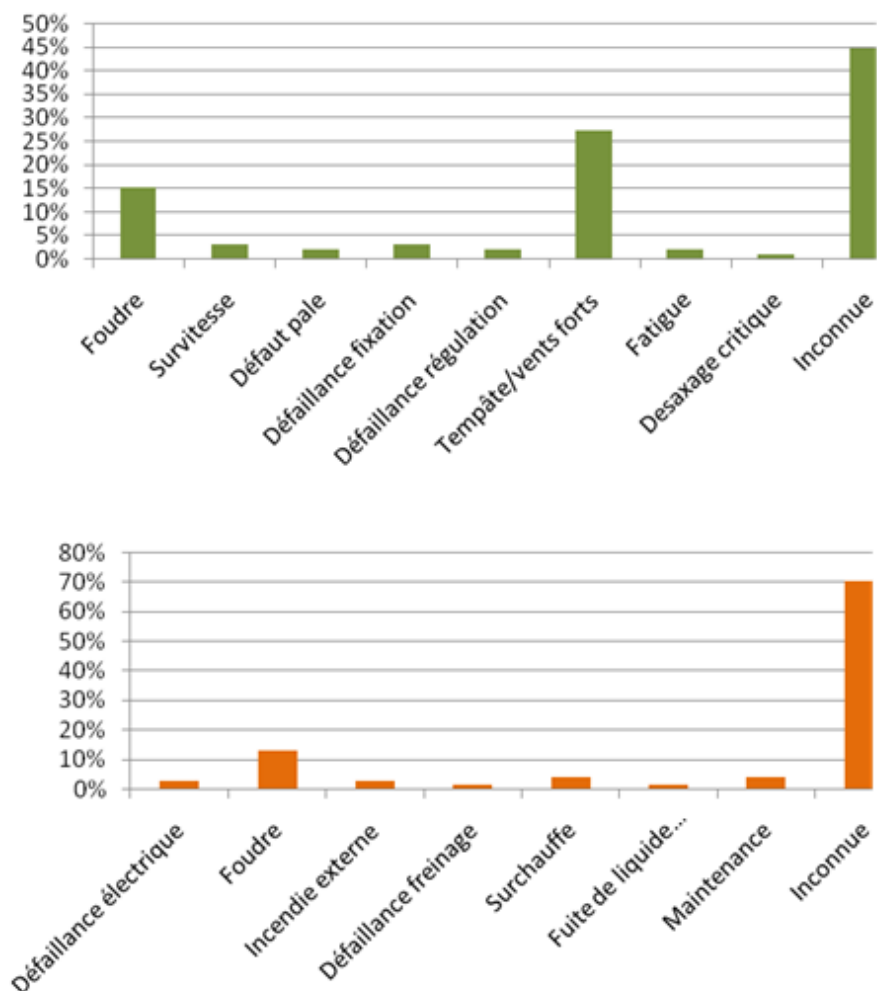


Tableau 28 : Répartition des événements accidentels dans le monde entre 2000 et 2011 (source : SER/FEE/INERIS, 2012)



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

La société « Parc éolien de Pierre-Morains » ayant été créée pour le parc éolien de Pierre-Morains, à la date de rédaction de la présente étude, aucun accident majeur n'est à déclarer sur les sites exploités par la société « Parc éolien de Pierre-Morains » (source : WKN France, 2017).



Répartition des causes premières, dans l'ordre d'apparition des graphiques :

- D'effondrement
- De rupture de pale
- D'incendie

Tableau 29 : Répartition des causes premières d'accident pour le parc éolien mondial (source : SER/FEE/INERIS, 2012)

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

6.4.1. Analyse de l'évolution des accidents en France

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

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

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

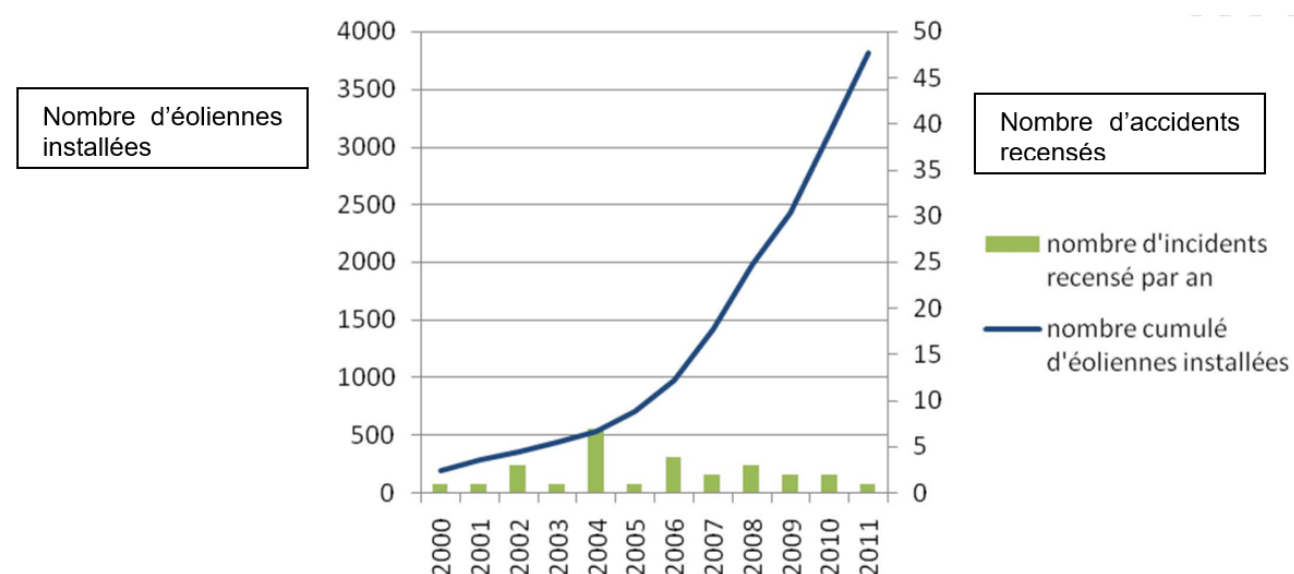


Figure 9 : Evolution du nombre d'incidents annuels en France et nombre d'éoliennes installées (source : INERIS/SER/FEE, 2012)

6.4.2. Analyse des typologies d'accidents les plus fréquents

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

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

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

6.5. LIMITES D'UTILISATION DE L'ACCIDENTOLOGIE

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

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

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

7 ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES

7.1. OBJECTIF DE L'ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES

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

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

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

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

- Chute de météorite ;
- Séisme d'amplitude supérieure aux séismes maximums de référence éventuellement corrigés de facteurs, tels que définis par la réglementation applicable aux installations classées considérées ;
- Crues d'amplitude supérieure à la crue de référence, selon les règles en vigueur ;
- Événements climatiques d'intensité supérieure aux événements historiquement connus ou prévisibles pouvant affecter l'installation, selon les règles en vigueur ;
- Chute d'avion hors des zones de proximité d'aéroport ou aérodrome (rayon de 2 km des aéroports et aérodromes) ;
- Rupture de barrage de classe A ou B au sens de l'article R. 214-212 du Code de l'Environnement ou d'une digue de classe A, B ou C au sens de l'article R. 214-213 du même code ;
- Actes de malveillance.

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

- Inondations ;
- Séismes d'amplitude suffisante pour avoir des conséquences notables sur les infrastructures ;
- Incendies de cultures ou de forêts ;
- Pertes de confinement de canalisations de transport de matières dangereuses ;
- Explosions ou incendies générés par un accident sur une activité voisine de l'éolienne.

7.3. RECENSEMENT DES AGRESSIONS EXTERNES POTENTIELLES

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

Traditionnellement, deux types d'agressions externes sont identifiés :

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

7.3.1. Agressions externes liées aux activités humaines

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

A noter qu'aucun aérogénérateur d'un parc riverain n'est présent dans un périmètre de 500 m autour de l'installation.

Eolienne	Voies communales (m)	Chemins ruraux (m)
E1	-	-
E2	-	-
E3	-	110 m Cr3-
E4	114 m Vc1	-
E5	102 m Vc1	168 m Cr4 172 m Cr6
E6	-	124 m Cr6
E7	-	126 m Cr9 85 m Cr10
E8	-	178 m Cr8 115 m Cr10 147 m Cr12
E9	-	156 m Cr13

Légende : - : Distance supérieure à 200 m

Tableau 30 : Liste des agressions externes liées aux activités humaines (source : INERIS/SER/FEE, 2012)

7.3.2. Agressions externes liées aux phénomènes naturels

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

Agression externe	Intensité
Vents et tempête	<ul style="list-style-type: none"> Le DDRM de la Marne indique que le risque de tempête est possible ; Absence de cyclone.
Foudre	<ul style="list-style-type: none"> Densité de foudroiement : 18 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 minier	<ul style="list-style-type: none"> Aléa faible à nul de retrait et gonflement des argiles ; Cavité : aucune cavité dans le périmètre d'étude de dangers.

Tableau 31 : Liste des agressions externes liées aux phénomènes naturels (source : INERIS/SER/FEE, 2012)

Le cas spécifique des effets directs de la foudre et du risque de « tension de pas » n'est pas traité dans l'analyse des risques et dans l'étude détaillée des risques dès lors qu'il est vérifié que la norme IEC 61 400-22 ou la norme EN 62 305-3 (Décembre 2006) est respectée. Ces conditions sont reprises dans la fonction de sécurité n°6 décrite dans la Partie 7.6. du présent document.

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

7.4. TABLEAU D'ANALYSE GÉNÉRIQUE DES RISQUES

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

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

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

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

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

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

N°	Événement initiateur	Événement intermédiaire	Événement redouté central	Fonction de sécurité (intitulé générique)	Phénomène dangereux	Qualification de la zone d'effet
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 glace (N°1)	Impact de glace sur les enjeux	2
I01	Humidité / Gel	Court-circuit	Incendie de tout ou partie de l'éolienne	Prévenir les Courts-circuits (N°5)	Chute/projection d'éléments enflammés Propagation de l'incendie	2
I02	Dysfonctionnement électrique	Court-circuit	Incendie de tout ou partie de l'éolienne	Prévenir les Courts-circuits (N°5)	Chute/projection d'éléments enflammés Propagation de l'incendie	2

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

N°	Evénement initiateur	Evénement intermédiaire	Evénement redouté central	Fonction de sécurité (intitulé générique)	Phénomène dangereux	Qualification de la zone d'effet
P01	Survitesse	Contraintes trop importante sur les pales	Projection de tout ou partie pale	Prévenir la survitesse (N°4)	Impact sur cible	2
P02	Fatigue Corrosion	Chute de fragment de pale	Projection de tout ou partie pale	Prévenir la dégradation de l'état des équipements (N°11)	Impact sur cible	2
P03	Serrage inapproprié Erreur maintenance – desserrage	Chute de fragment de pale	Projection de tout ou partie pale	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9)	Impact sur cible	2
E01	Effets dominos autres installations	Agression externe et fragilisation structure	Effondrement éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9)	Projection/chute fragments et chute mât	2
E02	Glissement de sol	Agression externe et fragilisation structure	Effondrement éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9)	Projection/chute fragments et chute mât	2
E05	Crash d'aéronef	Agression externe et fragilisation structure	Effondrement éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9)	Projection/chute fragments et chute mât	2
E07	Effondrement engin de levage travaux	Agression externe et fragilisation structure	Effondrement éolienne	Actions de prévention mises en œuvre dans le cadre du plan de prévention (N°13)	Chute fragments et chute mât	2
E08	Vents forts	Défaillance fondation	Effondrement éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9) Prévenir les risques de dégradation de l'éolienne en cas de vent fort (N°12) Dans les zones cycloniques, mettre en place un système de prévision cyclonique et équiper les éoliennes d'un dispositif d'abattage	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
				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 32 : Analyse générique des risques (source : INERIS/SER/FEE, 2012)

7.5. EFFETS DOMINOS

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

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

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

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

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

Trois installations, hors aérogénérateurs, sont recensées à proximité des éoliennes du parc éolien de Pierre-Morains. Il s'agit des postes de livraison.

Les actions de maintenances spécifiques aux postes de livraison sont très ponctuelles et limitées dans le temps. De plus, certaines d'entre-elles ne nécessitent pas une intervention sur le terrain et peuvent s'effectuer à distance. De ce fait, l'enjeu humain au niveau de ces postes de livraison peut être considéré identique à celui qui est observé sur les terrains non bâti.

L'enjeu matériel concerne les postes de livraison eux-mêmes, qui pourraient être détériorés (suite à la chute d'un élément de l'aérogénérateur, la chute d'un morceau de glace, la chute de l'aérogénérateur ou la projection d'un morceau de glace ou de pale ou d'une pale), ainsi que les cultures aux alentours de ces derniers, qui pourraient être également détériorées en cas d'incendie.

L'évaluation de la probabilité d'impact d'un élément de l'aérogénérateur sur une autre installation ICPE est limitée aux installations présentes dans un rayon de 100 mètres (source : INERIS/SER/FEE, Mai 2012). Or, sur la zone d'étude, aucune éolienne du parc éolien de Pierre-Morains ne se trouve à moins de 100 mètres d'une installation ICPE. L'installation ICPE la plus proche est située à 2 km au Sud-Est de l'éolienne E1.

- ⇒ Un effet domino peut être envisagé. Il concerne les postes de livraison.
- ⇒ L'enjeu humain lié à ce risque est faible.

7.6. MISE EN PLACE DES MESURES DE SECURITE

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

Les tableaux suivants ont pour objectif de synthétiser les fonctions de sécurité identifiées et mises en œuvre sur les éoliennes du parc éolien de Pierre-Morains. Dans le cadre de la présente étude de dangers, les fonctions de sécurité sont détaillées selon les critères suivants :

- **Fonction de sécurité** : il est proposé ci-après un tableau par fonction de sécurité. Cet intitulé décrit l'objectif de la ou les mesure(s) de sécurité : il s'agira principalement de « empêcher, éviter, détecter, contrôler ou limiter » et sera en relation avec un ou plusieurs événements conduisant à un accident majeur identifié dans l'analyse des risques. Plusieurs mesures de sécurité peuvent assurer une même fonction de sécurité ;
- **Numéro de la fonction de sécurité** : ce numéro vise à simplifier la lecture de l'étude de dangers en permettant des renvois à l'analyse de risque par exemple ;
- **Mesures de sécurité** : cette ligne permet d'identifier les mesures assurant la fonction concernée. Dans le cas de systèmes instrumentés de sécurité, tous les éléments de la chaîne de sécurité sont présentés (détection + traitement de l'information + action). ;
- **Description** : cette ligne permet de préciser la description de la mesure de maîtrise des risques, lorsque des détails supplémentaires sont nécessaires ;
- **Indépendance** (« oui » ou « non ») : cette caractéristique décrit le niveau d'indépendance d'une mesure de maîtrise des risques vis-à-vis des autres systèmes de sécurité et des scénarios d'accident. Cette condition peut être considérée comme remplie (renseigner « oui ») ou non (renseigner « non »). Dans le cadre des études de dangers éoliennes, il est recommandé de mesurer cette indépendance à travers les questions suivantes :
 - Est-ce que la mesure de sécurité décrite a pour unique but d'agir pour la sécurité ? Il s'agit en effet ici de distinguer ces dernières de celles qui ont un rôle dans la sécurité mais aussi dans l'exploitation de l'aérogénérateur ;
 - Cette mesure est-elle indépendante des autres mesures intervenant sur le scénario ? ;
- **Temps de réponse** (en secondes ou en minutes) : cette caractéristique mesure le temps requis entre la sollicitation et l'exécution de la fonction de sécurité. Il s'agit ici de vérifier que la mesure de maîtrise des risques agira « à temps » pour prévenir ou pour limiter les accidents majeurs. Dans le cadre d'une étude de dangers éolienne, l'estimation de ce temps de réponse peut être simplifiée et se contenter d'une estimation d'un temps de réponse maximum qui doit être atteint. Néanmoins, et pour rappel, la réglementation impose les temps de réponse suivants :
 - Une mesure de maîtrise des risques remplissant la fonction de sécurité « limiter les conséquences d'un incendie » doit permettre de détecter un incendie et de transmettre l'alerte aux services d'urgence compétents dans un délai de 15 minutes ;
 - Une seconde mesure de maîtrise des risques remplissant la fonction de sécurité « limiter les conséquences d'un incendie » doit permettre de détecter un incendie et de mettre en œuvre une procédure d'arrêt d'urgence dans un délai de 60 minutes ;
- **Efficacité** (100% ou 0%) : l'efficacité mesure la capacité d'une mesure de maîtrise des risques à remplir la fonction de sécurité qui lui est confiée pendant une durée donnée et dans son contexte d'utilisation. Il s'agit de vérifier qu'une mesure de sécurité est bien dimensionnée pour remplir la fonction qui lui a été assignée. En cas de doute sur une mesure de maîtrise des risques, une note de calcul de dimensionnement peut être produite ;

- **Test (fréquence)** : dans ce champ sont rappelés les tests/essais qui seront réalisés sur les mesures de maîtrise des risques. Conformément à la réglementation, un essai d'arrêt, d'arrêt d'urgence et d'arrêt à partir d'une situation de survitesse seront réalisés avant la mise en service de l'aérogénérateur. Dans tous les cas, les tests effectués sur les mesures de maîtrise des risques seront tenus à la disposition de l'inspection des installations classées pendant l'exploitation de l'installation.
- **Maintenance (fréquence)** : ce critère porte sur la périodicité des contrôles qui permettront de vérifier la performance de la mesure de maîtrise des risques dans le temps. Pour rappel, la réglementation demande qu'à minima un contrôle tous les ans soit réalisé sur la performance des mesures de sécurité permettant de mettre à l'arrêt, à l'arrêt d'urgence et à l'arrêt à partir d'une situation de survitesse et sur tous les systèmes instrumentés de sécurité.

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

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

Fonction de sécurité	Prévenir la mise en mouvement de l'éolienne lors de la formation de glace	N° de la fonction de sécurité	1
Mesures de sécurité	Système de déduction de la formation de glace sur les pales et de mise à l'arrêt de la machine Procédure adéquate de redémarrage		
Description	Système de déduction équipant toutes les éoliennes du parc éolien de Pierre-Morains : Le système de déduction de glace repose sur une comparaison entre différentes données (température, vitesse de vent et production). Si une différence entre les productions réelle et attendue est mesurée, sous certaines conditions de température et de vent, l'éolienne s'arrête automatiquement. La remise en route est automatique après disparition des conditions de givre.		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	Temps de détection de l'ordre de la seconde. Mise en pause de la turbine < 1 min, conformément à l'article 25 de l'arrêté du 26 août 2011		
Efficacité	100 %		
Tests	Tests menés par le concepteur au moment de la construction de l'éolienne		
Maintenance	Vérification du système au bout de 3 mois de fonctionnement puis maintenance de remplacement en cas de dysfonctionnement de l'équipement		

Fonction de sécurité	Prévenir l'atteinte des personnes par la chute de glace	N° de la fonction de sécurité	2
Mesures de sécurité	Signalisation du risque par panneauage 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	N/A		
Efficacité	100 % Compte tenu de l'implantation des panneaux et de l'entretien prévu, il est considéré que l'information des promeneurs sera systématique.		
Tests	N/A		
Maintenance	Vérification de l'état général du panneau, de l'absence de détérioration, entretien de la végétation afin que le panneau reste visible.		

Fonction de sécurité	Prévenir l'échauffement significatif des pièces mécaniques	N° de la fonction de sécurité	3
Mesures de sécurité	Capteurs de température des pièces mécaniques Définition de seuils critiques de t° pour chaque type de composant avec alarmes Mise à l'arrêt ou bridage jusqu'à refroidissement Le redémarrage peut être effectué à distance, si les seuils de température sont en-dessous des seuils d'alarme.		
Description	Des sondes de température sont mises en place sur les équipements ayant de fortes variations de température au cours de leur fonctionnement (paliers et roulements des machines tournantes, enroulements du générateur et du transformateur). Ces sondes ont des seuils hauts qui, une fois dépassés, conduisent à une alarme et à une mise à l'arrêt du rotor.		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	Temps de détection de l'ordre de la seconde Mise en pause de la turbine < 1 min.		
Efficacité	100 %		
Tests	Surveillance via la maintenance prédictive, avec détection de la déviation de température de chaque capteur.		
Maintenance	Vérification du système au bout de 3 mois de fonctionnement puis contrôle annuel conformément à l'article 18 de l'arrêté du 26 août 2011. Maintenance de remplacement en cas de dysfonctionnement de l'équipement.		

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

Fonction de sécurité	Prévenir les courts-circuits	N° de la fonction de sécurité	5
Mesures de sécurité	Coupure de la transmission électrique en cas de fonctionnement anormal d'un composant électrique.		
Description	Les organes et armoires électriques de l'éolienne sont équipés d'organes de coupures et de protection adéquats et correctement dimensionnés. Tout fonctionnement anormal des composants électriques est suivi d'une coupure de la transmission électrique et de la transmission d'un signal d'alerte vers l'exploitant qui prend alors les mesures appropriées. La remise sous tension puis le recouplage de la machine ne peuvent être faits qu'après inspection visuelle des éléments HT de la nacelle, puis du réarmement du détecteur d'arc et de l'acquittement manuel du défaut.		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	De l'ordre de la seconde		
Efficacité	100 %		
Tests	Test des détecteurs d'arc à la mise en service puis tous les 6 mois.		
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 – 22 Dispositif de capture et mise à la terre Parasurtenseurs sur les circuits électriques		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	Immédiat, dispositif passif		
Efficacité	100 %		
Tests	Avant la première mise en route de l'éolienne, une mesure de mise à la terre est effectuée.		
Maintenance	Contrôle visuel des pales et des éléments susceptibles d'être impactés par la foudre inclus dans les opérations de maintenance, conformément à l'article 9 de l'arrêté du 26 août 2011.		

Fonction de sécurité	Protection et intervention incendie	N° de la fonction de sécurité	7
Mesures de sécurité	Capteurs de températures sur les principaux composants de l'éolienne pouvant permettre, en cas de dépassement des seuils, la mise à l'arrêt de la machine. Système de détection incendie relié à une alarme transmise à un poste de contrôle. Intervention des services de secours.		
Description	Détecteurs d'incendie 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. Les éoliennes sont équipées par défaut d'un système autonome de détection composé de plusieurs capteurs de fumée et de chaleur disposés aux possibles points d'échauffements tels que : - La chambre du transformateur ; - Le générateur ; - La cellule haute tension ; - Le convertisseur ; - Les armoires électriques principales ; - Le système de freinage. Le système de détection incendie est alimenté par le réseau secouru (UPS). 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	Le couplage des éléments de détection de fumée au système SCADA permet l'envoi en temps réel d'alertes par SMS/par courriel, selon les instructions de l'exploitant. L'exploitant ou l'opérateur désigné sera ainsi 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 à l'article 23 de l'arrêté du 26 août 2011. Le temps d'intervention des services de secours est quant à lui dépendant de la zone géographique.		
Efficacité	100 %		
Tests	Test des détecteurs de fumée à la mise en service puis tous les ans.		
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 et capteurs de pression Capteurs de niveau du circuit de refroidissement (niveau bas alarmé avec arrêt après temporisation) Procédure d'urgence Kit antipollution et bacs de rétention		
Description	Le circuit hydraulique est équipé de capteurs de pression (une mesure de pression dans le bloc hydraulique de chaque pale) permettant de s'assurer de son bon fonctionnement. Toute baisse de pression en-dessous d'un seuil préalablement déterminé, conduit au déclenchement de l'arrêt du rotor (mise en drapeau des pales). Afin de pouvoir assurer la manœuvre des pales en cas de perte du groupe de mise en pression ou en cas de fuite sur le circuit, chaque bloc hydraulique (situé au plus près du vérin de pale) est équipé d'un accumulateur hydropneumatique (pressurisé à l'azote) qui permet la mise en drapeau de la pale. La pression du circuit de lubrification du multiplicateur fait également l'objet d'un contrôle, asservissant le fonctionnement de l'éolienne. Les niveaux d'huile sont surveillés d'une part au niveau du multiplicateur et d'autre part au niveau du groupe hydraulique. L'atteinte du niveau bas sur le multiplicateur		

Fonction de sécurité	Prévention et rétention des fuites	N° de la fonction de sécurité	8
	ou sur le groupe hydraulique, déclenche une alarme et conduit à la mise à l'arrêt du rotor. Le circuit de refroidissement (eau glycolée) est équipé d'un capteur de niveau bas qui, en cas de déclenchement, conduit à l'arrêt de l'éolienne. 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	Tests des systèmes hydrauliques à la mise en service, au bout de 3 mois de fonctionnement puis tous les ans suivant les manuels de maintenance.		
Maintenance	Inspection des niveaux d'huile plusieurs fois par an. Les vérifications d'absence de fuites sont effectuées à chaque service planifié. Surveillance des niveaux d'huile via des outils d'analyses instantanées ou hebdomadaires. Inspection et maintenance curative en fonction du type de déclenchement d'alarme.		

Fonction de sécurité	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation)	N° de la fonction de sécurité	9
Mesures de sécurité	Contrôles réguliers des fondations et des différentes pièces d'assemblage (ex : brides ; joints, etc.) Procédures qualités		
Description	La norme IEC 61 400-1 « Exigence pour la conception des aérogénérateurs » fixe les prescriptions propres à fournir « un niveau approprié de protection contre les dommages résultant de tout risque durant la durée de vie » de l'éolienne. Ainsi la nacelle, le nez, les fondations et la tour répondent au standard IEC 61 400-1. Les pales respectent le standard IEC 61 400-1 ; 12 ; 23. Les éoliennes sont protégées contre la corrosion due à l'humidité de l'air, selon la norme ISO 9223.		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	N/A		
Efficacité	100 %		
Tests	N/A		
Maintenance	Les couples de serrage (brides sur les diverses sections de la tour, bride de raccordement des pales au moyeu, bride de raccordement du moyeu à l'arbre lent, éléments du châssis, éléments du pitch system, couronne du Yaw Gear, boulons de fixation de la nacelle, etc.) sont vérifiés au bout de 3 mois de fonctionnement puis tous les 3 ans, conformément à l'article 18 de l'arrêté du 26 août 2011.		

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

Fonction de sécurité		Prévenir les risques de dégradation de l'éolienne en cas de vent fort	N° de la fonction de sécurité	11
Mesures de sécurité		Classe d'éolienne adaptée au site et au régime de vents. Détection et prévention des vents forts et tempêtes. Arrêt automatique et diminution de la prise au vent de l'éolienne (mise en drapeau progressive des pales) par le système de conduite (Pitch system).		
Description		L'éolienne est mise à l'arrêt si la vitesse de vent mesurée dépasse la vitesse maximale pour laquelle elle a été conçue (soit une valeur moyenne sur 10 minutes supérieure à 20 m/s).		
Indépendance		Oui		
Temps de réponse		< 1 min		
Efficacité		100 %. NB : En fonction de l'intensité attendue des vents, d'autres dispositifs de diminution de la prise au vent de l'éolienne peuvent être envisagés.		
Tests		Pitch system testé tous les ans lors des maintenances préventives.		
Maintenance		Tous les ans.		

Tableau 33 : Ensemble des fonctions de sécurité (Source : INERIS/SER/FEE, 2012)

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

Notamment, suivant une périodicité qui ne peut excéder un an, l'exploitant réalise une vérification de l'état fonctionnel des équipements de mise à l'arrêt, de mise à l'arrêt d'urgence et de mise à l'arrêt depuis un régime de survitesse en application des préconisations du constructeur de l'aérogénérateur.

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

Tableau 34 : Scénarios exclus (Source : INERIS/SER/FEE, 2012)

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

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

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

8 ETUDE DETAILLEE DES RISQUES

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

8.1. RAPPEL DES DEFINITIONS

Les règles méthodologiques applicables pour la détermination de l'intensité, de la gravité et de la probabilité des phénomènes dangereux sont précisées dans l'arrêté ministériel du 29 septembre 2005.

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

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

Cette circulaire précise en son point 1.2.2 qu'à l'exception de certains explosifs pour lesquels les effets de projection présentent un comportement caractéristique à faible distance, les projections et chutes liées à des ruptures ou fragmentations ne sont pas modélisées en intensité et gravité dans les études de dangers. Force est néanmoins de constater que ce sont les seuls phénomènes dangereux susceptibles de se produire sur des éoliennes.

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

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

8.1.1. Cinétique

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

Selon l'article 8 de l'arrêté du 29 septembre 2005, la cinétique peut être qualifiée de « lente » ou « rapide ». Dans le cas d'une cinétique lente, les personnes ont le temps d'être mises à l'abri à la suite de l'intervention des services de secours. Dans le cas contraire, la cinétique est 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 tout ou partie de pale), de chute d'éléments (glace ou tout ou partie de pale) ou d'effondrement de machine.

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

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

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

- 5% d'exposition : seuil d'exposition très forte ;
- 1% d'exposition : seuil d'exposition forte.

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

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

Tableau 35 : 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 36 : 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 37 : 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 :

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

P_{PERC} = 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_{PERC}) a été retenue.

8.1.5. Matrice de criticité

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

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

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

GRAVITÉ Conséquences	Classes de Probabilité				
	E	D	C	B	A
Désastreux	Jaune	Rouge	Rouge	Rouge	Rouge
Catastrophique	Jaune	Jaune	Rouge	Rouge	Rouge
Important	Jaune	Jaune	Jaune	Rouge	Rouge
Sérieux	Vert	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 38 : Matrice de criticité de l'installation (source : INERIS/SER/FEE, 2012)

8.2. CARACTERISATION DES SCENARIOS RETENUS

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 180 m.

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

Intensité

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

Les tableaux ci-dessous permettent d'évaluer l'intensité du phénomène d'effondrement de l'éolienne dans le cas du parc éolien de Pierre-Morains.

Le gabarit de machine le plus impactant pour ce scénario est celui modèle qui sera étudié. Z_I est la zone d'impact, Z_E est la zone d'effet, d le degré d'exposition, R est le rayon du rotor ($R = 75$ m), H la hauteur au moyeu ($H = 105$ m), L la largeur du mat ($L = 5$ m) et LB la largeur de la base de la pale ($LB = 3,67$ m).

Effondrement de l'éolienne			
Zone d'impact en m ²	Zone d'effet du phénomène étudié en m ²	Degré d'exposition du phénomène étudié en %	Intensité
$Z_I = (H \times L) + (3 \times R \times LB / 2)$	$Z_E = \pi \times (H + R)^2$	$d = (Z_I / Z_E) \times 100$	Exposition modérée
938	101 788	0,92 %	

Tableau 39 : Evaluation de l'intensité dans le scénario de l'effondrement des éoliennes

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

Gravité

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

- Plus de 1 000 personnes exposées → « Désastreux » ;
- Entre 100 et 1 000 personnes exposées → « Catastrophique » ;
- Entre 10 et 100 personnes exposées → « Important » ;
- Moins de 10 personnes exposées → « Sérieux » ;
- Présence humaine exposée inférieure à « une personne » → « Modéré ».

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

Effondrement de l'éolienne						
Eolienne	Terrains non aménagés et très peu fréquentés 1 personne / 100 ha		Terrains aménagés mais peu fréquentés 1 personne / 10 ha		Nombre total de personnes exposées	Gravité
	Surface exposée en ha	Nombre de personnes exposées	Surface exposée en ha	Nombre de personnes exposées		
E1	10,18	0,11	0	0	0,11	Modérée
E2	10,18	0,11	0	0	0,11	Modérée
E3	10,05	0,11	0,12	0,02	0,13	Modérée
E4	9,92	0,10	0,25	0,03	0,13	Modérée
E5	9,80	0,10	0,38	0,04	0,14	Modérée
E6	10,05	0,11	0,13	0,02	0,13	Modérée
E7	9,73	0,10	0,44	0,05	0,15	Modérée
E8	9,93	0,10	0,24	0,03	0,13	Modérée
E9	10,08	0,11	0,10	0,01	0,12	Modérée

Tableau 40 : Evaluation de la gravité dans le scénario de l'effondrement de l'éolienne

Remarque 1 : 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 41 : 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

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.

les machines récentes et permettent de réduire significativement la probabilité d'effondrement. Ces mesures de sécurité sont notamment :

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

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

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

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

Acceptabilité

Le tableau suivant rappelle, pour chaque aérogénérateur du parc éolien de Pierre-Morains, 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
E8	Modérée	Acceptable
E9	Modérée	Acceptable

Tableau 42 : Détermination de l'acceptabilité du risque du scénario « effondrement de l'éolienne »

⇒ Ainsi, pour le parc éolien de Pierre-Morains, 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 (Wind energy production in cold climate), une grande partie du territoire français (hors zones de montagnes) est concernée par moins d'un jour de formation de glace par an. Certains secteurs du territoire comme les zones côtières affichent des moyennes variant entre 2 et 7 jours de formation de glace par an.

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

Zone d'effet

Le risque de chute de glace est cantonné à la zone de survol des pales, soit un disque de rayon égal à un demi-diamètre de rotor autour du mât de l'éolienne. Pour le parc éolien de Pierre-Morains, **la zone d'effet maximale a donc un rayon de 75 mètres**. Cependant, il convient de noter que, lorsque l'éolienne est à l'arrêt, les pales n'occupent qu'une faible partie de cette zone.

Intensité

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

Le tableau ci-dessous permet d'évaluer l'intensité du phénomène de chute de glace dans le cas du parc éolien de Pierre-Morains. Z_I est la zone d'impact, Z_E est la zone d'effet, d le degré d'exposition, R est le rayon du rotor ($R = 75$ m), SG est la surface du morceau de glace majorant ($SG = 1$ m²).

Chute de glace			
Zone d'impact en m ²	Zone d'effet du phénomène étudié en m ²	Degré d'exposition du phénomène étudié en %	Intensité
$Z_I = SG$	$Z_E = \pi \times R^2$	$d = (Z_I / Z_E) \times 100$	Exposition modérée
1	17 671	0,006%	

Tableau 43 : 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 1 000 personnes exposées → « Désastreux » ;
- Entre 100 et 1 000 personnes exposées → « Catastrophique » ;
- Entre 10 et 100 personnes exposées → « Important » ;
- Moins de 10 personnes exposées → « Sérieux » ;
- Présence humaine exposée inférieure à « une personne » → « Modéré ».

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

Chute de glace						
Eolienne	Terrains non aménagés et très peu fréquentés 1 personne / 100 ha		Terrains aménagés mais peu fréquentés 1 personne / 10 ha		Nombre total de personnes exposées	Gravité
	Surface exposée en ha	Nombre de personnes exposées	Surface exposée en ha	Nombre de personnes exposées		
E1	1,77	0,02	0	0	0,02	Modérée
E2	1,77	0,02	0	0	0,02	Modérée
E3	1,77	0,02	0	0	0,02	Modérée
E4	1,77	0,02	0	0	0,02	Modérée
E5	1,77	0,02	0	0	0,02	Modérée
E6	1,77	0,02	0	0	0,02	Modérée
E7	1,77	0,02	0	0	0,02	Modérée
E8	1,77	0,02	0	0	0,02	Modérée
E9	1,77	0,02	0	0	0,02	Modérée

Tableau 44 : Evaluation de la gravité dans le scénario « chute de glace »

Probabilité

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

Acceptabilité

Le tableau ci-après rappelle, pour chaque aérogénérateur du parc éolien de Pierre-Morains, 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
E8	Modérée	Acceptable
E9	Modérée	Acceptable

Tableau 45 : Détermination de l'acceptabilité du risque du scénario « chute de glace »

⇒ Ainsi, pour le parc éolien de Pierre-Morains, 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, soit 75 mètres maximum.

Intensité

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

Le tableau ci-dessous permet d'évaluer l'intensité du phénomène de chute d'éléments de l'éolienne, dans le cas du parc éolien de Pierre-Morains. Z_I est la zone d'impact, Z_E la zone d'effet, d le degré d'exposition, R le rayon du rotor ($R=75$ m) et LB la largeur de la base de la pale ($LB=3,67$ m).

Chute d'éléments de l'éolienne			
Zone d'impact en m ²	Zone d'effet du phénomène étudié en m ²	Degré d'exposition du phénomène étudié en %	Intensité
$Z_I = R \times LB/2$	$Z_E = \pi \times R^2$	$d = (Z_I/Z_E) \times 100$	Exposition forte
138	9 499	1,45 %	

Tableau 46 : Evaluation de l'intensité dans le scénario de chute d'éléments

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

Gravité

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

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

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

Chute d'éléments de l'éolienne						
Eolienne	Terrains non aménagés et très peu fréquentés 1 personne / 100 ha		Terrains aménagés mais peu fréquentés 1 personne / 10 ha		Nombre total de personnes exposées	Gravité
	Surface exposée en ha	Nombre de personnes exposées	Surface exposée en ha	Nombre de personnes exposées		
E1	1,77	0,02	0	0	0,02	Sérieuse
E2	1,77	0,02	0	0	0,02	Sérieuse
E3	1,77	0,02	0	0	0,02	Sérieuse
E4	1,77	0,02	0	0	0,02	Sérieuse
E5	1,77	0,02	0	0	0,02	Sérieuse
E6	1,77	0,02	0	0	0,02	Sérieuse
E7	1,77	0,02	0	0	0,02	Sérieuse
E8	1,77	0,02	0	0	0,02	Sérieuse
E9	1,77	0,02	0	0	0,02	Sérieuse

Tableau 47 : Evaluation de la gravité dans le scénario « chute d'éléments de l'éolienne »

Probabilité

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

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

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

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

Acceptabilité

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

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

Tableau 48 : Détermination de l'acceptabilité du risque du scénario « chute d'éléments de l'éolienne »

⇒ Ainsi, pour le parc éolien de Pierre-Morains, 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 par rapport au mât de l'éolienne (source : Trame type INERIS, Mai 2012). On constate que les autres données disponibles dans cette accidentologie indiquent des distances d'effet inférieures.

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

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

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

Intensité

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

Le tableau ci-dessous permet d'évaluer l'intensité du phénomène projection de pales et de fragments de pale de l'éolienne dans le cas du parc éolien de Pierre-Morains. Z_I est la zone d'impact, Z_E la zone d'effet, d le degré d'exposition, R le rayon du rotor ($R = 75$ m) et LB la largeur de la base de la pale ($LB = 3,67$ m). R_E^2 correspond au rayon de la zone d'effet, soit 500 mètres. Il n'est pas à confondre avec le R du rayon du rotor.

Projection de pales ou de fragments de pales			
Zone d'impact en m ²	Zone d'effet du phénomène étudié en m ²	Degré d'exposition du phénomène étudié en %	Intensité
$Z_I = R \times LB/2$	$Z_E = \pi \times R_E^2$	$d = (Z_I/Z_E) \times 100$	Exposition modérée
138	785 398	0,018%	

Tableau 49 : Evaluation de l'intensité dans le scénario « projection de pales ou de fragments de pales »

Gravité

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

- Plus de 1 000 personnes exposées → « Désastreux » ;
- Entre 100 et 1 000 personnes exposées → « Catastrophique » ;
- Entre 10 et 100 personnes exposées → « Important » ;
- Moins de 10 personnes exposées → « Sérieux » ;
- Présence humaine exposée inférieure à « une personne » → « Modéré ».

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

Projection de pales ou de fragments de pales						
Eolienne	Terrains non aménagés et très peu fréquentés 1 personne / 100 ha		Terrains aménagés mais peu fréquentés 1 personne / 10 ha		Nombre total de personnes exposées	Gravité
	Surface exposée en ha	Nombre de personnes exposées	Surface exposée en ha	Nombre de personnes exposées		
E1	77,82	0,78	0,72	0,08	0,86	Modérée
E2	77,44	0,78	1,10	0,12	0,90	Modérée
E3	77,81	0,78	0,73	0,08	0,86	Modérée
E4	76,91	0,77	1,63	0,17	0,94	Modérée
E5	76,63	0,77	1,90	0,20	0,97	Modérée
E6	76,58	0,77	1,96	0,20	0,97	Modérée
E7	77,14	0,78	1,40	0,14	0,92	Modérée
E8	77,33	0,78	1,21	0,13	0,91	Modérée
E9	76,81	0,77	1,73	0,18	0,95	Modérée

Tableau 50 : 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 x 10 ⁻⁶	Respect de l'Eurocode EN 1990-Basis of structural design
Guide for risk based zoning of wind turbine	1,1 x 10 ⁻³	Retour d'expérience au Danemark (1984-1992) et en Allemagne (1989-2001)
Specification of minimum distances	6,1 x 10 ⁻⁴	Recherche Internet des Accidents entre 1996 et 2003

Tableau 51 : Fréquence de rupture de tout ou partie de pale dans la littérature (source : INERIS/SER/FEE, 2012)

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

Le retour d'expérience français montre également une classe de probabilité « C » (12 évènements pour 15 667 années d'expérience, soit 7,66 x 10⁻⁴ 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 61 400-22 et EN 62 305-3 relatives à la foudre ;

- Le système de détection des survitesses et un système redondant de freinage ;
- Le système de détection des vents forts et un système redondant de freinage et de mise en sécurité des installations – un système adapté est installé en cas de risque cyclonique ;
- Utilisation de matériaux résistants pour la fabrication des pales (fibre de verre, de carbone, résines, etc.).

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

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

Acceptabilité

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

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

Tableau 52 : Détermination de l'acceptabilité du risque du scénario « projection de pales ou de fragments de pales »

⇒ Ainsi, pour le parc éolien de Pierre-Morains, 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 dommages sur les personnes ou les biens.

En ce qui concerne la distance maximale atteinte par ce type de projectiles, il n'existe pas d'information dans l'accidentologie. La référence n°15 du chapitre 10.4 propose une distance d'effet fonction de la hauteur et du diamètre de l'éolienne, dans les cas où le nombre de jours de glace est important et où l'éolienne n'est pas équipée de système d'arrêt des éoliennes en cas de givre ou de glace :

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

Soit au maximum **382,5 m**

Cette distance de projection est jugée conservatrice dans des études postérieures (voir n°17 du chapitre 10.4). A défaut de données fiables, il est proposé de considérer cette formule pour le calcul de la distance d'effet pour les projections de glace.

Intensité

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

Les tableaux ci-dessous permettent d'évaluer l'intensité du phénomène de projection de glace dans le cas du parc éolien de Pierre-Morains.

Le gabarit de machines le plus impactant pour ce scénario est le modèle qui sera étudié. Z_I est la zone d'impact, Z_E la zone d'effet, d le degré d'exposition, R le rayon du rotor (R= 75 m), H la hauteur au moyeu (H= 105 m), et SG la surface majorante d'un morceau de glace.

Projection de morceaux de glace			
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	Exposition modérée
1	459 635	0,0002 %	

Tableau 53 : 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 1 000 personnes exposées → « Désastreux » ;
- Entre 100 et 1 000 personnes exposées → « Catastrophique » ;
- Entre 10 et 100 personnes exposées → « Important » ;
- Moins de 10 personnes exposées → « Sérieux » ;
- Présence humaine exposée inférieure à « une personne » → « Modéré ».

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

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

Projection de morceaux de glace						
Eolienne	Terrains non aménagés et très peu fréquentés 1 personne / 100 ha		Terrains aménagés mais peu fréquentés 1 personne / 10 ha		Nombre total de personnes exposées	Gravité
	Surface exposée en ha	Nombre de personnes exposées	Surface exposée en ha	Nombre de personnes exposées		
E1	45,83	0,46	0,14	0,02	0,48	Modérée
E2	45,58	0,46	0,38	0,04	0,50	Modérée
E3	45,46	0,46	0,50	0,05	0,51	Modérée
E4	45,04	0,46	0,92	0,10	0,56	Modérée
E5	44,50	0,45	1,46	,015	0,60	Modérée
E6	44,59	0,45	1,38	0,14	0,59	Modérée
E7	45,36	0,46	0,60	0,07	0,53	Modérée
E8	45,24	0,46	0,72	0,08	0,54	Modérée
E9	44,94	0,45	1,02	0,11	0,56	Modérée

Tableau 54 : Evaluation de la gravité dans le scénario « projection de morceaux de glace »

Probabilité

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

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

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

Acceptabilité

Le tableau suivant rappelle, pour chaque aérogénérateur du parc éolien de Pierre-Morains, 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 déduction de glace et procédure de redémarrage	Niveau de risque
E1	Modérée	Oui	Acceptable
E2	Modérée	Oui	Acceptable
E3	Modérée	Oui	Acceptable
E4	Modérée	Oui	Acceptable
E5	Modérée	Oui	Acceptable
E6	Modérée	Oui	Acceptable
E7	Modérée	Oui	Acceptable
E8	Modérée	Oui	Acceptable
E9	Modérée	Oui	Acceptable

Tableau 55 : Détermination de l'acceptabilité du risque du scénario « projection de morceaux de glace »

⇒ Ainsi, pour le parc éolien de Pierre-Morains, le phénomène de projection de glace constitue un risque acceptable pour les personnes.

Synthèse

ATER Environnement
Aménagement du Territoire - Energies Renouvelables

Février 2019

Source : IGN 100®

Copie et reproduction interdites

Légende

□ Périmètre d'étude de dangers

Parc éolien de Pierre-Morains

— Eolienne

■ Poste de livraison

Servitudes radioélectriques

— France Télécom

— Distance de retrait (100 m)

— Orange n°1

— Distance de retrait (20 m)

— Orange n°2

— Distance de retrait (25 m)

Captage AEP

●●● Périmètre de protection éloignée

Réseaux souterrains

××× Canalisations SCEA Lerherle

▲▲▲ Canalisations TEREOS

Servitudes minières

■ Concession d'Amaltheus

Servitudes routières

— Voie communale

— Chemin rural

Scénarios étudiés

□ Zone de surplomb maximale (75 m)

□ Zone de ruine maximale (180m)

□ Zone de projection de glace maximale (382,5m)

□ Zone de projection de pale (500m)

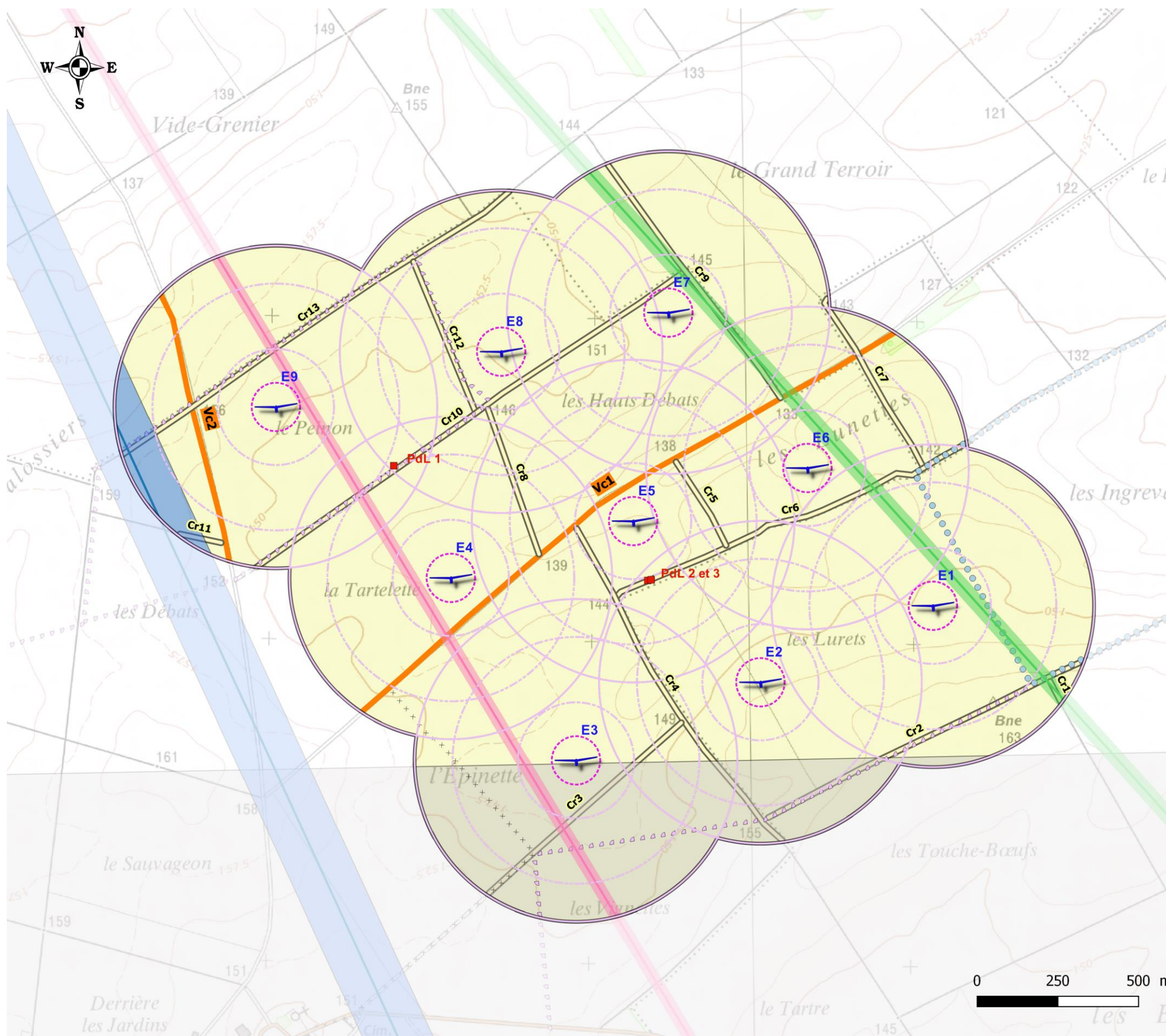
Enjeux humains

■ Moins de 1 personne

Intensité

□ Modérée

□ Forte



Carte 14 : Synthèse des risques sur le périmètre de dangers

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 probabilité et la gravité.

Scenario	Zone d'effet	Cinétique	Intensité	Probabilité	Gravité	Risque
Effondrement de l'éolienne	Disque dont le rayon correspond à une hauteur totale de la machine en bout de pale	Rapide	Exposition modérée	D	Modérée E1 à E9	Très faible
Chute d'élément de l'éolienne	Zone de survol	Rapide	Exposition forte	C	Sérieuse E1 à E9	Faible
Chute de glace	Zone de survol	Rapide	Exposition modérée	A	Modérée E1 à E9	Faible
Projection de pale	500 m autour de l'éolienne	Rapide	Exposition modérée	D	Modérée E1 à E9	Faible
Projection de glace	1,5 x (H+2R) autour de l'éolienne	Rapide	Exposition modérée	B	Modérée E1 à E9	Faible

Tableau 56 : Synthèse des scénarios étudiés pour l'ensemble des éoliennes du parc

8.3.2. Synthèse de l'acceptabilité des risques

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

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

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

- Chute d'éléments des éoliennes E1 à E9 (scénarios C_e1 à C_e9) ;
- Chute de glace des éoliennes E1 à E9 (scénarios C_g1 à C_g9) ;
- Effondrement des éoliennes E1 à E9 (scénarios E_r1 à E_r9) ;
- Projection de glace des éoliennes E1 à E9 (scénarios P_g1 à P_g9) ;
- Projection de pale des éoliennes E1 à E9 (scénarios P_p1 à P_p9).

Conséquence / Gravité	Classes de Probabilité				
	E	D	C	B	A
Désastreux	Jaune	Rouge	Rouge	Rouge	Rouge
Catastrophique	Jaune	Jaune	Rouge	Rouge	Rouge
Important	Jaune	Jaune	Jaune	Rouge	Rouge
Sérieux	Vert	Vert	C _e 1 à C _e 9	Jaune	Rouge
Modéré	Vert	E _r 1 à E _r 9 P _p 1 à P _p 9	Vert	P _g 1 à P _g 9	C _g 1 à C _g 9

E_r : Effondrement éolienne ; C_g : Chute de glace ; C_e : Chute d'éléments ; P_p : Projection de pales ; P_g : Projection de glace

Légende de la matrice :

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

Tableau 57 : 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.

9 CONCLUSION

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

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

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

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

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

Dans la zone d'effondrement de la machine (dite également zone de ruine), l'enjeu humain varie entre 0,11 et 0,15 personne. Sur cette zone, sont présents des champs ainsi que quelques chemins ruraux et une voie communale. En l'absence d'infrastructure structurante, l'enjeu humain reste nettement inférieur à 1 personne, la gravité est qualifiée de sérieuse.

Dans la zone de projection de glace, l'enjeu humain est compris entre 0,48 et 0,60 personnes. Sur cette zone, sont présents des champs, des voies communales et des chemins ruraux. La gravité est qualifiée de modérée.

Dans la zone de projection de pale, l'enjeu humain est compris entre 0,86 et 0,97 personnes. Sur cette zone, sont présents des champs, des voies communales et des chemins ruraux. La gravité est qualifiée de modérée.

WKN France, de par sa démarche en amont, a réussi à limiter les risques. En effet, elle a choisi de s'éloigner des habitations et les distances aux différentes infrastructures sont suffisantes pour avoir un risque acceptable au niveau des 5 accidents majeurs identifiés.

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

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

- Des barrières de prévention avec :
 - Des balisages des éoliennes ;
 - Des détecteurs de feux ;
 - Des détecteurs de survitesse ;
 - Un système anti-foudre ;
 - 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, incendie, annuelle par un organisme agréé.
- Un personnel formé ;
- Des machines certifiées.

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

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

Numéro de la fonction de sécurité	Fonction de sécurité	Mesures de sécurité
1	Prévenir la mise en mouvement de l'éolienne lors de la formation de glace	<ul style="list-style-type: none"> - Système de déduction de la formation de glace sur les pales de l'aérogénérateur - Arrêt préventif en cas de déséquilibre du rotor ou en cas de givrage de l'anémomètre - Procédure adéquate de redémarrage
2	Prévenir l'atteinte des personnes par la chute de glace	<ul style="list-style-type: none"> - Signalisation en pied de machine - Éloignement des zones habitées et fréquentées
3	Prévenir l'échauffement significatif des pièces mécaniques	<ul style="list-style-type: none"> - Capteurs de température des pièces mécaniques - Définition de seuils critiques de température pour chaque type de composant avec alarme - Mise à l'arrêt ou bridage jusqu'à refroidissement
4	Prévenir la survitesse	Détection de survitesse du générateur et système de freinage
5	Prévenir les courts-circuits	Coupure de la transmission électrique en cas de fonctionnement anormal d'un composant électrique
6	Prévenir les effets de foudre	Mise à la terre et protection des éléments de l'aérogénérateur
7	Protection et intervention incendie	<ul style="list-style-type: none"> - Capteurs de températures sur les principaux composants de l'éolienne pouvant permettre, en cas de dépassement des seuils, la mise à l'arrêt de la machine - Système de détection incendie relié à une alarme transmise à un poste de contrôle - Intervention des services de secours : SDIS 62.
8	Prévention et rétention des fuites	<ul style="list-style-type: none"> - Détecteurs de niveaux d'huiles - Procédure de gestion des situations d'urgence - Kits antipollution associés à une procédure de gestion des situations d'urgence - Sensibilisation des opérateurs aux bons gestes d'utilisation des produits
9	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction-exploitation)	<ul style="list-style-type: none"> - Contrôles réguliers des fondations et des différentes pièces d'assemblages (ex : brides, joints, etc.) - Procédures qualités - Attestation du contrôle technique (procédure permis de construire)
10	Prévenir les erreurs de maintenance	<ul style="list-style-type: none"> - Procédure maintenance
11	Prévenir la dégradation de l'état de l'équipement	<ul style="list-style-type: none"> - Procédure de contrôle des équipements - Suivi de données mesurées par les capteurs et sondes présentes dans les éoliennes
12	Prévenir les risques de dégradation de l'éolienne en cas de vent fort	<ul style="list-style-type: none"> - Classe d'éolienne adaptée au site et au régime de vents - Détection et prévention des vents forts et tempêtes - Arrêt automatique et diminution de la prise au vent de l'éolienne (mise en drapeau progressive des pales) par le système de conduite

Tableau 58 : Mesures de sécurité (source : WKN France, 2017)

10 ANNEXES

10.1. SCENARIOS GENERIQUES ISSUS DE L'ANALYSE

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

Le tableau générique issu de l'analyse préliminaire des risques est présenté dans la partie 7.4 de la trame type de l'étude de dangers. Il peut être considéré comme représentatif des scénarios d'accident pouvant potentiellement se produire sur les éoliennes et pourra par conséquent être repris à l'identique dans les études de dangers.

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

10.1.1. Scénarios relatifs aux risques liés à la glace (G01 et G02)

Scénario G01

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

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

- Système de détection de glace ;
- Arrêt préventif en cas de déséquilibre du rotor ;
- Arrêt préventif en cas de givrage de l'anémomètre.

Scénario G02

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

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

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

Les éventuels incendies interviendront dans le cas où plusieurs conditions seraient réunies (exemple : foudre + défaillance du système parafoudre → incendie).

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

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

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

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

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

L'emballement peut notamment intervenir lors de pertes d'utilités (à savoir la perte d'un élément nécessaire au fonctionnement de l'installation). Ces pertes d'utilités peuvent être la conséquence de deux phénomènes :

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

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

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

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

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

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

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

10.1.3. Scénarios relatifs aux risques de fuites (F01 à F02)

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

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

Scénario F01

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

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

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

Deux événements peuvent être aggravants :

- Ecoulement de ces produits le long des pales de l'éolienne, surtout si celle-ci est en fonctionnement. Les produits seront alors projetés aux alentours ;
- Présence d'une forte pluie qui dispersa rapidement les produits dans le sol.

Scénario F02

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

Plusieurs procédures/actions permettront d'empêcher le renversement et l'écoulement de ces produits :

- Kits anti-pollution associés à une procédure de gestion des situations d'urgence ;
- Sensibilisation des opérateurs aux bons gestes d'utilisation des produits.

Ce scénario est à adapter en fonction des produits utilisés.

Événement aggravant : fortes pluies qui disperseront rapidement les produits dans le sol.

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

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

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

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

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

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

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

L'emballement de l'éolienne constitue un facteur aggravant en cas de projection de tout ou partie d'une pale. Cet emballement peut notamment être provoqué par la perte d'utilité décrite au 10.1.2 de la présente partie (scénarios incendies).

Scénario P01

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

Scénario P02

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

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

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

Scénario P03

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

10.1.6. Scénarios relatifs aux risques d'effondrement des éoliennes (E01 à 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, etc.

10.2. PROBABILITE D'ATTEINTE ET RISQUE INDIVIDUEL

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

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

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

P_{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 dans laquelle des panneaux sont mis en place pour alerter le public de ces risques.

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

10.3. GLOSSAIRE

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

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

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

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

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

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

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

Fonction de sécurité : Fonction ayant pour but la réduction de la probabilité d'occurrence et/ou des effets et conséquences d'un événement non souhaité dans un système. Les principales actions assurées par les fonctions de sécurité en matière d'accidents majeurs dans les installations classées sont : empêcher, éviter, détecter, contrôler, limiter. Les fonctions de sécurité identifiées peuvent être assurées à partir d'éléments techniques de sécurité, de procédures organisationnelles (activités humaines), ou plus généralement par la combinaison des deux.

Gravité : On distingue l'intensité des effets d'un phénomène dangereux de la gravité des conséquences, découlant de l'exposition d'enjeux de vulnérabilités données à ces effets. La gravité des conséquences potentielles prévisibles sur les personnes, prises parmi les intérêts visés à l'article L. 511-1 du code de l'environnement, résulte de la combinaison en un point de l'espace de l'intensité des effets d'un phénomène dangereux et de la vulnérabilité des enjeux potentiellement exposés.

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

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

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

- Les mesures (ou barrières) de prévention : mesures visant à éviter ou limiter la probabilité d'un événement indésirable, en amont du phénomène dangereux ;
- Les mesures (ou barrières) de limitation : mesures visant à limiter l'intensité des effets d'un phénomène dangereux ;
- Les mesures (ou barrières) de protection : mesures visant à limiter les conséquences sur les enjeux potentiels par diminution de la vulnérabilité.

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

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

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

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

Probabilité d'occurrence : Au sens de l'article L. 512-1 du code de l'environnement, la probabilité d'occurrence d'un accident est assimilée à sa fréquence d'occurrence future estimée sur l'installation considérée. Elle est en général différente de la fréquence historique et peut s'écarter, pour une installation donnée, de la probabilité d'occurrence moyenne évaluée sur un ensemble d'installations similaires.

Attention aux confusions possibles :

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

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

- Réduction de la probabilité : par amélioration de la prévention, par exemple par ajout ou fiabilisation des mesures de sécurité ;
- Réduction de l'intensité :
 - Par action sur l'élément porteur de danger (ou potentiel de danger), par exemple substitution par une substance moins dangereuse, réduction des vitesses de rotation, etc. ;
 - Réduction des dangers : la réduction de l'intensité peut également être accomplie par des mesures de limitation.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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 la Marne (2016) – Dossier Départemental des Risques Majeurs ;
 Guillet R., Leteurtois J.-P. - Rapport sur la sécurité des installations éoliennes, Conseil Général des Mines - (2004) ;
 INERIS/SER/FEE (déc. 2011) - Trame Type de l'étude de dangers dans le cadre de parcs éoliens ;
 Région Champagne-Ardenne (2012) – Schéma Régional Eolien ;
 WECO (déc. 1998) – Wind energy production in cold climate.

10.4. BIBLIOGRAPHIE

- L'évaluation des fréquences et des probabilités à partir des données de retour d'expérience (réf DRA-11-117406-04648A), INERIS, 2011 ;
- NF EN 61400-1 Eoliennes – Partie 1 : Exigences de conception, Juin 2006 ;
- Wind Turbine Accident data to 31 March 2011, Caithness Windfarm Information Forum;
- Site Specific Hazard Assessment for a wind farm project – Case study – Germanischer Lloyd, Windtest ;
- Kaiser-Wilhelm-Koog GmbH, 2010/08/24 ;
- Guide for Risk-Based Zoning of wind Turbines, Energy research centre of the Netherlands (ECN), H. Braam, G.J. van Mulekom, R.W. Smit, 2005;
- Specification of minimum distances, Dr-ing. Veenker ingenieuresgesellschaft, 2004 ;
- Permitting setback requirements for wind turbine in California, California Energy Commission – Public;
- Interest Energy Research Program, 2006 ;
- Omega 10 : Evaluation des barrières techniques de sécurité, INERIS, 2005 ;
- Arrêté du 26 aout 2011 relatif aux installations de production d'électricité utilisant l'énergie mécanique du vent au sein d'une installation soumise à autorisation au titre de la rubrique 2980 de la législation des installations classées pour la protection de l'environnement ;
- Arrêté du 29 Septembre 2005 relatif à l'évaluation et à la prise en compte de la probabilité d'occurrence, de la cinétique, de l'intensité des effets et de la gravité des conséquences des accidents potentiels dans les études de dangers des installations classées soumises à autorisation ;
- Circulaire du 10 mai 2010 récapitulant les règles méthodologiques applicables aux études de dangers, à l'appréciation de la démarche de réduction du risque à la source et aux plans de prévention des risques technologiques (PPRT) dans les installations classées en application de la loi du 30 Juillet 2003 ;
- Arrêté du 29 Septembre 2005 relatif à l'évaluation et à la prise en compte de la probabilité d'occurrence, de la cinétique, de l'intensité des effets et de la gravité des conséquences des accidents potentiels dans les études de dangers des installations classées soumises à autorisation ;
- Alpine test site Gutsch : monitoring of a wind turbine under icing conditions- R. Cattin et al. ;
- Wind energy production in cold climate (WECO), Final report - Bengt Tammelin et al. – Finnish Meteorological Institute, Helsinki, 2000;
- Rapport sur la sécurité des installations éoliennes, Conseil General des Mines - Guillet R., Leteurtois J.-P. - juillet 2004 ;
- Risk analysis of ice throw from wind turbines, Seifert H., Westerhellweg A., Kroning J. - DEWI, avril 2003;
- Wind energy in the BSR: impacts and causes of icing on wind turbines, Narvik University College, novembre 2005;
- DDRM de la Mayenne et du Maine-et-Loire (2013) – Dossier Départemental des Risques Majeurs ;
- INERIS/SER/FEE (2012) - Trame Type de l'étude de dangers dans le cadre de parcs éoliens ;

- SRE Pays-de-la-Loire (2014) – Schéma Régional Eolien ;
- INERIS/SER/FEE (2012) - Trame Type de l'étude de dangers dans le cadre de parcs éoliens.

Sites internet consultés :

- www.argiles.fr;
- www.asn.fr;
- www.cartes-topographiques.fr ;
- www.inondationsnappes.fr ;
- www.planseisme.fr
- www.georisques.gouv.fr ;
- www.statistiques-locales.insee.fr

10.5. TABLE DES ILLUSTRATIONS

10.5.1. Liste des figures

Figure 1 : Illustration des températures de 1930 - 2017 – Station de Reims-Champagne (source : météo-France, 2017)	16
Figure 2 : Illustration des précipitations de 1930 à 2017 – Station de Troyes-Barbère (source : Météo-France, 2017)	16
Figure 3 : Schéma simplifié d'un aérogénérateur (à gauche) - Illustration des emprises au sol d'une éolienne (à droite) (Les dimensions sont données à titre d'illustration pour une éolienne d'environ 150 m de hauteur totale) (source : INERIS/SER/FEE, 2012)	31
Figure 4 : Illustration du système en anneau garantissant une communication continue des éoliennes –	37
Figure 5 : Raccordement électrique des installations (source : INERIS/SER/FEE, 2012)	42
Figure 6 : Vue en coupe des tranchées pour un câble HTA passé	43
Figure 7 : <i>Planning des travaux</i>	44
Figure 8 : Répartition des événements accidentels et de leurs causes premières sur le parc éolien français entre 2000 et 2011 (source : SER/FEE/INERIS, 2012)	50
Figure 9 : Evolution du nombre d'incidents annuels en France et nombre d'éoliennes installées (source : INERIS/SER/FEE, 2012)	54

10.5.2. Liste des tableaux

Tableau 1 : Nomenclature ICPE pour l'éolien terrestre (source : décret n°2011-984 du 23 août 2011)	8
Tableau 2 : Principales caractéristiques maximales des machines (source : WKN France, 2017)	8
Tableau 3 : Référence administrative de la société « Parc éolien de Pierre-Morains » (source : WKN France, 2017)	9
Tableau 4 : Références du signataire pouvant engager la société (source : WKN France, 2017)	9
Tableau 5 : Identification des parcelles cadastrales (source : WKN France, 2017)	11
Tableau 6 : Quelques indicateurs de la population et leur logement (source : Insee, 2012)	13
Tableau 7 : Inventaires des arrêtés de catastrophe naturelle (source : georisques.gouv.fr, 2017)	17
Tableau 8 : Inventaire des cavités sur les communes intégrant le périmètre d'étude de dangers (source : georisques.gouv.fr, 2017).	18
Tableau 9 : Distance des éoliennes par rapport aux infrastructures routières intégrant le périmètre d'étude de dangers	21
Tableau 10 : Définition de l'enjeu humain relatif aux terrains non aménagés très peu fréquentés	24
Tableau 11 : Définition de l'enjeu humain relatif aux terrains aménagés mais peu fréquentés – Eolienne E1	25
Tableau 12 : Définition de l'enjeu humain relatif aux terrains aménagés mais peu fréquentés – Eolienne E2	25
Tableau 13 : Définition de l'enjeu humain relatif aux terrains aménagés mais peu fréquentés – Eolienne E3	25
Tableau 14 : Définition de l'enjeu humain relatif aux terrains aménagés mais peu fréquentés – Eolienne E4	25
Tableau 15 : Définition de l'enjeu humain relatif aux terrains aménagés mais peu fréquentés – Eolienne E5	26
Tableau 16 : Définition de l'enjeu humain relatif aux terrains aménagés mais peu fréquentés – Eolienne E6	26
Tableau 17 : Définition de l'enjeu humain relatif aux terrains aménagés mais peu fréquentés – Eolienne E7	26
Tableau 18 : Définition de l'enjeu humain relatif aux terrains aménagés mais peu fréquentés – Eolienne E8	26
Tableau 19 : Définition de l'enjeu humain relatif aux terrains aménagés mais peu fréquentés – Eolienne E9	27
Tableau 20 : Récapitulatif des enjeux humains	28
Tableau 21 : Coordonnées géographiques du parc éolien (source : WKN France, 2017)	32
Tableau 22 : Synthèse du fonctionnement des aérogénérateurs selon le tableau type de l'INERIS/SER/FEE, 2012	34
Tableau 23 : Conformité à l'arrêté du 26 août 2011 relatif aux ICPE	40
Tableau 24 : Produits sortants de l'installation	46
Tableau 25 : Potentiels de dangers liés au fonctionnement de l'installation (source : guide INERIS/SER/FEE, 2012)	47
Tableau 26 : Liste des incidents intervenus en France (source : Base de données ARIA, mise à jour 28/11/2017)	51
Tableau 27 : Liste des accidents humains inventoriés	52

Tableau 28 : Répartition des événements accidentels dans le monde entre 2000 et 2011 (source : SER/FEE/INERIS, 2012)	52
Tableau 29 : Répartition des causes premières d'accident pour le parc éolien mondial (source : SER/FEE/INERIS, 2012)	53
Tableau 30 : Liste des agressions externes liées aux activités humaines (source : INERIS/SER/FEE, 2012)	56
Tableau 31 : Liste des agressions externes liées aux phénomènes naturels (source : INERIS/SER/FEE, 2012)	57
Tableau 32 : Analyse générique des risques (source : INERIS/SER/FEE, 2012)	59
Tableau 33 : Ensemble des fonctions de sécurité (Source : INERIS/SER/FEE, 2012)	63
Tableau 34 : Scénarios exclus (Source : INERIS/SER/FEE, 2012)	63
Tableau 35 : Degré d'exposition (source : INERIS/SER/FEE, 2012)	64
Tableau 36 : Critères permettant d'apprécier les conséquences de l'événement (source : arrêté du 29 septembre 2005)	65
Tableau 37 : Grille de criticité du scénario redouté (source : arrêté du 29 septembre 2005)	65
Tableau 38 : Matrice de criticité de l'installation (source : INERIS/SER/FEE, 2012)	66
Tableau 39 : Evaluation de l'intensité dans le scénario de l'effondrement des éoliennes	66
Tableau 40 : Evaluation de la gravité dans le scénario de l'effondrement de l'éolienne	67
Tableau 41 : Fréquence d'effondrement d'une éolienne dans la littérature (source : INERIS/SER/FEE, 2012)	67
Tableau 42 : Détermination de l'acceptabilité du risque du scénario « effondrement de l'éolienne »	67
Tableau 43 : Evaluation de l'intensité dans le scénario de chute de glace	68
Tableau 44 : Evaluation de la gravité dans le scénario « chute de glace »	68
Tableau 45 : Détermination de l'acceptabilité du risque du scénario « chute de glace »	68
Tableau 46 : Evaluation de l'intensité dans le scénario de chute d'éléments	69
Tableau 47 : Evaluation de la gravité dans le scénario « chute d'éléments de l'éolienne »	69
Tableau 48 : Détermination de l'acceptabilité du risque du scénario « chute d'éléments de l'éolienne »	70
Tableau 49 : Evaluation de l'intensité dans le scénario « projection de pales ou de fragments de pales »	70
Tableau 50 : Evaluation de la gravité dans le scénario « projection de pale ou de fragment de pale »	71
Tableau 51 : Fréquence de rupture de tout ou partie de pale dans la littérature (source : INERIS/SER/FEE, 2012)	71
Tableau 52 : Détermination de l'acceptabilité du risque du scénario « projection de pales ou de fragments de pales »	71
Tableau 53 : Evaluation de l'intensité dans le scénario « projection de glace »	72
Tableau 54 : Evaluation de la gravité dans le scénario « projection de morceaux de glace »	72
Tableau 55 : Détermination de l'acceptabilité du risque du scénario « projection de morceaux de glace »	72
Tableau 56 : Synthèse des scénarios étudiés pour l'ensemble des éoliennes du parc	75
Tableau 57 : Matrice de criticité de l'installation (source : INERIS/SER/FEE, 2012)	75
Tableau 58 : Mesures de sécurité (source : WKN France, 2017)	78
Tableau 59 : Coordonnées en WGS 84 (source : WKN France, 2017)	85

10.5.3. Liste des cartes

Carte 1 : Localisation des projets de parcs éoliens de la société WKN France (source : WKN France, 2018)	9
Carte 2 : Localisation géographique de l'installation	10
Carte 3 : Périmètre d'étude de dangers	12
Carte 4 : Distance des machines par rapport aux habitations	14
Carte 5 : Gisement éolien de l'ancienne région Champagne-Ardenne à 50 m d'altitude – Légende : Etoile rouge / Localisation de la zone d'implantation potentielle (source : Schéma Régional Eolien, 2012)	17
Carte 6 : Sensibilité de la zone d'étude de dangers aux phénomènes d'inondations par remontée de nappe (source : inondationsnappes.fr, 2017)	18
Carte 7 : Aléa retrait-gonflement des argiles sur le périmètre d'étude de dangers (source : argiles.fr, 2017)	18
Carte 8 : Zone sismique en Champagne-Ardenne – Légende : Etoile bleue / localisation du site (source : planseisme.fr, 2015)	19
Carte 9 : Densité de foudroiement / Légende : Etoile rouge – Localisation de la zone d'implantation (source : Météo France, 2015)	19
Carte 10 : Enjeux matériels dans le périmètre d'étude de dangers	22
Carte 11 : Enjeux humains dans le périmètre d'étude de dangers	29
Carte 12 : Hypothèse de raccordement interne du parc éolien de Pierre-Morains	45
Carte 13 : Carte des territoires favorables au développement éolien – Etoile rouge : localisation de la zone d'implantation du projet	48
Carte 14 : Synthèse des risques sur le périmètre de dangers	73

10.6. COORDONNEES GEOGRAPHIQUES DES EOLIENNES ET DU POSTE DE LIVRAISON

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

Eolienne	Longitude Ouest	Latitude Nord
E1	4°3'15.7248"	48°50'58.6086"
E2	4°2'49.3267"	48°50'51.1346"
E3	4°2'21.1621"	48°50'43.5444"
E4	4°2'2.4947"	48°51'2.0326"
E5	4°2'30.3241"	48°51'7.4898"
E6	4°2'56.9209"	48°51'12.5672"
E7	4°2'36.0899"	48°51'28.3558"
E8	4°2'10.5983"	48°51'24.6596"
E9	4°1'36.2456"	48°51'19.4191"
PDL1	4°1'54.3521"	48°51'13.4331"
PDL2	4°2'32.1772"	48°51'1.4432"
PDL3	4°2'32.5745"	48°51'1.6574"

Tableau 59 : Coordonnées en WGS 84 (source : WKN France, 2017)

10.7. K-BIS

Greffé du Tribunal de Commerce de Nantes
IMMEUBLE RHUYS
2BIS QU FRANCOIS MITTERRAND
BP 86209
44262 NANTES CEDEX 2

Code de vérification : 1A5yEMaWdH
<https://www.infogreffe.fr/contrôle>



N° de gestion 2017B01413

Extrait Kbis

EXTRAIT D'IMMATRICULATION PRINCIPALE AU REGISTRE DU COMMERCE ET DES SOCIÉTÉS
à jour au 15 janvier 2018

IDENTIFICATION DE LA PERSONNE MORALE

Immatriculation au RCS, numéro	829 544 956 R.C.S. Nantes
Date d'immatriculation	10/05/2017
Dénomination ou raison sociale	PARC EOLIEN DE PIERRE-MORAINS
Forme juridique	Société par actions simplifiée (Société à associé unique)
Capital social	100,00 Euros
Adresse du siège	10 boulevard Emile Gabory Immeuble le Cambridge 44200 Nantes
Nomenclature d'activités française (code NAF)	3511Z
Durée de la personne morale	Jusqu'au 09/05/2116
Date de clôture de l'exercice social	31 décembre
Date de clôture du 1er exercice social	31/12/2018

GESTION, DIRECTION, ADMINISTRATION, CONTROLE, ASSOCIÉS OU MEMBRES

Président

Nom, prénoms	STANZE Roland
Date et lieu de naissance	Le 03/02/1965 à BUCHHOLZ IN DER NORDHEIDE (ALLEMAGNE)
Nationalité	Allemande
Domicile personnel	Carl-Schade-Weg 16 27474 CUXHAVEN (Allemagne)

Commissaire aux comptes titulaire

Dénomination	COMPAGNIE FIDUCIAIRE FRANCO-ALLEMANDE (COFFRA)
Forme juridique	Société par actions simplifiée
Adresse	155 boulevard Haussmann 75008 Paris
Immatriculation au RCS, numéro	334 591 724 Paris

RENSEIGNEMENTS RELATIFS A L'ACTIVITE ET A L'ETABLISSEMENT PRINCIPAL

Adresse de l'établissement	10 boulevard Emile Gabory Immeuble le Cambridge 44200 Nantes
Activité(s) exercée(s)	Toutes activités se rapportant au développement, à la construction et à l'exploitation d'un parc éolien.
Nomenclature d'activités française (code NAF)	3511Z
Date de commencement d'activité	04/05/2017
Origine du fonds ou de l'activité	Création
Mode d'exploitation	Exploitation directe

IMMATRICULATION HORS RESSORT

R.C.S. Châlons-en-Champagne

Le Greffier



FIN DE L'EXTRAIT

page 1/1

R.C.S. Nantes - 16/01/2018 - 11:06:52

