



PARC EOLIEN DES PORTES DU NIVERNAIS

DEMANDE D'AUTORISATION UNIQUE

JUILLET 2017

ETUDE DE DANGERS AU 9

Communes de

LANGERON et

SAINT-PIERRE-LE-MOUTIER (58)

Société Parc Eolien Nordex LV S.A.S.

23 rue d'Anjou

75008 PARIS



Projet du parc éolien des Portes du Nivernais

Etude de dangers AU9





ATER Environnement –

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

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

Tél : 06 24 01 88 31 – Mail : delphine.claux@ater-environnement.fr

Rédacteur : Delphine CLAUDX et Fanny CHEF

SOMMAIRE

1	PREAMBULE.....	5	8	ETUDES DETAILLEES DES RISQUES	57
1.1.	OBJECTIFS DE L'ETUDE DE DANGERS	5	8.1.	RAPPEL DES DEFINITIONS	57
1.2.	CONTEXTE LEGISLATIF ET REGLEMENTAIRE	5	8.2.	DETERMINATION DES PARAMETRES POUR L'ETUDE DETAILLEE DES RISQUES	60
1.3.	NOMENCLATURE DES INSTALLATIONS CLASSEES	6	8.3.	SYNTHESE DE L'ETUDE DETAILLEE DES RISQUES	66
2	INFORMATIONS GENERALES CONCERNANT L'INSTALLATION.....	7	9	CONCLUSIONS.....	67
2.1.	RENSEIGNEMENTS ADMINISTRATIFS	7	10	ANNEXES.....	69
2.2.	UN GROUPE INTERNATIONAL	7	10.1.	SCENARIOS GENERIQUES ISSUS DE L'ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES	69
2.3.	LA FILIALE FRANÇAISE.....	8	10.2.	PROBABILITE D'ATTEINTE ET RISQUE INDIVIDUEL	71
2.4.	LEURS REALISATIONS	9	10.3.	GLOSSAIRE	71
2.5.	LOCALISATION DU SITE.....	11	10.4.	BIBLIOGRAPHIE	73
2.6.	DEFINITION DU PERIMETRE DE L'ETUDE.....	11	10.5.	TABLE DES ILLUSTRATIONS	74
3	DESCRIPTION DE L'ENVIRONNEMENT DE L'INSTALLATION.....	13	10.6.	COORDONNEES WGS 84	75
3.1.	ENVIRONNEMENT LIE A L'ACTIVITE HUMAINE	13			
3.2.	ENVIRONNEMENT NATUREL	16			
3.3.	ENVIRONNEMENT MATERIEL.....	21			
3.4.	CARTOGRAPHIE DE SYNTHESE	25			
4	DESCRIPTION DE L'INSTALLATION.....	27			
4.1.	CARACTERISTIQUES DE L'INSTALLATION	27			
4.2.	FONCTIONNEMENT DE L'INSTALLATION.....	29			
4.3.	FONCTIONNEMENT DES RESEAUX DE L'INSTALLATION	37			
5	IDENTIFICATION DES POTENTIELS DE DANGERS DE L'INSTALLATION.....	39			
5.1.	POTENTIELS DE DANGERS LIES AUX PRODUITS	39			
5.2.	POTENTIELS DE DANGERS LIES AU FONCTIONNEMENT DE L'INSTALLATION	40			
5.3.	REDUCTION DES POTENTIELS DE DANGERS A LA SOURCE	40			
6	ANALYSE DES RETOURS D'EXPERIENCE	43			
6.1.	INVENTAIRE DES ACCIDENTS ET INCIDENTS EN FRANCE.....	43			
6.2.	INVENTAIRE DES ACCIDENTS ET INCIDENTS A L'INTERNATIONAL.....	45			
6.3.	INVENTAIRE DES ACCIDENTS ET INCIDENTS SURVENUS SUR LES SITES DE L'EXPLOITANT	46			
6.4.	SYNTHESE DES PHENOMENES DANGEREUX REDOUTES ISSUS DU RETOUR D'EXPERIENCE.....	46			
6.5.	LIMITES D'UTILISATION DE L'ACCIDENTOLOGIE	46			
7	ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES.....	49			
7.1.	OBJECTIF DE L'ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES.....	49			
7.2.	RECENSEMENT DES EVENEMENTS EXCLUS DE L'ANALYSE DES RISQUES	49			
7.3.	RECENSEMENT DES AGRESSIONS EXTERNES POTENTIELLES	49			
7.4.	SCENARIOS ETUDIES DANS L'ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES	50			
7.5.	EFFETS DOMINOS SUR LES ICPE.....	52			
7.6.	MISE EN PLACE DES MESURES DE SECURITE	53			
7.7.	CONCLUSION DE L'ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES.....	56			

1 PREAMBULE

1.1. Objectifs de l'étude de dangers

La présente étude de dangers a pour objet de rendre compte de l'examen effectué par la société « Parc éolien Nordex LV SAS », Maître d'Ouvrage, pour caractériser, analyser, évaluer, prévenir et réduire les risques du parc éolien des Portes du Nivernais, 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 le parc éolien des Portes du Nivernais. 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 des Portes du Nivernais, 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 législatif et réglementaire

Les objectifs et le contenu de l'étude de dangers sont définis dans la partie du Code de l'environnement relative aux installations classées. Selon l'article L. 512-1, l'étude de dangers expose les risques que peut présenter l'installation pour les intérêts visés à l'article L. 511-1 en cas d'accident, que la cause soit interne ou externe à l'installation.

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

Ainsi, l'étude de dangers a pour objectif de démontrer la maîtrise du risque par l'exploitant. Elle comporte une analyse des risques qui présente les différents scénarios d'accidents majeurs susceptibles d'intervenir. Ces scénarios sont caractérisés en fonction de leur probabilité d'occurrence, de leur cinétique, de leur intensité et de la gravité des accidents potentiels. Elle justifie que le projet permet d'atteindre, dans des conditions économiquement acceptables, un niveau de risque aussi bas que possible, compte tenu de l'état des connaissances et des pratiques et de la vulnérabilité de l'environnement de l'installation.

Selon le principe de proportionnalité, le contenu de l'étude de dangers doit être en relation avec l'importance des risques engendrés par l'installation, compte tenu de son environnement et de sa vulnérabilité. Ce contenu est défini par l'article R. 512-9 du Code de l'environnement :

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

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

1.3. Nomenclature des installations classées

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

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

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

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

Le parc éolien des Portes du Nivernais comprend au moins un aérogénérateur dont le mât a une hauteur supérieure ou égale à 50 m (E1, 99 m à hauteur de moyeu, E2, E3 et E4, 114 m à hauteur de moyeu) : cette installation est donc soumise à autorisation (A) au titre des installations classées pour la protection de l'environnement et doit présenter une étude de dangers au sein de sa demande d'autorisation d'exploiter.

Pour mémoire : De manière plus précise, le parc éolien des Portes du Nivernais est constitué de 4 éoliennes NORDEX, d'une puissance totale de 12 MW :

- L'éolienne E1 est un modèle N131-R99, d'une puissance nominale de 3,0 MW. La hauteur en bout de pale est de 164,5 m ;
- Les éoliennes E2, E3 et E4 sont des modèles N131-R114 d'une puissance nominale de 3,0 MW. La hauteur en bout de pale est de 179,5 m.

Nom de la machine	Constructeur	Puissance (MW)	Hauteur au moyeu (m)	Diamètre rotor (m)	Hauteur en bout de pale (m)
N 131 – R99	NORDEX	3	99	131	164,5

Tableau 2 : Caractéristiques de l'éolienne E1 pour le projet des Portes du Nivernais (source : Nordex, 2015)

Nom de la machine	Constructeur	Puissance (MW)	Hauteur au moyeu (m)	Diamètre rotor (m)	Hauteur en bout de pale (m)
N 131 – R114	NORDEX	3	114	131	179,5

Tableau 3 : Caractéristiques des éoliennes E2, E3 et E4 pour le projet des Portes du Nivernais (source : Nordex, 2015)

2 INFORMATIONS GENERALES CONCERNANT L'INSTALLATION

2.1. Renseignements administratifs

Le demandeur est la société « Parc Eolien Nordex LV SAS », le Maître d'Ouvrage du projet et futur exploitant du parc construira le parc éolien et assurera la maintenance des éoliennes pour la société « Parc Eolien Nordex LV SAS ».

Raison sociale	Parc Eolien Nordex LV
Forme juridique	Société par Actions Simplifiée (SAS)
Capital social	37 000 €
Siège social	23 rue d'Anjou - 75008 PARIS
N° Registre du Commerce	501 286 546 R.C.S de Paris
N° SIRET	801 929 951 00011
Code NAF	3511Z / Production d'électricité

Tableau 4 : Référence administrative de la société « Parc Eolien Nordex LV SAS » (source : Nordex, 2015)

Nom	DE TOURTIER	CARARO
Prénom	Anna-Katharina	Pierre
Nationalité	Française	Française
Qualité	Présidente	Directeur général

Tableau 5 : Référence des signataires pouvant engager la société (source : Nordex, 2015)

La présente étude de dangers a été rédigée par Mme Delphine CLAUX et Mme Fanny CHEF du bureau d'études ATER Environnement dont l'ensemble des coordonnées administratives se trouve au verso de la page de garde.

2.2. Un groupe international

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

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

Tableau 6 : Historique du développement de la société Nordex

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

Tableau 7 : Capacité éolienne installée par NORDEX France et part de marché depuis 2004 - développement interne et externe (source : NORDEX, 2015)

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

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

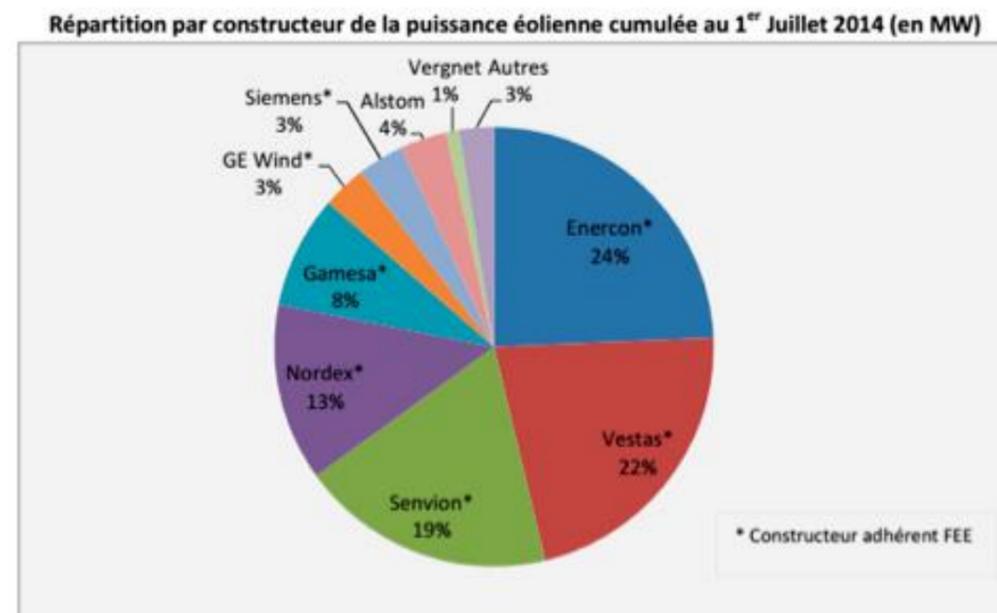


Figure 1 : Répartition par constructeur de la puissance éolienne raccordée totale en France au 1^{er} juillet 2014 (source : FEE, 2014)

2.3. La filiale française

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

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

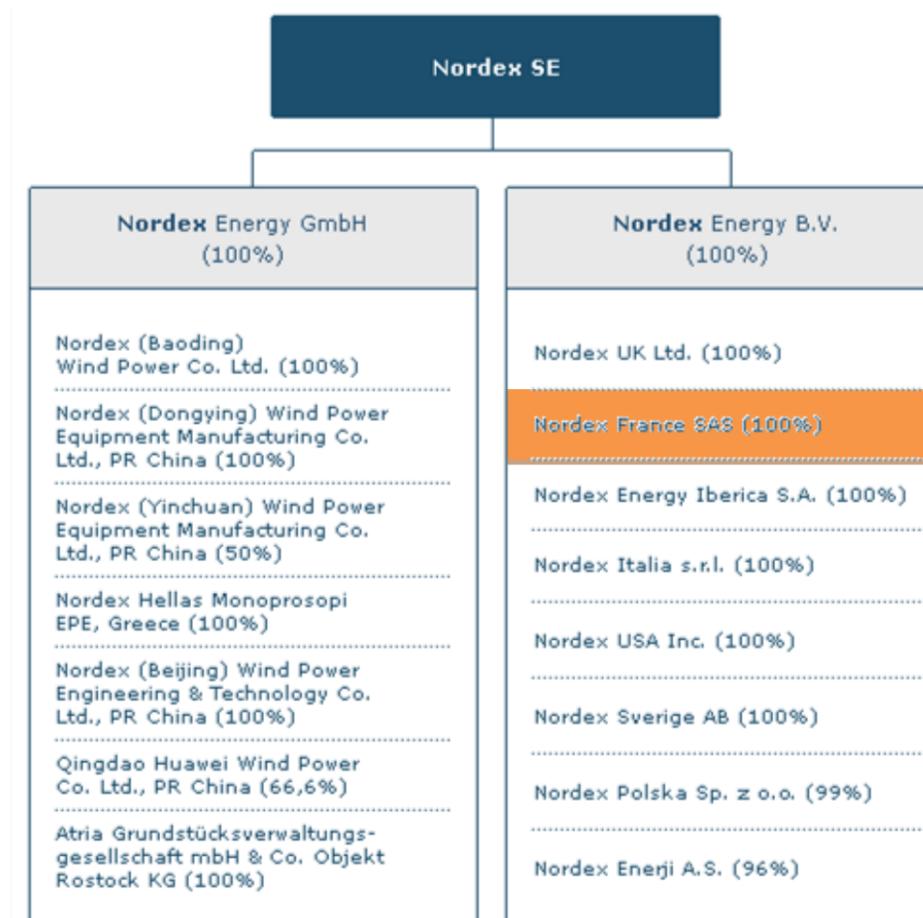


Figure 2 : Structure du groupe NORDEX SE (source : Nordex, 2015)

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

Forte aujourd'hui d'une équipe de plus de 193 personnes en France, Nordex France offre des services à un très large panel de clients : grands groupes énergétiques, développeurs de projets locaux, groupes purement financiers, selon l'ampleur et la nature des services demandés.

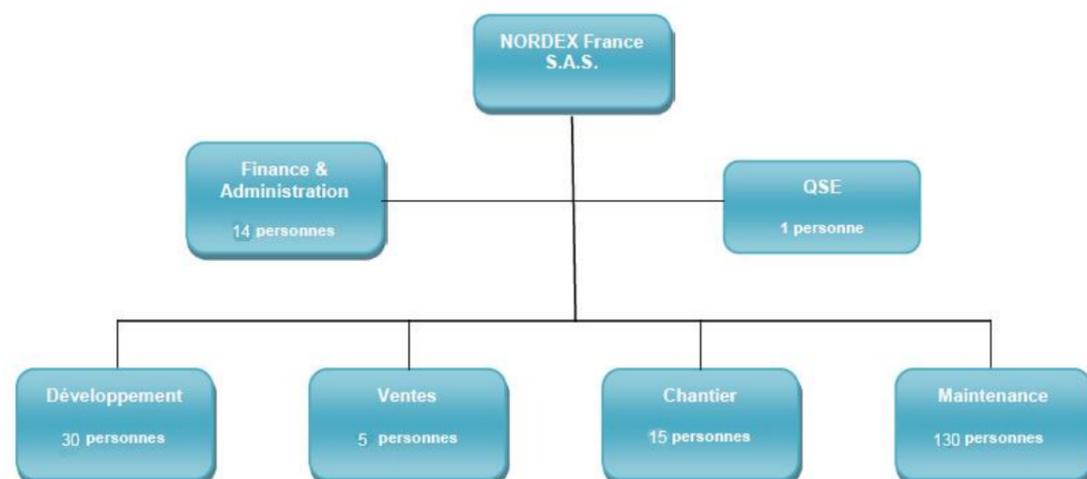


Figure 3 : Organigramme de la société NORDEX France S.A.S.

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

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

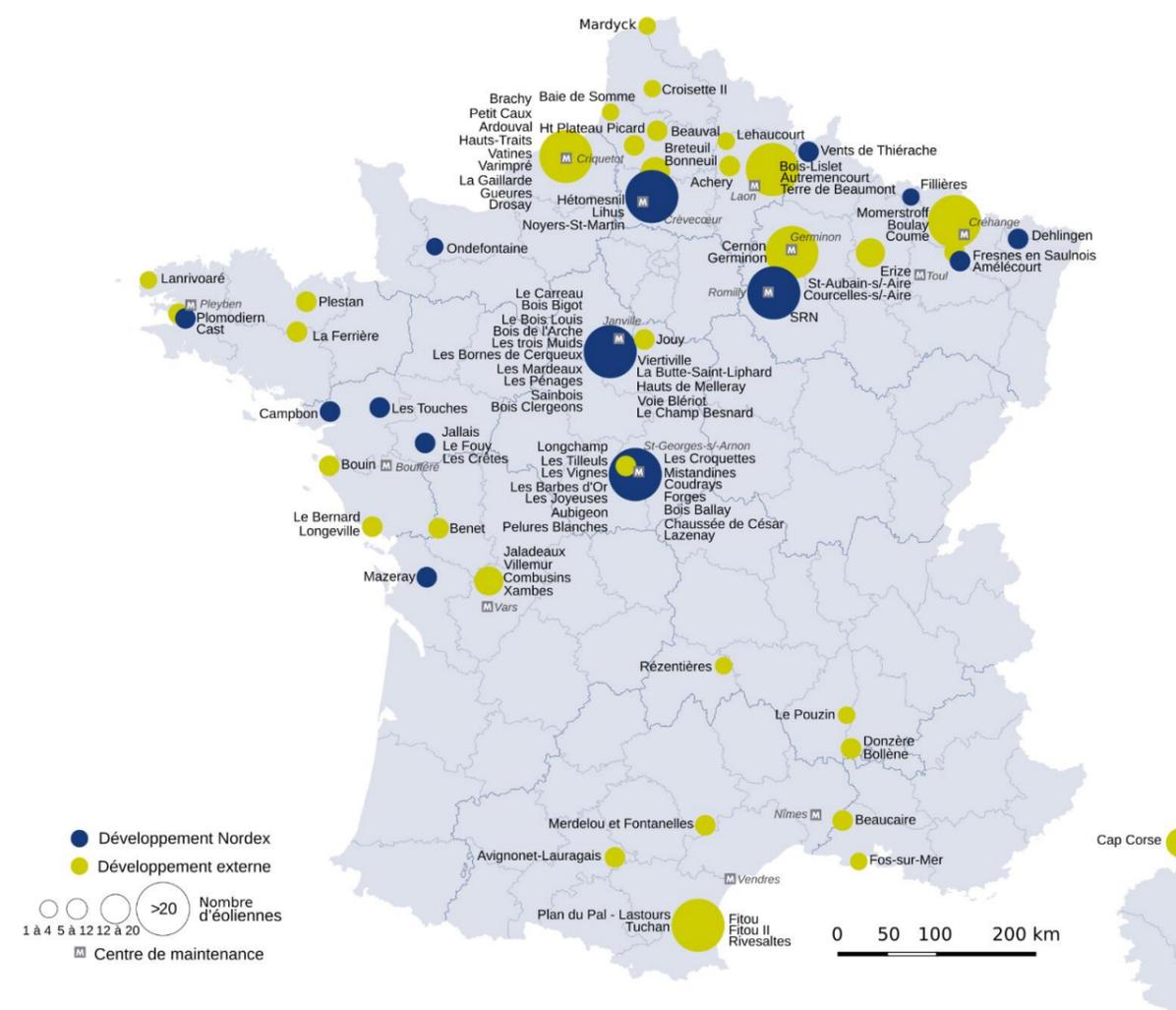
2.4. Leurs réalisations

2.4.1. En France

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

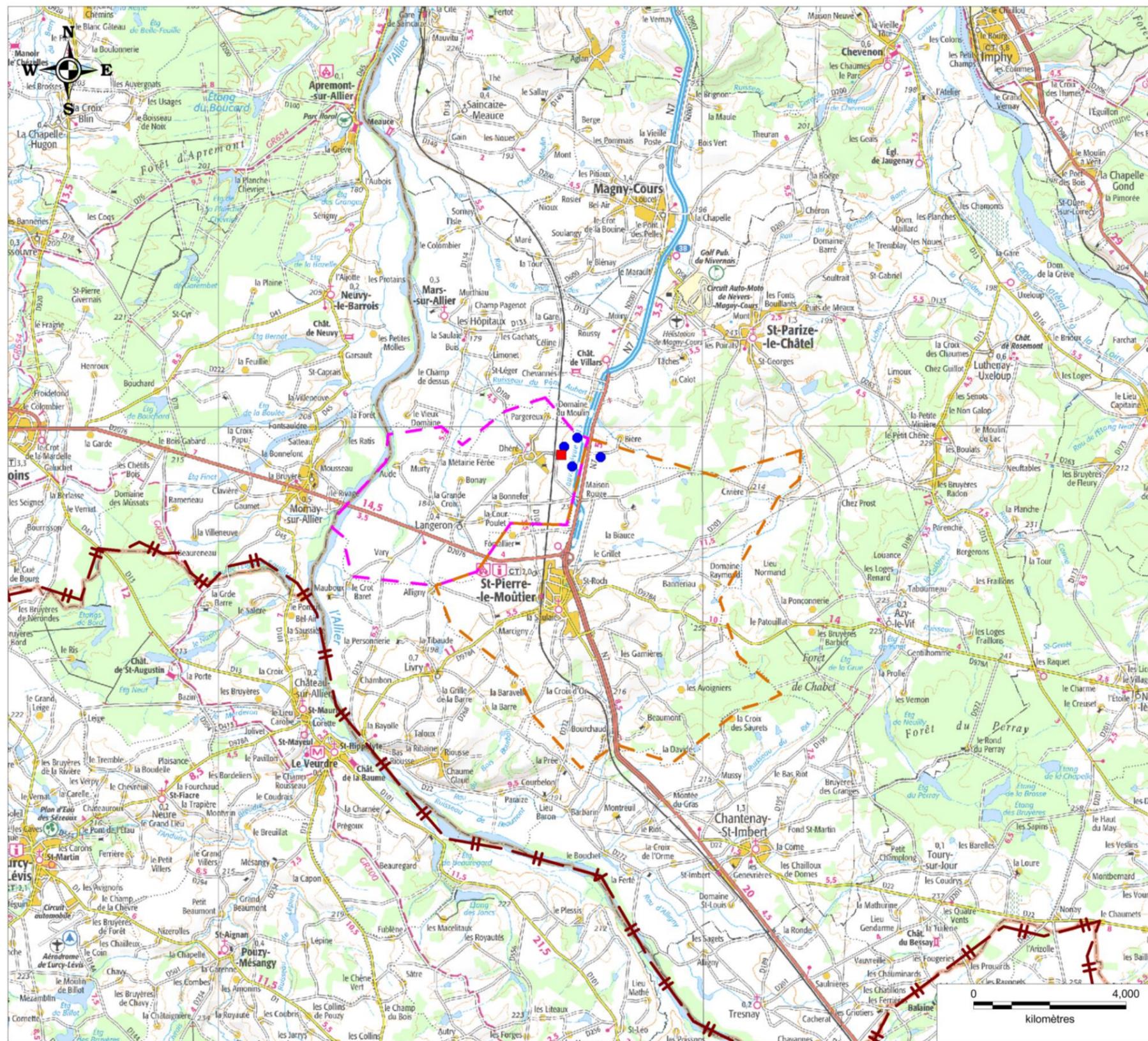
2.4.2. En Bourgogne

Dans la région Bourgogne, la société NORDEX ne compte pas encore de parc en fonctionnement (janvier 2016). En revanche, 8 éoliennes N117 devraient voir le jour dans le département de la Côte-d'Or sous deux ans. (Source : Nordex France, 2015).



Carte 1 : Puissance installée par la société Nordex en France (source : Nordex France, 2015)

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



Localisation géographique

Echelle : 1 / 100 000 ème

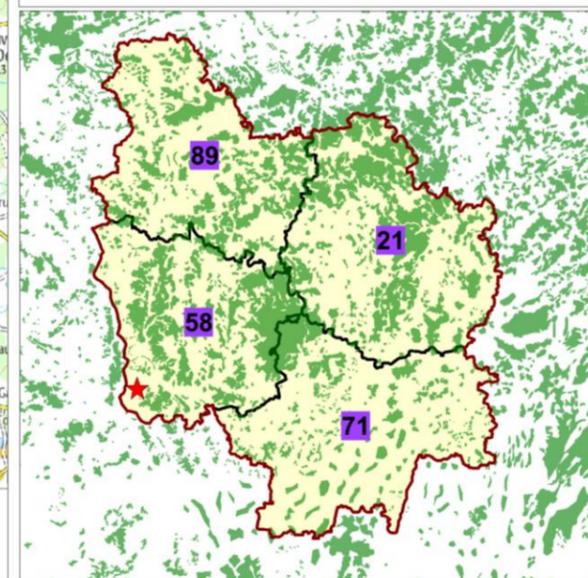
Légende

Parc éolien Porte du Nivernais :

- Eolienne
- Poste de livraison

Communes d'accueil du projet :

- ▭ Langeron
- ▭ Saint-Pierre-le-Moutier
- ▭ Limite région (Centre / Auvergne)
- ★ Zone d'implantation du projet



Source : Scan100® ©IGN PARIS - Licence ATER-Environnement - Copie et reproduction interdite.
Réalisation ATER Environnement Octobre 2015.

Carte 2 : Localisation géographique de l'installation

2.5. Localisation du site

2.5.1. Localisation générale

Le projet est situé dans la région Bourgogne / département de la Nièvre, et plus particulièrement sur les territoires communaux de LANGERON et de SAINT-PIERRE-LE-MOUTIER, intégrant la Communauté de Communes du Nivernais Bourbonnais.

Il est situé à 15,2 km au Sud-Ouest de Nevers, à 28 km au Nord-Ouest du Moulins et à 46 km au Nord-Est de Saint-Amand-Montrond.

2.5.2. Identification cadastrale

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

Les limites de propriété de l'installation correspondent aux mâts des éoliennes et au poste de livraison. Le détail est présenté dans le tableau ci-dessous.

Commune	Parcelle	Surface totale	Type de servitude	Eolienne concernée	Emprise
SAINT-PIERRE-LE-MOUTIER	A72	82 800 m ²	Chemin	E1	1500 m ²
SAINT-PIERRE-LE-MOUTIER	A72	82 800 m ²	Eolienne + Plateforme	E1	2200 m ²
LANGERON	B545	172 600 m ²	Chemin	E2	700 m ²
LANGERON	B545	172 600 m ²	Eolienne + Plateforme	E2	2200 m ²
LANGERON	B184	43 600 m ²	Chemin	E3	1400 m ²
LANGERON	B181	19 200 m ²	Chemin	E3	350 m ²
LANGERON	B181	19 200 m ²	Eolienne + Plateforme	E3	2200 m ²
LANGERON	B182	-	Surplomb	E3	-
LANGERON	B171	88 400 m ²	Chemin	E4	1725 m ²
LANGERON	B171	88 400 m ²	Eolienne + Plateforme	E4	3179 m ²
LANGERON	B165	-	Surplomb	E4	-
LANGERON	B187	21 500 m ²	Poste de livraison	PdL	100 m ²

Tableau 8 : Identification des parcelles cadastrales (source : Nordex, 2017)

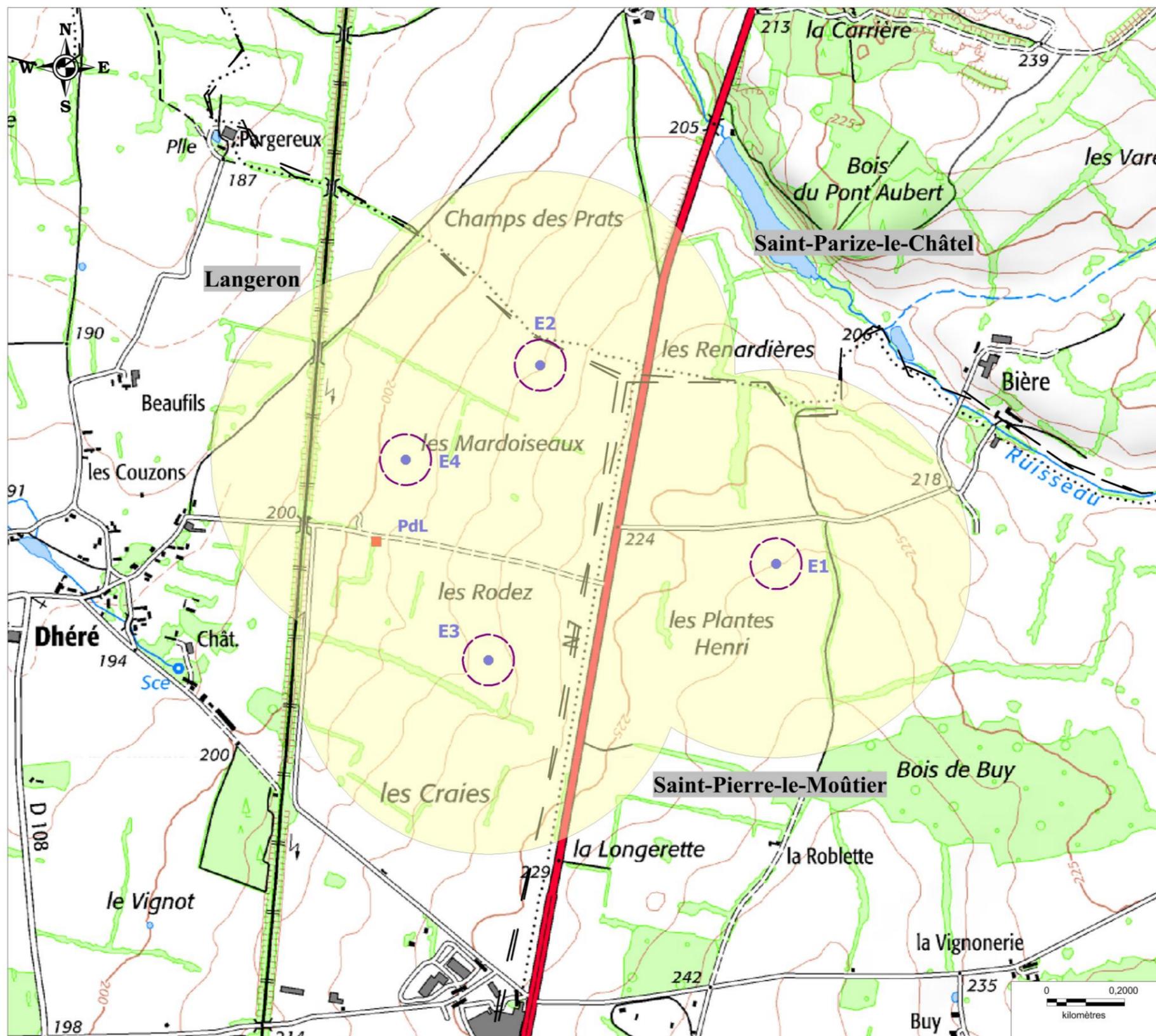
Remarque : La preuve de la maîtrise foncière (attestations) se trouve en annexe du dossier administratif intitulé « Lettre de demande », joint au présent dossier de Demande d'Autorisation Unique.

2.6. Définition du périmètre de l'étude

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

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

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



Localisation du périmètre d'étude de dangers

Echelle : 1 / 10 000 ème

- Légende**
 Parc éolien des Portes du Nivernais :
 ● Eolienne
 [] Zone de surplomb
 ■ Poste de livraison
 Aire d'étude :
 [] Périmètre de l'étude de dangers
 Territoire :
 [] Limite communale

Source : Scan25® ©IGN PARIS - Licence ATER-Environnement - Copie et reproduction interdite.
 Réalisation ATER Environnement Octobre 2015.

Carte 3 : Définition du périmètre d'étude de dangers

3 DESCRIPTION DE L'ENVIRONNEMENT DE L'INSTALLATION

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

3.1. Environnement lié à l'activité humaine

3.1.1. Zones urbanisées et urbanisables

Outre la concentration de l'habitat sur les hameaux principaux, on note également la présence de quelques habitations isolées sur le territoire. Ainsi, le parc projeté est éloigné des zones constructibles (construites ou urbanisables dans l'avenir) de :

- Territoire de Langeron (carte communale) :
 - ✓ Première habitation à 700 mètres de l'éolienne E3 ;
 - ✓ La Roblette se situe à 850 mètres de l'éolienne E3 ;
 - ✓ L'éolienne E2 se situe à 950 mètres de l'habitation la plus proche ;
 - ✓ Zone à urbaniser la plus proche : 550 mètres de l'éolienne E4.
- Territoire de Saint-Pierre-le-Moûtier (RNU) :
 - ✓ Première habitation à 620 mètres de l'éolienne E1 ;
 - ✓ La Roblette se situe à 700 mètres de l'éolienne E1.

⇒ Dans le périmètre de la zone d'étude de dangers, aucune habitation, zone d'habitation ou zone destinée à accueillir des habitations n'est présente. La première habitation ou limite de zone destinée à l'habitation est à près de 550 m du parc éolien envisagé, sur la commune de Langeron.

Focus démographique sur les communes de Langeron et Saint-Pierre-le-Moûtier

La population de la commune de Langeron est estimée en 2009 à 395 habitants (Recensement Général de la Population, 2009) et celle de Saint-Pierre-le-Moûtier à 2003 habitants. En termes de population, la commune de Saint-Pierre-le-Moûtier se classe en 1^{ère} position et celle de Langeron en 5^{ème} position, sur les 8 communes que compte l'intercommunalité du Nivernais Bourbonnais.

La commune de Saint-Pierre-le-Moûtier observe une baisse de sa population depuis 1982 tout comme le département de la Nièvre contrairement à la commune de Langeron, qui voit sa population légèrement augmenter depuis 1990.

Le taux de croissance démographique annuel calculé par comparaison aux données des recensements précédents est à la fois positif et négatif pour les communes de Langeron et de Saint-Pierre-le-Moûtier ainsi que sur l'intercommunalité du Nivernais Bourbonnais. Ainsi la commune de Langeron et l'intercommunalité observent les mêmes évolutions avec des taux négatifs jusqu'en 1990. La commune de Saint-Pierre-le-Moûtier observe quant à elle des taux de croissance négatifs, à l'exception de la période 1975-1982, tout comme le département de la Nièvre.

La densité de population estimée en 2009 à l'échelle des communes s'établit à 19,5 hab/km² pour Langeron et à 42 hab/km² pour Saint-Pierre-le-Moûtier. A l'échelle de l'intercommunalité du Nivernais Bourbonnais, la densité est estimée à 19,9 hab/km². Enfin, la densité de population du département est estimée à 32,3 hab/km².

Ces densités sont relativement différentes et mettent en évidence une hétérogénéité dans la répartition de la population au sein du territoire.

Le site revêt dans son ensemble un **caractère rural** malgré la présence de communes telle que celle de Saint-Pierre-le-Moûtier.

Rappelons que les agglomérations comme Clermont-Ferrand, Dijon et Orléans sont toutes situées à plus de 100 km du territoire d'étude. Néanmoins, le site d'implantation est proche de la ville de Nevers (15,2 km) qui est un pôle d'activité important pour le département de la Nièvre.

Document d'urbanisme

Le **territoire communal de Langeron** est doté d'un document d'urbanisme régissant son territoire. Il s'agit d'une Carte Communale, approuvée le 15 octobre 2010.

La Carte Communale est un document d'urbanisme simplifié dont peut se doter une commune qui ne dispose pas d'un plan local d'urbanisme ou d'un document en tenant lieu. Elle détermine les modalités d'application des règles générales du Règlement National d'Urbanisme.

« (Les Cartes Communales) *délimitent les secteurs où les constructions sont autorisées et les secteurs où les constructions ne sont pas admises, à l'exception de l'adaptation, du changement de destination, de la réfection ou de l'extension des constructions existantes ou des constructions et installations nécessaires à des équipements collectifs, à l'exploitation agricole ou forestière et à la mise en valeur des ressources naturelles.* » - Extrait de l'article L 124-2 du Code de l'Urbanisme

Contrairement au Plan Local d'Urbanisme, la Carte Communale ne comporte pas de règlement. Dans ce cas, le Règlement National d'Urbanisme s'applique.

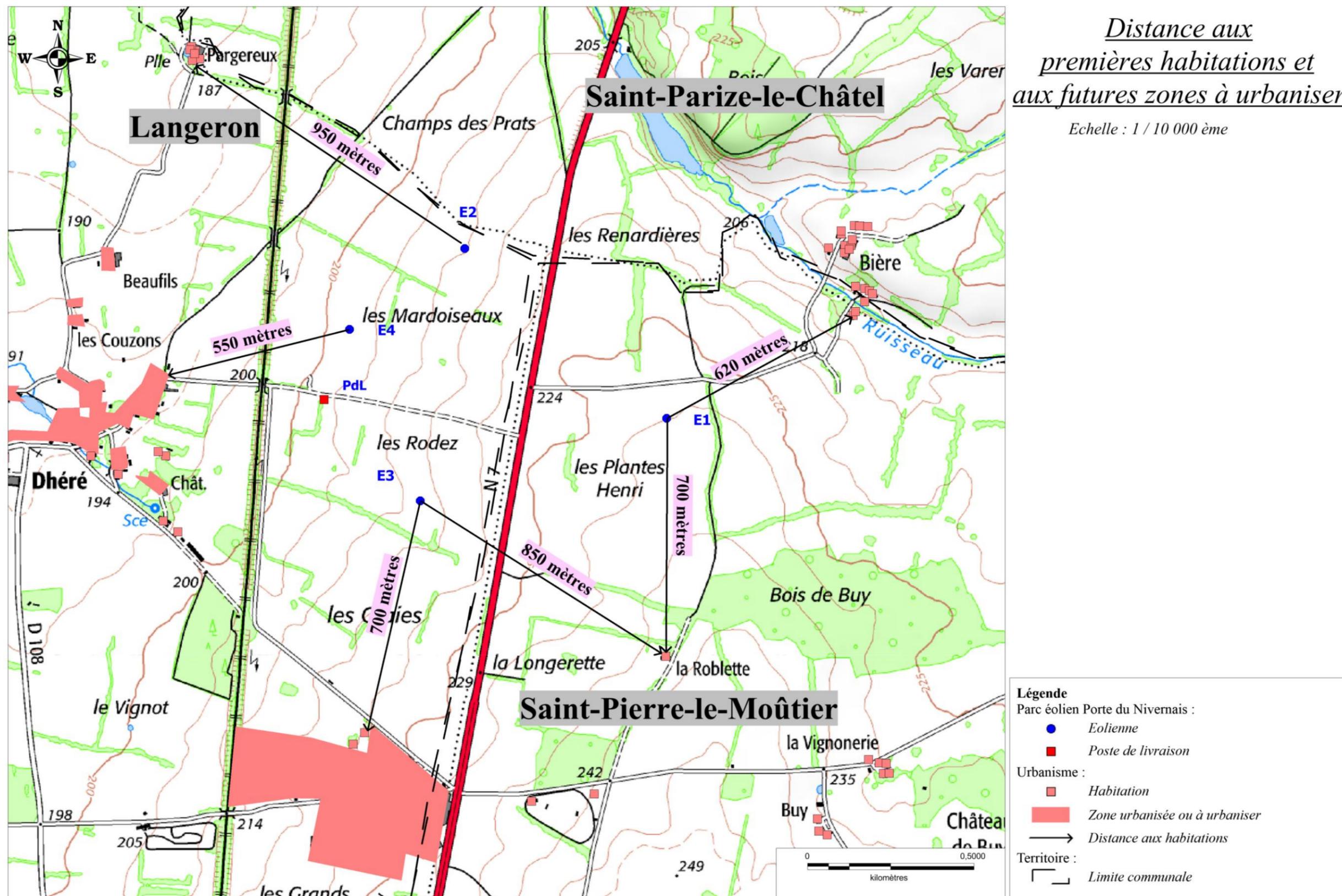
Le territoire d'étude intègre la **zone Naturelle**, de la Carte Communale de Langeron, à vocation forestière, agricole ou de mise en valeur des ressources naturelles.

Le **territoire communal de Saint-Pierre-le-Moûtier** ne dispose ni d'un Plan Local d'Urbanisme (PLU) rendu public ou approuvé, ni d'un document ayant la même fonction. Il est donc soumis au **Règlement National d'Urbanisme** (RNU).

« *Les règles générales applicables, en dehors de la production agricole, en matière d'utilisation du sol, notamment en ce qui concerne la localisation, la desserte, l'implantation et l'architecture des constructions, le mode de clôture et la tenue décente des propriétés foncières et des constructions, sont déterminées par des décrets en Conseil d'Etat* » - Alinéa 1 de l'article L. 111-1 du Code de l'urbanisme.

Une des dispositions législatives essentielles des communes soumises au RNU est la règle dite de **constructibilité limitée** à savoir « *En l'absence de Plan Local d'Urbanisme ou de carte communale opposable aux tiers, ou de tout document d'urbanisme en tenant lieu, seules sont autorisées en dehors des parties actuellement urbanisées de la communes :*

- *L'adaptation, le changement de destination, la réfection ou l'extension des constructions existantes ;*
- *Les constructions et installations nécessaires à des équipements collectifs, à la réalisation d'aires d'accueil ou de terrains de passage des gens du voyage, à l'exploitation agricole, à la mise en valeur des ressources naturelles et à la réalisation d'opérations d'intérêt national ;*
- *Les constructions et installations incompatibles avec le voisinage des zones habitées et l'extension mesurée des constructions et installations existantes ;*



Carte 4 : Distance aux premières habitations et aux futures zones constructibles

- Les constructions ou installations, sur délibération motivée du conseil municipal, si celui-ci considère que l'intérêt de la commune, en particulier pour éviter une diminution de la population communale, le justifie, dès lors qu'elles ne portent pas atteinte à la sauvegarde des espaces naturels et des paysages, à la salubrité et à la sécurité publique, qu'elles n'entraînent pas un surcroît important de dépenses publiques et que le projet n'est pas contraire aux objectifs visés à l'article L. 110 et aux dispositions des chapitres V et VI du titre IV du livre Ier ou aux directives territoriales d'aménagement précisant leurs modalités d'application. » - Article L. 111-1-2 du Code de l'Urbanisme.

⇒ Le site d'implantation du projet est compatible avec la carte communale de la commune de Langeron et le règlement national d'urbanisme de la commune de Saint-Pierre-le-Moûtier. De plus, cette zone est à plus de 500 m des zones urbaines déjà construites.

Le **SCoT du Grand Nevers** a été arrêté le 3 juin 2013. Il a été établi en concertation avec les élus du territoire, les collectivités ainsi que les partenaires publics et privés afin d'envisager un avenir dans lequel le territoire du Grand Nevers offrira à ses habitants un cadre de vie préservé et permettra aux entreprises de prospérer.

Le **Projet d'Aménagement et de développement durable (PADD)** met en évidence plusieurs objectifs dont le défi des enjeux environnementaux et climatiques. Ainsi celui-ci préconise, entre autre, dans le but de freiner la consommation en énergie du territoire et d'atténuer la charge financière qu'elle représente de « favoriser le développement des énergies renouvelables portés par des industriels (éolien, bois, énergie, ...) ou relevant d'initiatives individuelles » et indique également que « par souci de cohérence, les documents d'urbanisme locaux ne devront pas contenir de dispositions qui entraveraient l'installation de dispositifs individuels de productions d'énergies renouvelables ».

Cet objectif est repris dans son Document d'Orientations Générales dans le chapitre « Préservation des ressources » et plus particulièrement le sous-chapitre « Energies ». Il est ainsi indiqué que « la réalisation d'équipements de production d'énergie éolienne est autorisée s'ils respectent les conditions suivantes :

- Ils privilégient une insertion paysagère qui limite les impacts visuels des infrastructures (mâts et pales) dans l'environnement ;
- Leur implantation dans un périmètre de 500 m des habitations existantes est interdite ;
- Toute nouvelle urbanisation à usage d'habitation dans un périmètre de 500 mètres autour des installations éoliennes est interdite ;
- Leur implantation respecte l'ensemble des prescriptions du SCoT relatives à la préservation de l'environnement, de la biodiversité, de la trame verte et bleue et de la protection des espaces agricoles ;
- Les impacts environnementaux et/ou agricoles de ces infrastructures sont compensés. ».

Le Document d'Orientation et d'Objectifs encourage également l'implantation de dispositifs d'énergies renouvelables lors de réhabilitation de logement.

⇒ Le projet répond aux objectifs du SCoT. Dès la conception du parc, les recommandations du SCoT devront être intégrées au projet.

3.1.2. Etablissement recevant du public (ERP)

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

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

Installations nucléaire de base

La centrale nucléaire de production d'électricité (CNPE) la plus proche est implantée à Belleville-sur-Loire, située dans le Cher, soit à 99 km au Nord du site d'implantation projeté.

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

Etablissement SEVESO

Le département de Nièvre compte 4 établissements concernés par la directive « SEVESO Seuil Haut AS » ou « Seveso Seuil Bas (SB) ». L'établissement le plus proche est celui de la société TotalGaz à Gimouille, situé à 16 km au Nord de l'éolienne E4 la plus proche. Cet établissement a fait l'objet d'une étude de dangers et de l'élaboration d'un Plan Particulier d'Intervention et d'un Plan de Prévention des Risques Technologiques arrêté le 10 décembre 2010.

⇒ 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.), sur le territoire communal de Langeron, un établissement est inventorié : une installation de peinture de surface – en activité (source : Basias, Octobre 2013).

Relatif au territoire de Saint-Pierre-le-Moûtier, 18 installations sont inventoriées dont 8 ne sont plus en activités. 4 sont activités, il s'agit :

- Station-service MAXIMARCHE ;
- Fabrication de machines d'usage général (fours, brûleurs, ascenseurs, levage, bascules, frigos, ventilateurs ...) ;
- Garage GARNAUD ;
- Sté Coopérative agricole de la Nièvre.

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

Etablissement ICPE éolien

Aucun parc éolien n'est présent sur le périmètre de l'étude de dangers.

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

3.1.4. Autres activités

Zone d'activité agricole

Le périmètre d'étude de dangers, recouvre exclusivement des zones de culture où une activité agricole est exercée.

3.2. Environnement naturel

3.2.1. Contexte climatique

Le territoire d'étude est soumis à un **climat océanique dégradé** avec une notable influence continentale issue des plaines de Loire et d'Allier. Cela se traduit par de froides nuits d'hiver et de chaudes journées estivales.

L'influence océanique se traduit par un temps changeant, des pluies fréquentes en toute saison (avec un maximum observé en automne et un minimum en été). La tendance semi-continentale, quant à elle, se caractérise par une amplitude thermique mensuelle parmi les plus élevées de France (18°C contre 15°C à Paris), des hivers froids accompagnés de fréquentes chutes de neige. Les étés sont plus chauds que sur les côtes, avec parfois de violents orages.

Remarque : Les données extraites sont celles de la station de référence de Nevers, situé à 15,2 km au Nord du site.

Température

L'amplitude thermique moyenne entre l'hiver et l'été est légèrement supérieure à 15°C (15,7 °C).

Les valeurs moyennes de températures calculées sur ces dix dernières années (1997-2006) sur le territoire nivernais révèlent des minima, pour la période estivale (en juillet à Nevers), situés à 18,7°C avec un maximale de 25°C. Les fourchettes de températures relatives à la période hivernale (janvier) affichent un minimum proche de 0°C et un maximum de 6,2°C.

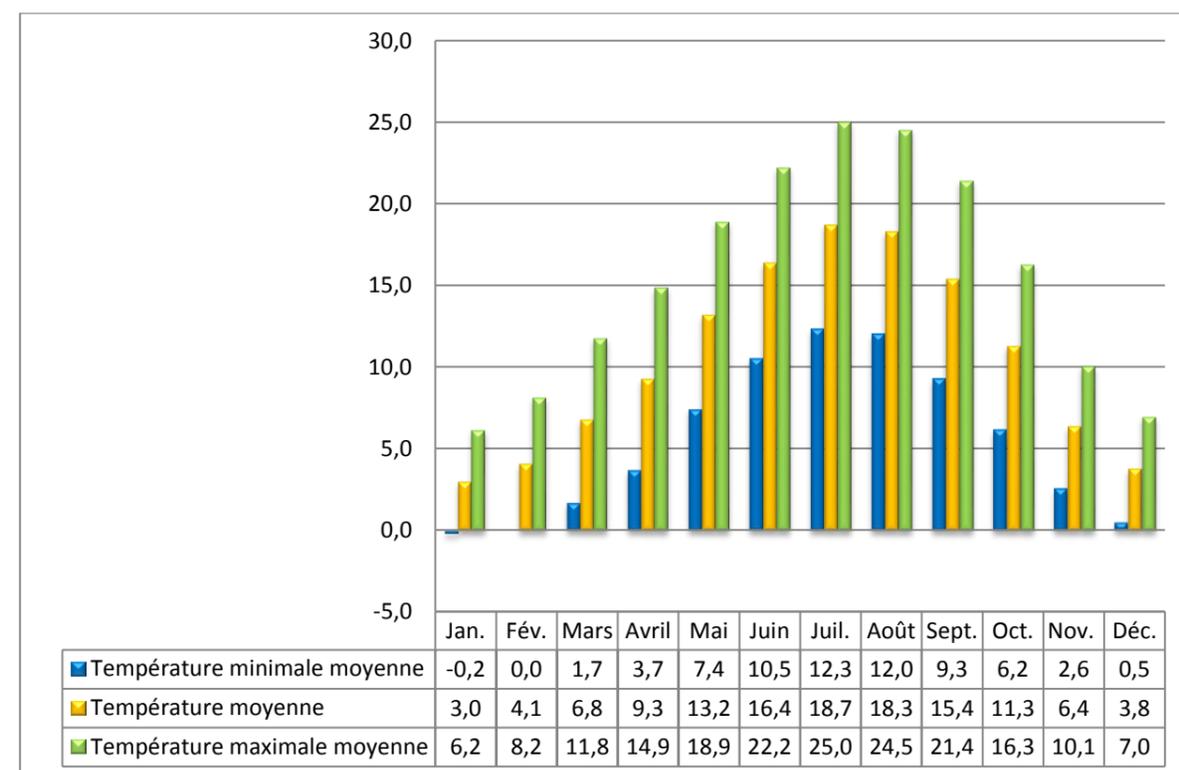


Figure 4 : Illustration des températures de 1948 à 1999 – Station de Nevers (source : Insee, Station de Nevers)

Pluviométrie

Les précipitations sont assez régulières toute l'année, avec une moyenne annuelle de 804,2 mm/an répartis sur 174 jours environ. Le mois le plus arrosé est décembre avec une moyenne de 73,2 mm/an. Le mois le plus sec est juillet avec 53,5 mm/an.

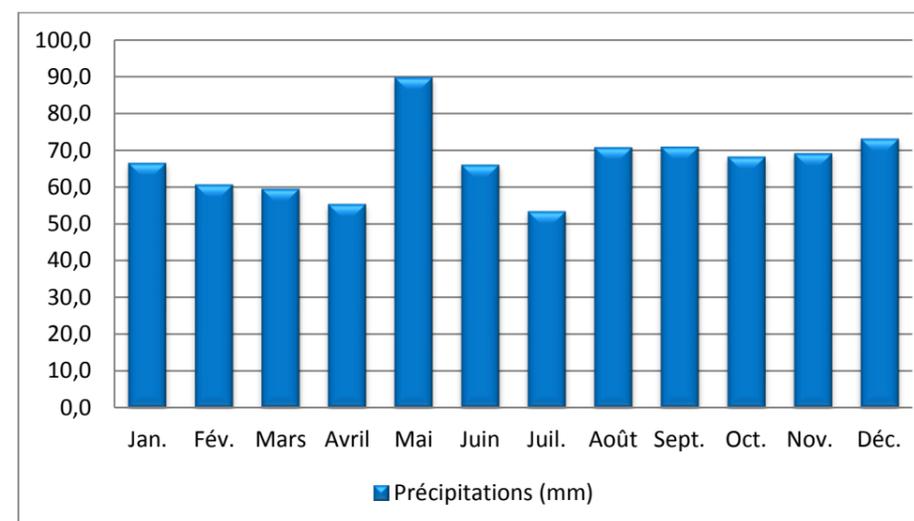


Figure 5 : Illustration des précipitations de 1948 à 1999 – Station de Nevers (source : Insee, Station de Nevers)

Neige / Gel

La ville de Nevers compte 18 jours de neige par an contre 14 jours par an pour la moyenne nationale. Elle connaît également 74 jours de gel par an.

Orage, grêle, brouillard, tempête

La ville de Nevers compte 21 jours d'orage par an. Le climat est moyennement orageux avec une densité de foudroiement (20) s'inscrivant dans la moyenne nationale (20). Elle connaît également 53 jours de brouillard contre 40 jours par an pour la moyenne nationale. Enfin, elle compte 1 jour de grêle par an en moyenne.

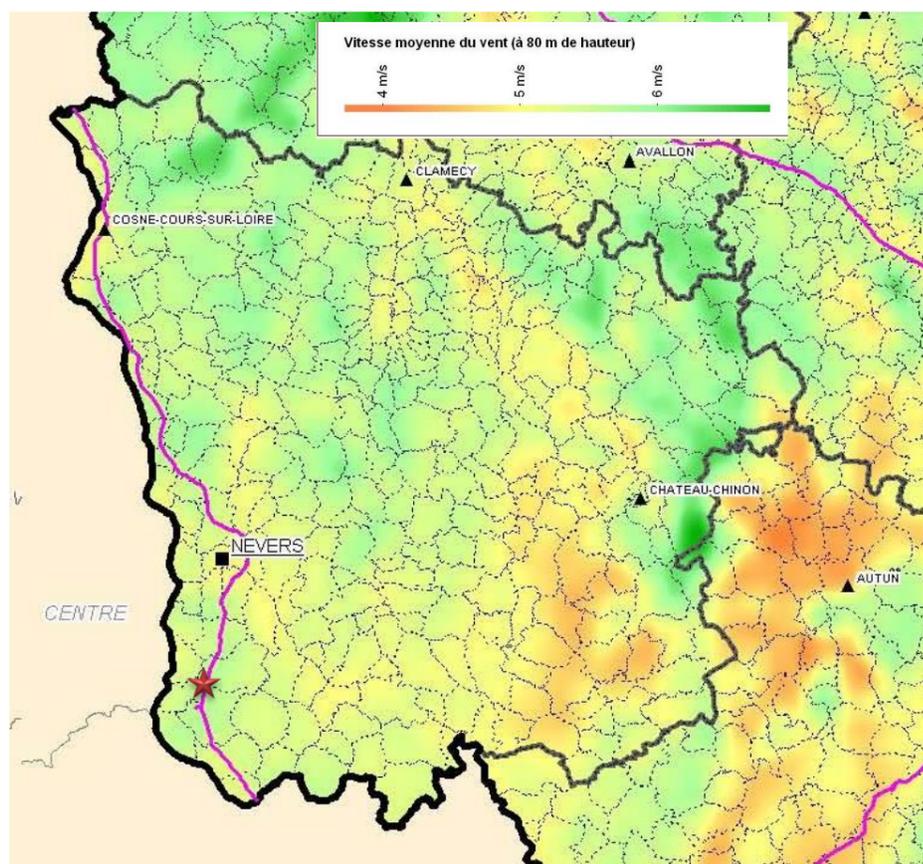
Le vent est dit fort lorsque les rafales dépassent 57 km/h. La ville de Nevers connaît 27 jours par an de vent fort.

Ensoleillement

Le secteur d'étude bénéficie d'un ensoleillement inférieur à la moyenne nationale : 1 889 h pour la station de Nevers contre 1973 h pour la moyenne française.

Vent

D'après le schéma éolien de la région Bourgogne, la vitesse du vent sur le site d'étude, à 80 m d'altitude évolue entre 5 et 6 m/s.



Carte 5 : Vitesse moyenne du vent, à 80 m d'altitude – Légende : Etoile rouge / Localisation du site (source : Schéma Régional Eolien, 2012)

Néanmoins, afin de confirmer et d'affiner le potentiel éolien à l'échelle du secteur d'étude, la société Nordex a installé un mât de mesure des vents sur le territoire de Langeron, au lieu-dit « Les Rodez » depuis mai 2013.

Ce mât de mesure, d'une hauteur totale de 79,5 m, est équipé de six anémomètres à 30 m, 46 m, 61 m, 76 m et 79 m, d'une girouette, d'une sonde de température et d'un capteur de pression, afin d'évaluer finement le gisement éolien local. Les relevés sont effectués avec une fréquence de 1 Hertz, avec enregistrement des moyennes sur 10 minutes 24h/ 365 jours par an.

Sur le territoire accueillant le parc éolien des Portes du Nivernais, la direction des vents la plus fréquente provient de l'Ouest.

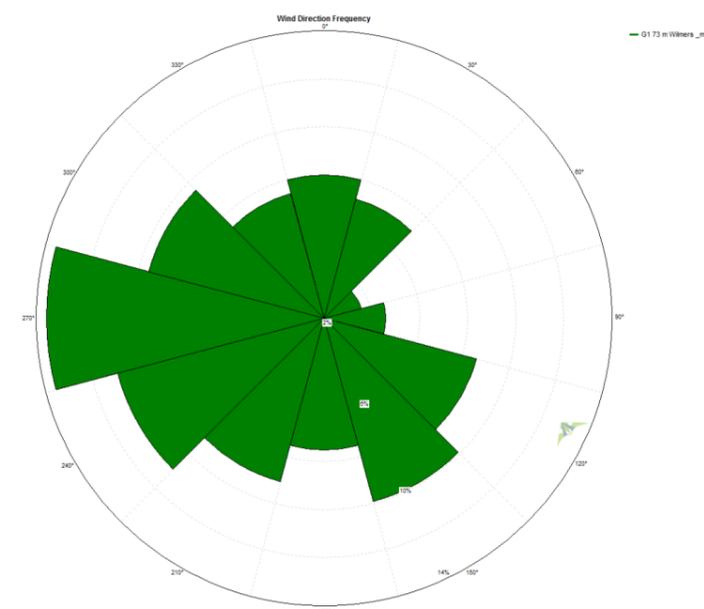


Figure 6 : Résultats de la campagne de mesure du vent ; fréquence directionnelle du vent (source : Nordex, 2015)

La rose énergétique des vents met en évidence que les vents dominants, du Sud et de l'Ouest, sont les plus puissants. Néanmoins, les vents du Sud-Ouest et du Sud-Sud-Est sont également présents.

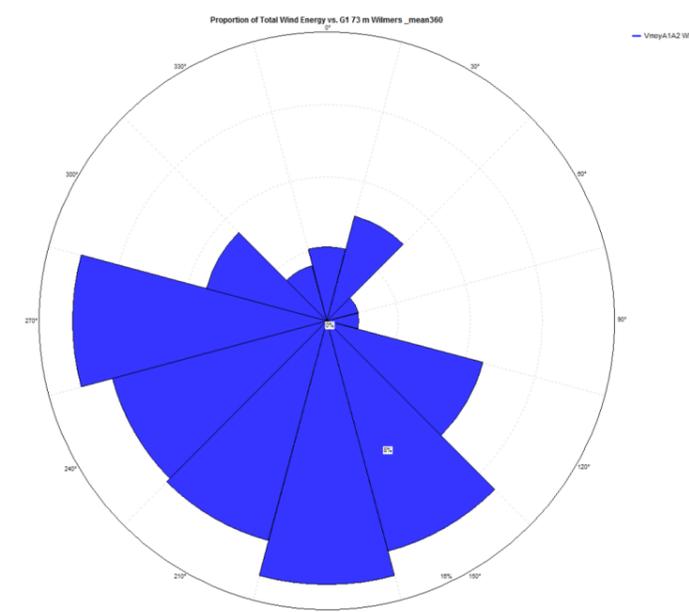


Figure 7 : Résultats de la campagne de mesure du vent ; rose énergétique des vents (source : Nordex, 2015)

Le mât de mesure a révélé une vitesse de vent moyenne sur le territoire d'accueil du projet d'environ 6,4 m/s pour les vents provenant du Sud et d'environ 5,9 m/s pour les vents provenant du Sud-Sud-Ouest à 79,5 m.

3.2.2. Risques naturels

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

Le droit à cette information, institué en France par la loi du 22 juillet 1987 et inscrit à présent dans le Code de l'Environnement, a conduit à la rédaction dans le département de la Nièvre d'un dossier Départemental des Risques Majeurs (DDRM), objet d'une révision en Décembre 2010. C'est sur ce rapport que nous nous appuyons pour notre analyse.

⇒ Notons que l'arrêté préfectoral de la Nièvre, en date du 23 décembre 2010 fixant la liste des communes concernées par un ou plusieurs risques majeurs, indique que les territoires communaux de LANGERON, SAINT-PARIZE-LE-CHATEL et SAINT-PIERRE-LE-MOUTIERS sont concernés par au moins deux risques majeurs (cf. tableau ci-dessous).

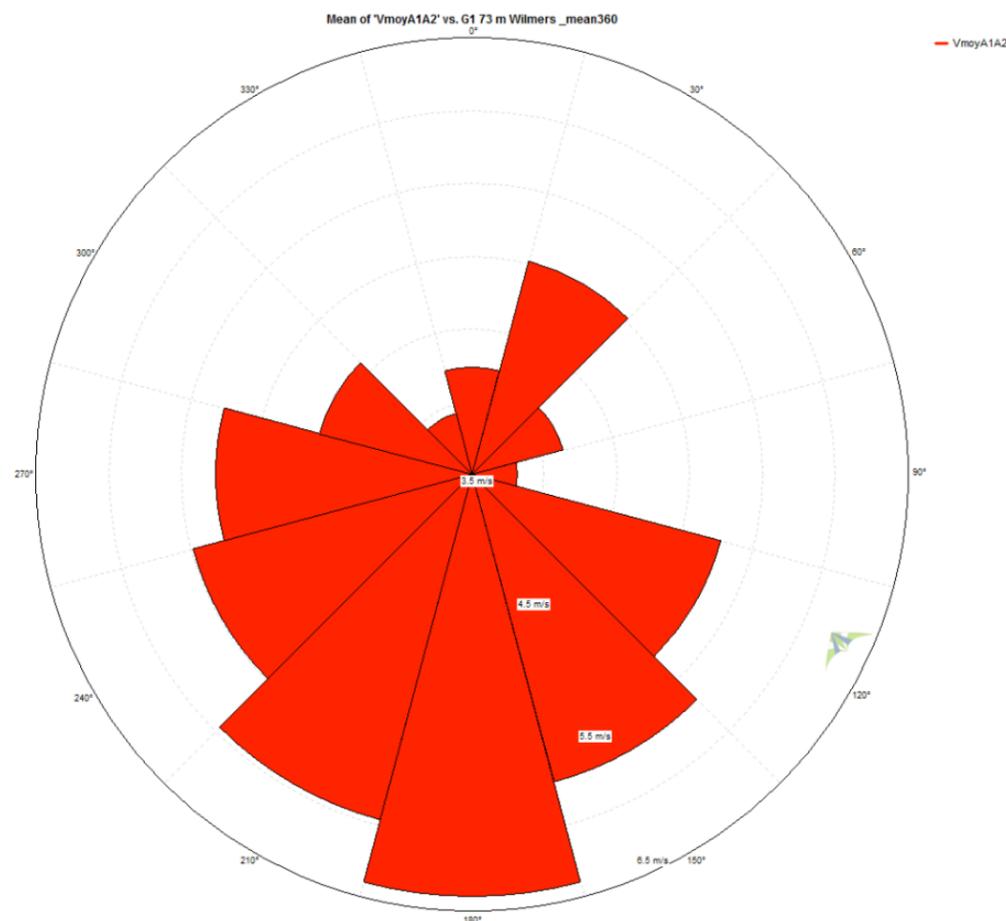


Figure 8 : Résultats de la campagne de mesure du vent ; vitesse moyenne du vent (source : Nordex, 2015)

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

Communes	RISQUES NATURELS							RISQUES INDUSTRIEL			
	Inondation	Risque sismique	Mouvements de terrain					Industriels	Barrages	Nucléaire	TMD
			Mouvements de terrain influencés par travaux miniers	Glissement de terrain	Effondrement des cavités souterraines	Eroulement et chutes de blocs	Coulées de boue				
LANGERON	X	X									X
SAINTE-PARIZE-LE-CHATEL		X		X							X
SAINTE-PIERRE-LE-MOUTIER		X									X

Tableau 9 : Synthèse des risques majeurs sur le territoire d'implantation du parc projeté (source : DDRM 58, 2010)

Arrêté de catastrophes naturelles

Les communes intégrant le périmètre de l'étude de dangers ont fait l'objet d'arrêtés de catastrophe naturelle (source : www.prim.net, 2014) pour cause de :

Commune	Nature de la catastrophe naturelle	Date arrêté
Langeron	Tempête	30/11/1982
	Inondations, coulées de boue et mouvements de terrain	29/12/1999
	Inondations et coulées de boue	19/12/2003
Saint-Parize-Le-Châtel	Tempête	30/11/1982
	Inondations, coulées de boue et mouvements de terrain	29/12/1999
	Mouvements de terrain différentiels consécutifs à la sécheresse et à la réhydratation des sols	11/07/2012
Saint-Pierre-Le-Moûtier	Tempête	30/11/1982
	Inondations, coulées de boue et mouvements de terrain	29/12/1999

Tableau 10 : Inventaire des arrêtés de catastrophe naturelle sur le périmètre de l'étude de dangers (source : prim.net, 2013)

Inondation

Définition

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

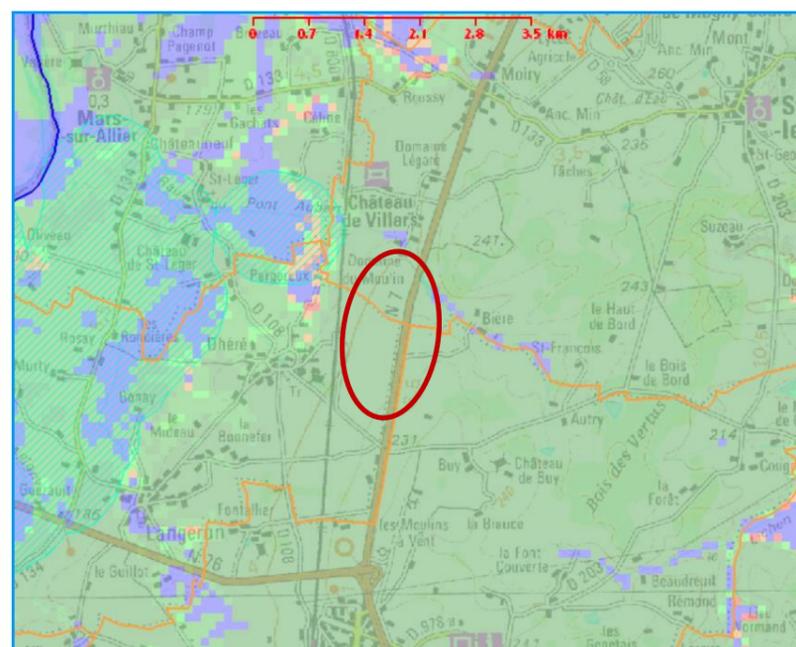
On distingue trois types d'inondations :

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

Sur le territoire d'étude

Aucun Plan de Prévention de Risque Inondation ou Atlas de Zone Inondable n'est inventorié sur le territoire d'étude envisagé à l'exception de Langeron, intégrant le PPRI de l'Allier. Toutefois, le territoire d'étude n'intègre pas de zonage réglementaire.

La zone d'étude présente d'ailleurs une sensibilité très faible aux phénomènes d'inondations par remontée de nappe (source : inondationsnappes.fr).



Carte 6 : Sensibilité des territoires d'accueil du projet aux phénomènes d'inondations par remontée de nappe – Légende : Cercle rouge / Localisation du site (source : inondationsnappes.fr, 2013)

⇒ Les territoires de Saint-Parize-Le-Châtel et de Saint-Pierre-Le-Moûtier n'intègrent aucun Plan de Prévention des Risques aux Inondations ou Atlas des Zones Inondables. Seul le territoire de Langeron intègre un PPRI pour lequel le zonage réglementaire ne recoupe pas le site d'implantation. Cette dernière intègre un des points hauts de ce territoire. Le risque d'inondation est donc 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 le territoire d'étude

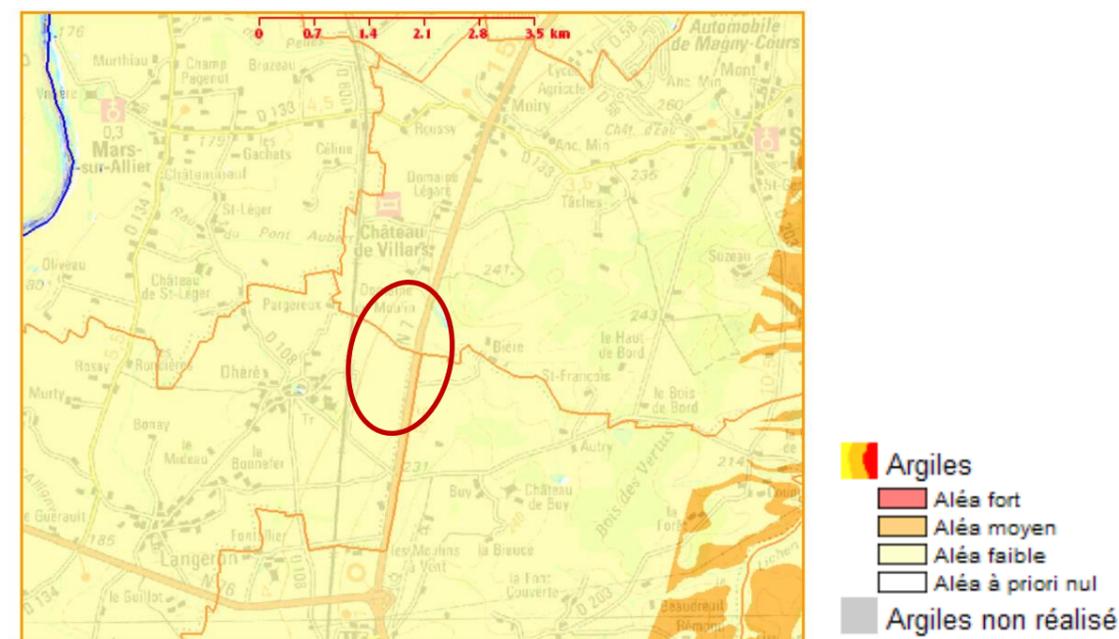
Relatif à la présence de cavité : la commune de Saint-Pierre-Le-Moûtier présente sur son territoire 4 cavités géoréférencées correspondant à (source : bdcavité.net, 2013) :

- Citerne – ouvrage civil ;
- Rivière souterraine – cavité naturelle ;
- Salle capitulaire du Sabbat – Ouvrage civile ;
- Tunnel de la rue du 11 novembre – ouvrage civil.

Aucune cavité n'est recensée sur le territoire de Langeron et de Saint-Parize-Le-Châtel.

⇒ Malgré la présence de cavités sur la commune de Saint-Pierre-Le-Moûtier, aucun arrêté de catastrophe naturelle n'a été pris pour ce type de risque. De plus, il n'est pas inventorié par le DDRM sur ces territoires (source : DDRM 58, 2010).

Relatif à l'aléas retrait et gonflement des argiles :



Carte 7 : Aléa retrait-gonflement des argiles sur le site d'étude – Légende : Cercle rouge / Localisation du site (source : www.argiles.fr, 2013)

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

Relatif au glissement de terrain :

Le Dossier Départemental des Risques Majeurs signale que la commune de Saint-Parize-Le-Châtel est soumise au risque glissement de terrain.

Risque sismique

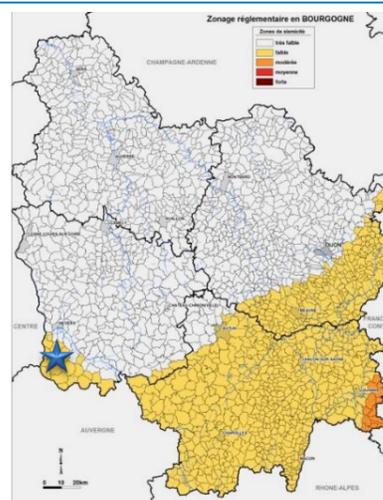
Définition

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 : www.planseisme.fr).

Carte 8 : Zone sismique dans la région Bourgogne – Légende : Etoile bleue / Localisation du site d'implantation (source : planseisme.fr, 2014)



Sur le territoire d'étude

L'actuel zonage sismique classe le territoire d'accueil du projet en zone de sismicité 2 (faible). Ce secteur doit intégrer des règles de construction parasismiques qui sont applicables aux nouveaux bâtiments et aux bâtiments anciens dans des conditions particulières.

⇒ Les territoires d'accueil du parc projeté sont donc soumis à un risque sismique faible.

Feux de forêt

Définition

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

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

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

Sur le territoire d'étude

Le Dossier Départemental des Risques Majeurs de la Nièvre ne qualifie pas le risque incendie de forêt. Il peut donc être considéré comme faible.

⇒ Les territoires d'accueil du parc projeté sont donc soumis à un risque de feu de forêt possible.

Tempête

Définition

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

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

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

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

Sur le territoire d'étude

En France, ce sont en moyenne chaque année quinze tempêtes qui affectent nos côtes, dont une à deux peuvent être qualifiées de " fortes " selon les critères utilisés par Météo-France. Bien que le risque tempête intéresse plus spécialement le quart Nord-Ouest du territoire métropolitain et la façade atlantique dans sa totalité, les tempêtes survenues en décembre 1999 ont souligné qu'aucune partie du territoire n'est à l'abri du phénomène.

⇒ Le territoire d'accueil du parc projeté est donc soumis à un risque de tempête possible.

Foudre

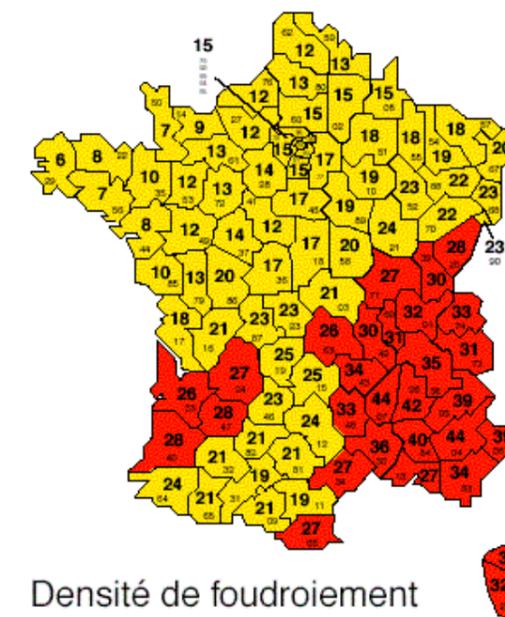
Définition

Pour définir l'activité orageuse d'un secteur, il est fait référence à la densité de foudroiement qui correspond au nombre d'impact foudre par an et par km² dans une région.

Sur le territoire d'étude

Le climat global du département est moyennement orageux (densité de foudroiement de 20 dans la moyenne nationale de 20).

Carte 9 : Densité de foudroiement / Légende : Etoile bleue – localisation du site (source : Météo France)



Densité de foudroiement

3.3. Environnement matériel

3.3.1. Voies de communication

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

Infrastructure aéronautique

Relatif à l'aviation civile, une première demande de servitude avait été réalisée en 2012, indiquant une hauteur maximale de machine de 150 mètres. Un premier avis favorable avait alors été émis de la part de la DGAC. Le type de machine envisagé pour le projet des Portes du Nivernais a ensuite évolué à une hauteur maximale de 180 mètres. Une nouvelle demande de servitude a donc été réalisée le 02/10/2013. Par un courrier de réponse en date du 24 juillet 2015 la DGAC indique :

« Après étude du dossier, [...] l'implantation des éoliennes respecte les prescriptions 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. Par ailleurs, la cote sommitale du projet respecte la recommandation de limitation en altitude due à la présence, au droit du projet, de l'altitude minimale de secteur liée aux procédures aux instruments de l'aérodrome de Nevers-Fourchambault.

En conséquence, la direction de la sécurité de l'aviation civile nord-est émet un avis favorable à l'installation et à la mise en exploitation de ce parc éolien au titre de l'article R244-1 du code de l'aviation civile, [...] »

Relatif à l'aviation militaire, la dernière demande de servitude a été réalisée le 30/07/2015, auprès de la section environnement aéronautique de la SDRCAM Nord. Cependant, aucune réponse n'a été réceptionnée à ce jour (janvier 2016).

⇒ L'aviation civile émet un avis favorable vis-à-vis du projet de parc éolien des Portes du Nivernais, par le courrier en date du 24/07/2015. La société Nordex est en attente de la réponse de l'aviation civile.

Infrastructure ferroviaire

Une ligne ferroviaire assurant la liaison Nevers à Clermont-Ferrand est localisée à l'Ouest du projet. Elle est localisée à 230 m à l'Ouest de l'éolienne E4 la plus proche. Cette dernière intègre donc le périmètre d'étude de dangers.

⇒ Une voie ferrée traverse le périmètre d'étude de dangers.

Infrastructure routière

Le domaine routier est confié au Conseil Général de la Nièvre.

Introduction

Pour mémoire, même si le périmètre d'étude de dangers ne recoupe pas cette infrastructure routière, il est noté les éléments suivants :

- **L'autoroute A77** (de direction Nord-Est / Sud-Ouest) qui relie Nevers à l'autoroute A6, au Sud de Paris, est située à 14,5 km au Nord-Est de l'éolienne E2 la plus proche. Son prolongement s'effectue par la route nationale 7.

Les départementales structurantes viennent connecter les grandes agglomérations entre elles avec notamment :

- La RD 2076 reliant Saint-Pierre-le-Moûtier à Tours, localisée à 2,4 km de l'éolienne E3, la plus proche ;
- La RD 976, reliant Nevers à Bourges, localisé à 12,8 km au Nord-Ouest de l'éolienne E4 la plus proche ;
- La RD 981, reliant Nevers à Autun, localisée à 14,4 km au Nord-Est de l'éolienne E1 la plus proche ;

Une route nationale et d'autres départementales, plus locales, permettent de desservir les bourgs entre eux. Ainsi dans l'aire d'étude rapprochée sont inventoriées :

- La RN 7 reliant Paris à Menton et modifiée récemment avec un passage en 2x2 voies ;
- La RD 108 reliant Saint-Pierre-le-Moûtier / Dhéré / Mars-en-Allier ;
- La RD 133 reliant Mars-en-Allier à la route nationale 7 et l'autoroute A77 ;
- La RD 203 (Chéron à Saint-Pierre-le-Moûtier).

De plus, un maillage fin de voies communales et de chemins ruraux permet de desservir tous les villages environnants.

Infrastructure routière présente sur le périmètre d'étude

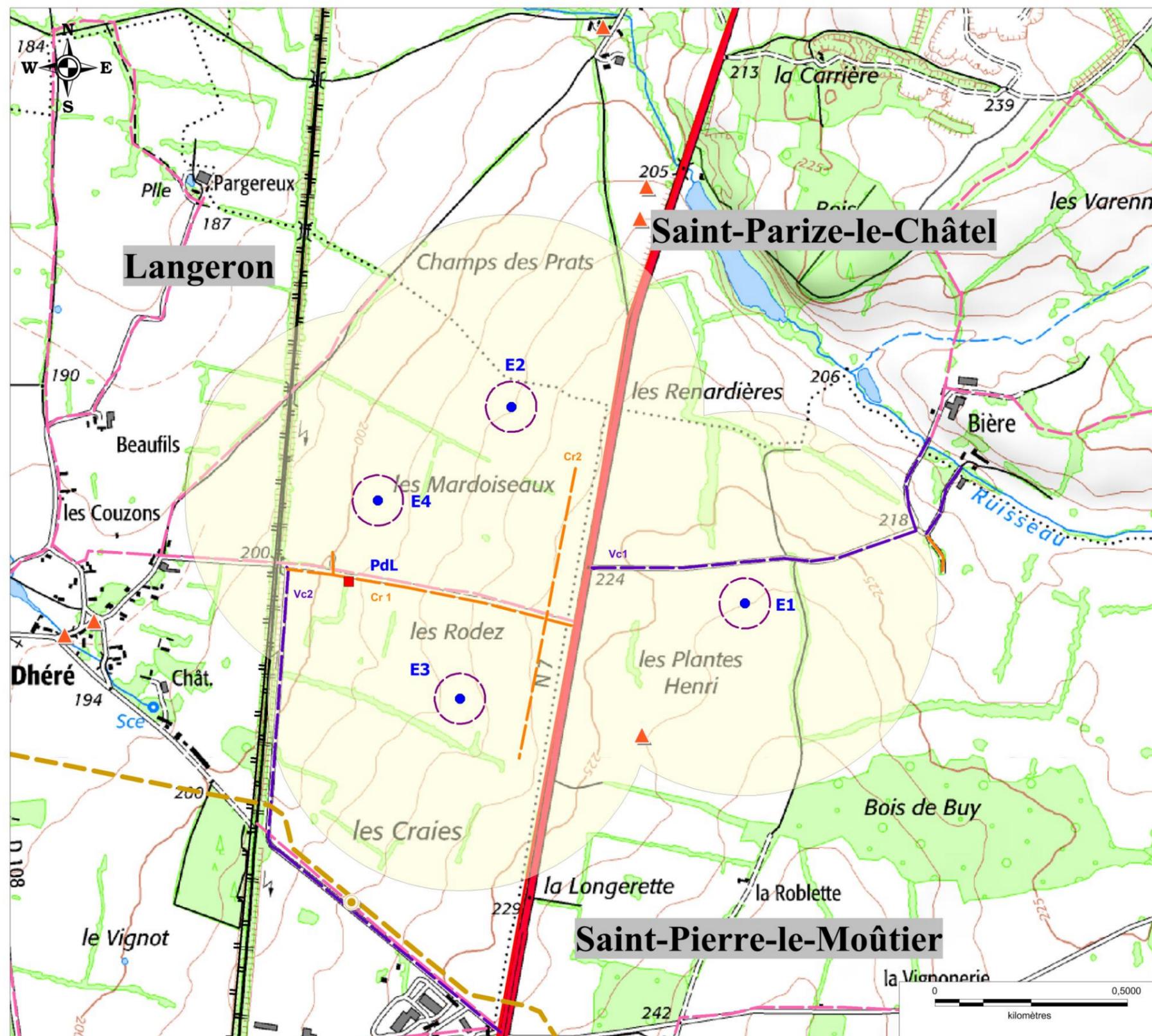
Le périmètre d'étude de dangers recoupe les infrastructures routières suivantes :

- Une infrastructure structurantes : la route nationale 7 ;
- Des voies communales ;
- Des chemins ruraux (nommés aussi communaux) ;
- Des chemins réglementés (PDIPPR).

Définition du trafic

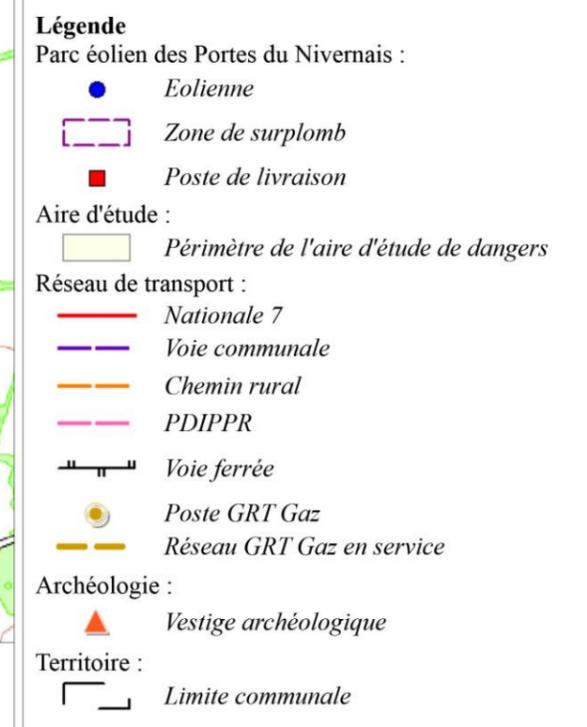
Les trafics routiers supportés par la route nationale 7 est de 13 900 véhicules par jour dont 34% de poids lourds sur le territoire de Saint-Pierre-le-Moûtier (source : comptage routier 2012 - DIR Centre-Est, 2014).

Concernant le trafic routier supporté par les chemins ruraux (ou communaux) et les voies communales, aucune données ne sont disponibles. Toutefois, d'après les communes, le trafic est estimé à une valeur inférieure à 200 véhicules/jour.



Enjeux matériels

Echelle : 1 / 10 000 ème



Source : Scan25® ©IGN PARIS - Licence ATER-Environnement - Copie et reproduction interdite.
Réalisation ATER Environnement Décembre 2015.

Carte 10 : Environnement matériel dans le périmètre d'étude de dangers

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

Numéro de l'éolienne	N7	Voie communale Vc1	Voie communale Vc2	Chemin rural Cr1	Chemin rural Cr2
E1	400 m	90 m	1 180 m	440 m	490 m
E2	250 m	450 m	700 m	490 m	200 m
E3	250 m	170 m	450 m	245 m	175 m
E4	550 m	470 m	275 m	180 m	470 m

Tableau 11 : Distance des éoliennes par rapport aux infrastructures routières

- ⇒ Une voie routière principale, la nationale 7 (trafic de 13 900 véhicules/jour) est recensée dans le périmètre d'études de dangers ;
- ⇒ Aucune éolienne ne surplombe les infrastructures routières.

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 ou canalisations.

L'ensemble des territoires d'accueil sont soumis au risque de transport de matière dangereuse relatif aux voies routières, notamment par la route nationale 7. Les territoires de Langeron et Saint-Pierre-Le-Moûtier sont également concernés le risque engendré par la voie ferrée en direction de PARIS - CLERMONT FERRAND - VIERZON - CERCY LA TOUR - CLAMECY - SAINCAIZE et une canalisation souterraine.

Deux ouvrages relatifs au transport de gaz sont présents (source : GRT Gaz, 15/11/13) :

- La canalisation de gaz haute-pression de Chemery – Neuville les Decize de DN 600 mm et de pression maximale de service 80 bar ;
- Les postes aériens Langeron Sectionnement et Saint-Pierre-le-Moûtier DP.

Des distances minimales seront donc à respecter entre les ouvrages et les éoliennes.

Aucun réseau de transport d'hydrocarbure n'est présent sur les territoires des communes d'accueil.

3.3.2. Réseaux publics et privés

Faisceaux hertzien

Selon l'Agence Nationale des Fréquences deux servitudes radioélectriques sont recensées sur les communes de Saint-Parize-le-Châtel et Saint-Pierre-Le-Moûtier (source : anfr.fr, octobre 2013). Il s'agit :

- D'un réseau de France Télécom (décret du 28/08/1987), qui sera prochainement abrogé ;
- D'un réseau provenant du Ministère de l'Intérieur (décret du 16/08/13) de type PT2.

Les dernières consultations auprès de France Télécom et de l'ANFR (service régional de Nancy) ont été respectivement réalisés le 07/11/2012 et la 03/05/2013. Cependant, aucune réponse n'a été réceptionnée à ce jour (janvier 2016).

Autres réseaux publics ou privés

Une canalisation de GRT Gaz est recensée aux abords du périmètre d'étude de la zone de dangers mais ne l'intègre pas.

Aucun réseau public ou privé n'intègre le périmètre de la zone d'étude de dangers (captage AEP, canalisation de gaz, ligne électrique ...).

3.3.3. Autres ouvrages publics

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

3.3.4. Patrimoine historique et culturel

Monument historique

Aucun monument historique et aucun périmètre de protection réglementaire d'un monument historique ne recoupe le périmètre de l'étude de dangers.

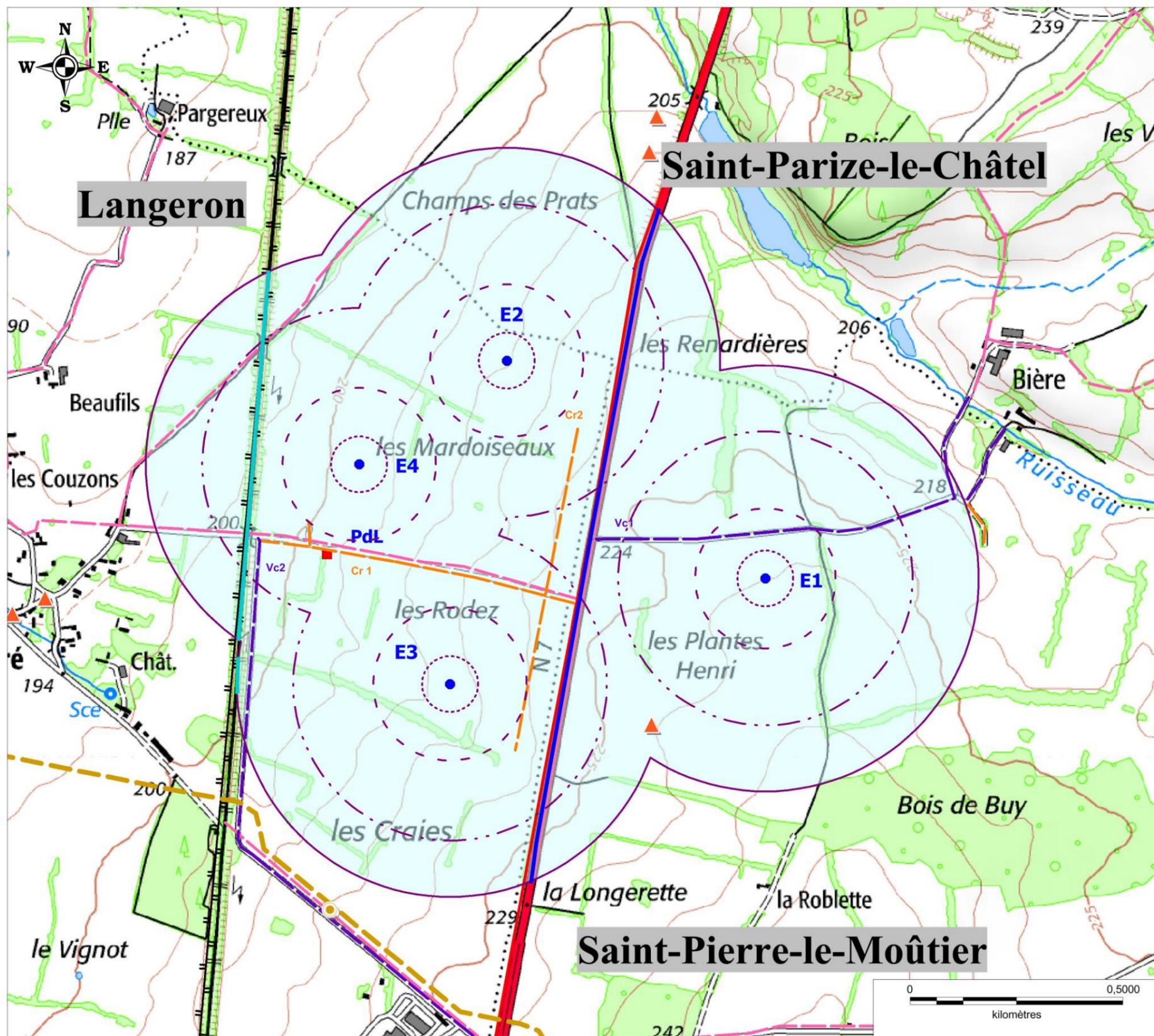
Le monument historique le plus proche, inscrit, est le château de Villars à Saint-Parize-le-Châtel, à 1,7 km au Nord de l'éolienne E2 la plus proche.

Archéologie

Pour faire suite à la demande de servitudes de vestiges archéologique sur les territoires communaux de Langeron et de Saint-Pierre-le-Moûtier, le Service Régional de l'Archéologie nous informe que plusieurs éléments généraux du patrimoine archéologique connus à ce jour, sont présents dans le périmètre d'étude (source courrier réponse du 14/10/2013).

Un seul intègre le périmètre d'étude de dangers. Il s'agit d'une entité gallo-romaine, localisé à 420 mètres de l'éolienne E1.

Dans tous les cas, toute découverte fortuite de vestige sera déclarée sans délai au maire de la commune conformément aux articles L322-2 et L531-14 du code du patrimoine.



Enjeux humains

Echelle : 1 / 10 000 ème

Légende

Projet du parc des Portes du Nivernais :

- Eolienne
- Poste de livraison

Environnement

Infrastructure routière :

- Nationale 7
- Voie communale
- Chemin rural

Infrastructure ferroviaire :

- Voie ferrée
- Poste GRT Gaz
- Réseau GRT Gaz en service

Randonnée :

- PDIPPR

Archéologie :

- ▲ Vestige archéologique

Représentation des scénarios étudiés :

- - - Risque de chute de glace ou d'autre élément
- - - Risque d'effondrement
- - - Risque de projection de glace
- - - Risque de projection de pale

Personne exposée :

- Moins de 1 personne
- Entre 1 et 10 personnes
- Entre 10 et 100 personnes

Source : Scan25® ©IGN PARIS - Licence ATER-Environnement - Copie et reproduction interdite.
Réalisation ATER Environnement Décembre 2015.

Carte 11 : Enjeux humains sur l'aire d'étude de dangers

3.4. Cartographie de synthèse

En conclusion de ce chapitre, une cartographie de synthèse permet d'identifier géographiquement les enjeux à protéger dans le périmètre d'étude de dangers (voir carte ci-dessus). Les différents périmètres d'étude (zone de surplomb, d'effondrement, de projection de glace ...) correspondent aux différents scénarios de risque développés dans le chapitre 8.

3.4.1. Définitions des périmètres d'étude

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

- **Zone de surplomb** : 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. Elle est définie dans le tableau ci-dessous :

Eoliennes	Zone de surplomb
E1	65,5 m
E2, E3 et E4	65,5 m

Tableau 12 : Définition de la zone de surplomb

- **Zone d'effondrement** (ou zone de ruine de machine) : elle correspond à la zone où l'éolienne peut tomber au sol. Elle est définie dans le tableau ci-dessous :

Eoliennes	Zone d'effondrement
E1	164,5 m
E2, E3 et E4	179,5 m

Tableau 13 : Définition de la zone d'effondrement

- **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 : $1,5 \times (\text{Hauteur au moyeu} + \text{diamètre du rotor})$.

Eoliennes	Zone de projection de glace
E1	345 m
E2, E3 et E4	367,5 m

Tableau 14 : Définition de la zone de projection de glace

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

3.4.2. Les enjeux humains

Relatif aux terrains non bâtis

En s'appuyant sur la circulaire du 10 mai 2010, les terrains non aménagés et très peu fréquentés (champs, prairies, forêts, friches, marais...) la formule suivante est utilisée : 1 personne par tranche de 100 ha.

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.8.2)

	Eolienne E1			Intégralité du périmètre (Zone de projection de pale)
	Zone de surplomb	Zone d'effondrement	Zone de projection de glace	
Rayon (m)	65,5	164,5	345	500
Superficie (ha)	1,35	8,50	37,37	78,5
Nombre d'individus	0,01 personne*	0,08 personne	0,37 personne	0,79 personne

Tableau 15 : Définition de l'enjeu humain relatif aux terrains non urbanisés pour l'éolienne E1

*Exemple du calcul du nombre d'individu exposé pour la zone de surplomb de l'éolienne E1
 $1,35 \text{ ha} / 100 = 0,01 \text{ personne}$

	Eoliennes E2, E3 et E4			Intégralité du périmètre (Zone de projection de pale)
	Zone de surplomb	Zone d'effondrement	Zone de projection de glace	
Rayon (m)	65,5	179,5	367,5	500
Superficie (ha)	1,35	10,12	42,41	78,5
Nombre d'individus	0,01 personne	0,10 personne	0,42 personne	0,79 personne

Tableau 16 : Définition de l'enjeu humain relatif aux terrains non urbanisés pour les éoliennes E2, E3 et E4

Relatif aux infrastructures routières

En s'appuyant sur la circulaire du 10 mai 2010, les voies de circulation qui sont prises en considération sont celles empruntées par un nombre significatif de personnes (plus de 2 000 véhicules/jour) qui ne sont pas déjà comptées parmi les personnes exposées dans d'autres catégories d'installations.

Avec 13 900 véhicules par jour dont 34% de poids lourds (source : comptage routier 2012 - DIR Centre-Est, 2014), la route nationale 7 est classée comme infrastructure routière structurante passant sur l'aire d'étude de dangers.

Ainsi, les infrastructures routières identifiées ne présentant pas de bouchon, la formule suivante sera appliquée : 0,4 personne permanente par km exposé par tranche de 100 véhicules/jour. Ainsi, dans les tableaux suivants sont présentés le nombre d'individu par zone (les zones de surplomb et d'effondrement n'étant pas concernées ici compte-tenu des distances) :

	E2	E3
Distance dans le périmètre (km)	0,520	0,530
Nombre de véhicules / jour	13 900	
Nombre d'individu	28,9*	29,5

Tableau 17 : Définition de l'enjeu humain relatif à la RN 7 dans la zone de projection de glace

*Exemple du calcul du nombre d'individu exposé pour l'éolienne E2 : $1,35 \text{ ha}/100 = 0,01 \text{ personne}$
 $0,4 \times 0,520 \text{ km} = 0,208$
 $13\,900 \text{ véhicules} / 100 = 139$
 $0,208 \times 139 = 28,9 \text{ personnes}$

3.4.3. Les enjeux matériels

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

- Les infrastructures routières ;
- Les infrastructures ferroviaires

	E1	E2	E3
Distance dans le périmètre (km)	0,580	0,830	0,860
Nombre de véhicules / jour	13 900		
Nombre d'individu	32,2	46,1	47,8

Tableau 18 : Définition de l'enjeu humain relatif à la RN 7 dans la zone de projection de pale

Les voies communales et les chemins ruraux présentent une fréquentation inférieure à 2000 véhicules/jour. A ce titre, ils sont assimilés aux terrains non bâtis.

Relatif aux structures ferroviaires

En s'appuyant sur la circulaire du 10 mai 2010, les voies ferroviaires transportant des voyageurs doivent être prises en compte de la façon suivante :

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

	E4
Distance dans le périmètre (km)	0,54
Nombre de véhicules / jour	27 trains, soit l'équivalent de 2 700 véhicules
Nombre d'individu	5,8*

Tableau 19 : Définition de l'enjeu humain relatif à la voie ferroviaire dans la zone de projection de glace

*Exemple du calcul du nombre d'individu exposé pour l'éolienne E4 :

$0,4 \text{ personnes} \times 0,54 \text{ km} = 0,216$

$0,216 \times 27 \text{ trains} = 5,8 \text{ personnes}$

Concernant cette éolienne, le nombre d'individus exposés est inférieur à 10, la gravité du phénomène est considérée comme « sérieux ». La probabilité du phénomène de projection de glace est considéré comme « événement probable », B. Le risque est donc jugé **acceptable**.

	E3	E4
Distance dans le périmètre (km)	0,1	0,9
Nombre de véhicules / jour	27 trains, soit l'équivalent de 2 700 véhicules	
Nombre d'individu	1,1	9,7

Tableau 20 : Définition de l'enjeu humain relatif à la voir ferroviaire dans la zone de projection de pale

Concernant les deux éoliennes, le nombre d'individus exposés est inférieur à 10, la gravité du phénomène est considérée comme « sérieux ». La probabilité du phénomène de projection de pale est considéré comme « événement improbable », C. Le risque est donc jugé **acceptable**.

Note : la voie ferrée ne traverse aucun périmètre d'étude de l'éolienne E1. C'est pourquoi les calculs précédents n'ont pas été appliqués à cette machine.

Relatif aux chemins de randonnées

Pour les chemins de promenade, de randonnée, la circulaire du 10 mai 2010 nous indique de compter deux personnes pour 1 km 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 est plutôt en moyenne de l'ordre de 10 personnes par jour.

Ainsi, ces personnes sont incluses dans la catégorie « terrains non bâtis ».

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. Caractéristiques 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 § 4.3.1) :

- Plusieurs éoliennes fixées sur une fondation adaptée, accompagnée d'une aire stabilisée appelée « plateforme » ou « aire de grutage » ;
- Un réseau de câbles électriques enterrés permettant d'évacuer l'électricité produite par chaque éolienne vers le ou les poste(s) de livraison électrique (appelé « réseau inter-éolien ») ;
- Un ou plusieurs poste(s) de livraison électrique, concentrant l'électricité des éoliennes et organisant son évacuation vers le réseau public d'électricité au travers du poste source local (point d'injection de l'électricité sur le réseau public) ;
- Un réseau de câbles enterrés permettant d'évacuer l'électricité regroupée au(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.

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

Les aérogénérateurs se composent de trois principaux éléments :

- Le rotor** qui est composé de trois pales (pour la grande majorité des éoliennes actuelles) construites en matériaux composites et réunies au niveau du moyeu. Il se prolonge dans la nacelle pour constituer l'arbre lent ;
- Le mât** est composé de 4 ou 5 tronçons en acier. Dans la plupart des éoliennes, il abrite le transformateur qui permet d'élever la tension électrique de l'éolienne au niveau de celle du réseau électrique ;
- La nacelle** abrite plusieurs éléments fonctionnels :
 - ✓ le générateur transforme l'énergie de rotation du rotor en énergie électrique ;
 - ✓ le multiplicateur (certaines technologies n'en utilisent pas) ;
 - ✓ le système de freinage mécanique ;
 - ✓ le système d'orientation de la nacelle qui place le rotor face au vent pour une production optimale d'énergie ;
 - ✓ les outils de mesure du vent (anémomètre, girouette) ;
 - ✓ le balisage diurne et nocturne nécessaire à la sécurité aéronautique.

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 de leurs annexes.

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

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.

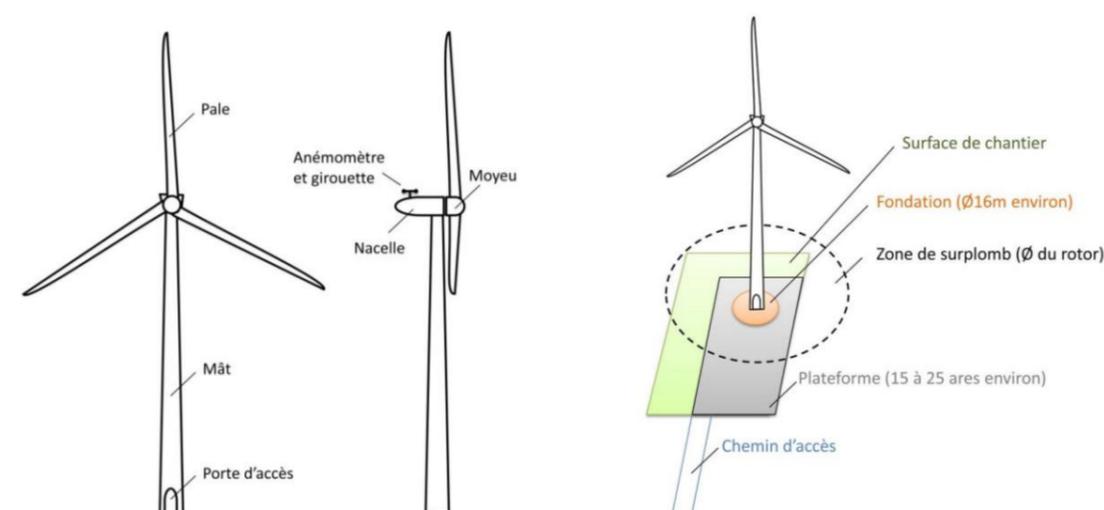
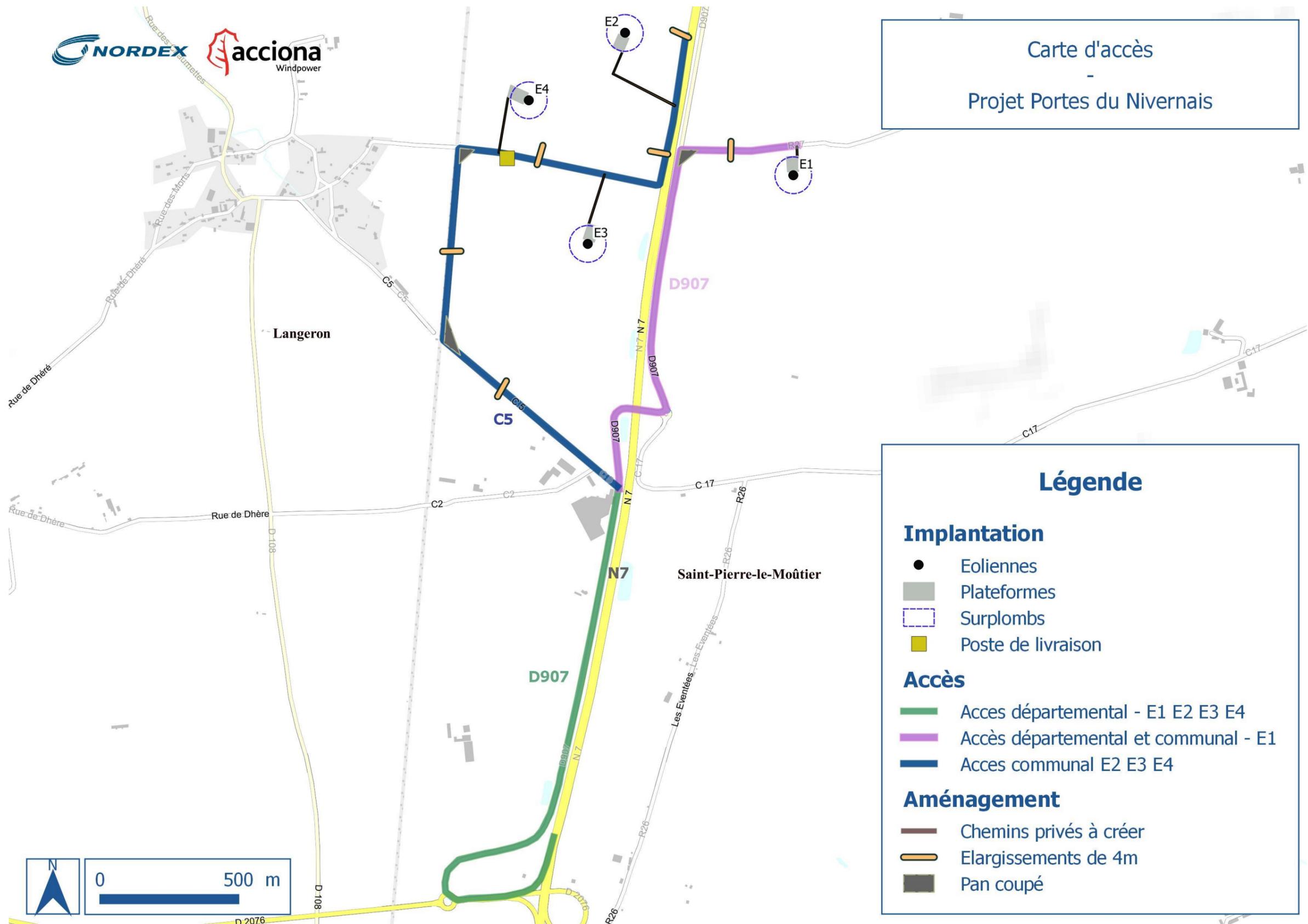


Figure 9 : Schéma simplifié d'un aérogénérateur (à gauche) et emprises au sol d'une éolienne (à droite) - (source : Guide technique (INERIS/SER/FEE, 2012))



Carte 12 : Plan détaillé de l'installation et de son accès (source : Nordex France, 2017)

4.1.2. Activité de l'installation

L'activité principale du parc éolien des Portes du Nivernais est la production d'électricité à partir de l'énergie mécanique du vent avec une hauteur de moyeu de 99 m pour l'éolienne E1 et 114 m pour les éoliennes E2, E3 et E4. 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 des Portes du Nivernais est composé de 4 aérogénérateurs et d'un poste de livraison. L'aérogénérateur E1 a une hauteur de moyeu de 99 mètres (soit une hauteur de mât de 96,9 m au sens de la réglementation ICPE) et un diamètre de rotor de 131 mètres, soit une hauteur totale en bout de pale de 164,5 mètres. Les aérogénérateurs E2, E3 et E4 ont une hauteur de moyeu de 114 mètres (soit une hauteur de mât de 111,9 m au sens de la réglementation ICPE) et un diamètre de rotor de 131 mètres, soit une hauteur totale en bout de pale de 179,5 mètres.

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

Installation	Coordonnées géographiques en Lambert 93		Altitude au sol	Altitude en bout de pale
	X	Y		
Eolienne E1	710021,72	6636237,86	230 m	395 m
Eolienne E2	709424,30	6636736,71	211 m	391 m
Eolienne E3	709294,27	6635991,69	213 m	393 m
Eolienne E4	709069,07	6636496,96	202 m	382 m
Poste de livraison	709004	6636293	203 m	-

Tableau 21 : Coordonnées géographiques du parc éolien

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

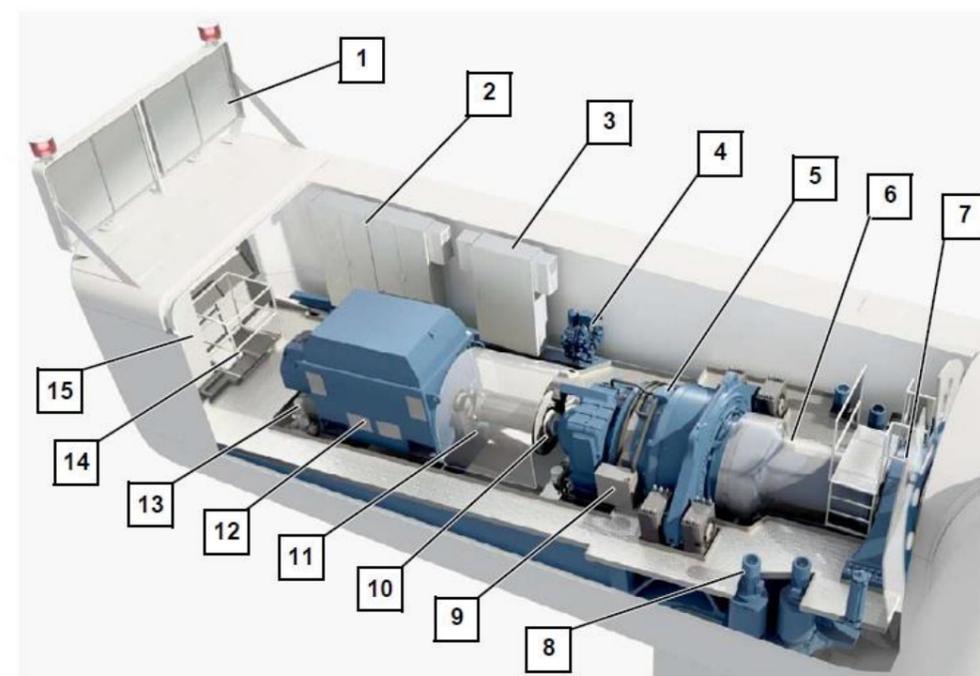
Les pales se mettent en mouvement lorsque l'anémomètre (positionné sur la nacelle) indique une vitesse de vent d'environ 10 km/h à hauteur de la nacelle, et c'est seulement à partir de 12 km/h que l'éolienne peut être couplée au réseau électrique. Le rotor et l'arbre dit « lent » transmettent alors l'énergie mécanique à basse vitesse (entre 6 et 12 tr/min) aux engrenages du multiplicateur, dont l'arbre dit « rapide » tourne environ 100 fois plus vite que l'arbre lent. Certaines éoliennes sont dépourvues de multiplicateur et la génératrice est entraînée directement par l'arbre « lent » lié au rotor. La génératrice transforme l'énergie mécanique captée par les pales en énergie électrique.

La puissance électrique produite varie en fonction de la vitesse de rotation du rotor. Dès que le vent atteint environ 46,8 km/h à hauteur de nacelle, l'éolienne fournit sa puissance maximale. Cette puissance est dite « nominale ».

Pour un aérogénérateur de 3 MW par exemple, la production électrique atteint 3 000 kWh dès que le vent atteint environ 50 km/h. L'électricité est produite par la génératrice correspond à un courant alternatif de fréquence 50 Hz avec une tension de 660 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 72 km/h sur une moyenne de 10 minutes, l'éolienne cesse de fonctionner pour des raisons de sécurité. Deux systèmes de freinage permettront d'assurer la sécurité de l'éolienne :

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



- 1- Echangeur thermique
- 2- Armoire électrique 2
- 3- Armoire électrique 1
- 4- Groupe hydraulique
- 5- Multiplicateur
- 6- Arbre Rotor
- 7- Roulement du rotor
- 8- Entraînement Système d'Orientation Nacelle
- 9- Refroidissement à huile du multiplicateur
- 10- Frein rotor
- 11- Accouplement
- 12- Génératrice
- 13- Pompe pour refroidissement à eau
- 14- Trappe grue intérieure
- 15- Armoire électrique 3

Figure 10 : Ecorché simplifié de l'intérieur de la nacelle NORDEX N 131 (source : Nordex, 2015)

Elément de l'installation	Fonction	Caractéristiques
Certificat		<ul style="list-style-type: none"> Classe IEC3a
Conception technique		<ul style="list-style-type: none"> Puissance nominale : 3 000 kW Régularisation de puissance : variation active de pale individuelle Diamètre du rotor : 131 m (E1, E2, E3 et E4) Hauteur du moyeu : 99 m (E1) / 114 m (E2, E3 et E4) Concept de l'installation : boîte de vitesse, vitesse de rotation variable Plage de vitesse de rotation du rotor : 6,5 à 11,6 tr/min
Périodes de fonctionnement		<ul style="list-style-type: none"> <u>1,1 à 3 m/s (soit 4,0 à 10,8 km/h)</u> : Un automate, informé par une girouette, commande aux moteurs d'orientation de placer l'éolienne face au vent, <u>Environ 3 m/s (soit 10,8 km/h)</u> : Le vent est suffisant pour générer de l'électricité. L'éolienne peut être couplée au réseau électrique, <u>> 3 m/s (soit 10,8 km/h)</u> : La génératrice délivre un courant électrique alternatif, dont l'intensité varie en fonction de la vitesse du vent ; <u>13 à 25 m/s (soit 46,8 à 90 km/h)</u> : L'éolienne fournit sa puissance nominale. Cette dernière est maintenue constante grâce à une réduction progressive de la portance des pales.
Contrôle commande	Contrôler et surveiller l'éolienne à distance	<ul style="list-style-type: none"> <u>Type matériel logiciel</u> : Remote Field Controller/PLC, Nordex Control 2, <u>Démarrage automatique après coupure de réseau</u> : oui, <u>Démarrage automatique après vent de coupure</u> : oui
Fondation	Ancrer et stabiliser l'éolienne dans le sol	<ul style="list-style-type: none"> En béton armé, de forme octogonale, <u>Dimension</u> : design adapté en fonction des études géotechnique et hydrogéologique réalisées avant la construction. En standard, 21 m de diamètre à leur base et se resserre jusqu'à 4,5 m de diamètre représentant environ 675 m³. <u>Profondeur</u> : 2,7 mètres (E1), 3,2 mètres (E2, E3, et E4).
Mât	Supporter la nacelle et le rotor	<ul style="list-style-type: none"> <u>Hauteur</u> : 96,9 m (E1) / 111,9 m (E2, E3 et E4) <u>Type</u> : Tubulaire, en acier, <u>Nombre de section</u> : 4 sections (E1) et 5 sections (E2, E3 et E4) <u>Protection contre la corrosion</u> : Revêtement multicouche résine époxy, <u>Fixation du pied du mât</u> : Cage d'ancrage noyée dans le béton de fondation.
Nacelle	Supporter le rotor Abriter le dispositif de conversion de l'énergie mécanique en électricité (génératrice, etc.) ainsi que les dispositifs de contrôle et de sécurité	<ul style="list-style-type: none"> <u>Un arbre en rotation</u>, entraîné par les pales, <u>Le multiplicateur</u>, à engrenage planétaire à plusieurs étages + étages à roue dentée droite ou entraînement planétaire – A pour objectif d'augmenter le nombre de rotation de l'arbre – Tension nulle ; <u>La génératrice annulaire, asynchrone</u>, à double alimentation, qui fabrique l'électricité – Tension de 660 V.
Rotor / pales	Capter l'énergie mécanique du vent et la transmettre à la génératrice	<ul style="list-style-type: none"> <u>Type</u> : orientation active des pales face au vent ; <u>Sens de rotation</u> : Sens horaire ; <u>Nombre de pales</u> : 3 par machine ; <u>Longueur de pale</u> : 64,4 m <u>Surface balayée</u> : 13 478 m² ; <u>Contrôle de vitesse</u> : Pitch électromotorisé indépendant sur chaque pale ; Plastique renforcé à la fibre de verre (GFK), protection contre la foudre intégrée en accord complet avec la norme IEC 61 - 400-24 (Juin 2010).

Elément de l'installation	Fonction	Caractéristiques
Systèmes de freinage	Freiner et arrêter la machine en cas de maintenance, vent fort ou survitesse	<ul style="list-style-type: none"> <u>Frein principal aérodynamique</u> : Orientation individuelle des pales par activation électromagnétique avec alimentation de secours ; <u>Frein auxiliaire mécanique</u> : Frein à disque à actionnement actif sur l'arbre rapide.
Transformateur	Élever la tension de sortie de la génératrice avant l'acheminement du courant électrique par le réseau	<ul style="list-style-type: none"> A l'intérieur du mât, Tension de 20 kV à la sortie.
Poste de livraison	Adapter les caractéristiques du courant électrique à l'interface entre le réseau privé et le réseau public	<ul style="list-style-type: none"> Equipé de différentes cellules électriques et automates qui permettent la connexion et la déconnexion du parc éolien au réseau 20 kV.
Module de détection de glace	Détecter la présence de glace sur les pales et arrêter la machine en cas de présence positive	<p>Composé de plusieurs équipements :</p> <ul style="list-style-type: none"> Un système de détection des oscillations et des vibrations traduisant la présence de glace Un système de surveillance des conditions météorologiques au niveau de la nacelle Un système de détection des caractéristiques de fonctionnement de la machine (variation de la courbe de puissance traduisant la présence de glace)

Tableau 22 : Synthèse du fonctionnement des aérogénérateurs de type N131/3000 selon le tableau type de l'INERIS/SER/FEE, 2012

4.2.2. Sécurité de l'installation

L'installation respecte la réglementation en vigueur en matière de sécurité.

Méthodes et moyens d'intervention

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Figure 11 : Illustration des consignes en cas d'urgence, implantées à la base des mâts et des nacelles pour chaque éolienne NORDEX N 131 (source : Nordex, 2013)

Système de fermeture de la porte

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

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

Balitage des éoliennes

Le balitage des éoliennes est défini par l'arrêté du 13 Novembre 2009 et du 7 Décembre 2010. Les éoliennes N131 sont conformes à cet arrêté.

La couleur des éoliennes est une nuance RAL 7035. Toutes les éoliennes constituant le parc éolien, d'une hauteur supérieure à 150 m hors tout, sont dotées de deux balisages lumineux d'obstacle : le premier au niveau de la nacelle et le second à une hauteur de 45 m.

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

L'alimentation électrique, desservant le balitage 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 balitage lumineux possède une autonomie au moins égale à 12 heures.

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

Balitage lumineux de jour

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

Balitage lumineux de nuit

Chaque éolienne est dotée d'un balitage 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 balitage lumineux de jour au balitage 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 balitage actif lors du crépuscule est le balitage de jour, le balitage de nuit est activé lorsque la luminance de fond est inférieure à 50 cd/m².

Balitage des éoliennes de grande hauteur

Dans le cas d'une éolienne de hauteur totale supérieure à 150 m, le balitage par feux moyenne intensité décrit ci-dessus est complété par des feux d'obstacles basse intensité de type B (rouges fixes 32 cd) installés sur le mât. Ils doivent assurer la visibilité de l'éolienne dans tous les azimuts (360°). Dans le cas du projet des Portes du Nivernais, la hauteur totale des éoliennes étant comprise entre 150 et 200 m, les feux basse intensité de type B se situeront à 45 m.

Protection contre le risque incendie

Système de lutte incendie

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

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

Système de détection et d'alarme

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

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

Les quatre zones définies sont les suivantes :

- les topbox I (armoire d'agrégat) ;
- les topbox II (armoire de commande) ;
- l'armoire du transformateur ;
- la nacelle.

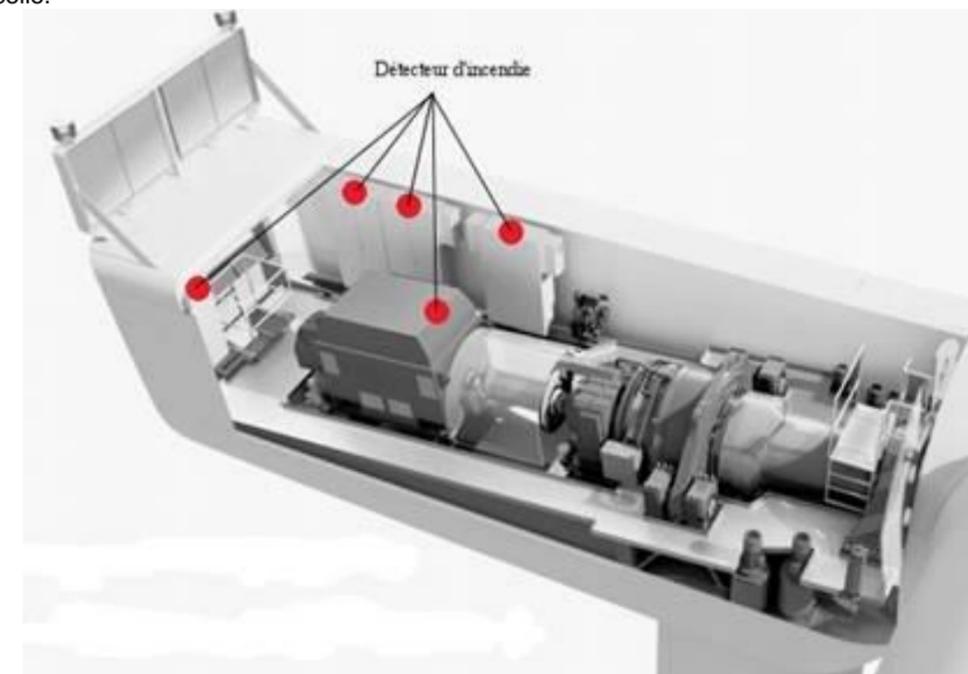


Figure 12 : Positionnement des détecteurs d'incendie dans la nacelle NORDEX N 131 (source : Nordex, 2013)

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

Procédure d'urgence en cas d'incendie

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

Gestion à distance du fonctionnement des éoliennes (SCADA)

L'exploitation des éoliennes ne fera pas l'objet d'une présence permanente sur site, mis à part lors des opérations de maintenance. Le fonctionnement du parc éolien des Portes du Nivernais est entièrement automatisé et contrôlé à distance depuis le centre de maintenance qui s'occupera du parc et depuis le centre de commande central situé à Rostock en Allemagne.

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

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

De plus, les éoliennes N131/3000 sont équipées d'un système de contrôle à distance des données. La supervision peut s'effectuer à distance depuis un PC équipé d'un navigateur Internet et d'une connexion ADSL ou RNIS. Le logiciel de supervision (SCADA – Supervising Control And Data Acquisition) utilisé est le Nordex Control 2.

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

Protection contre le risque foudre

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

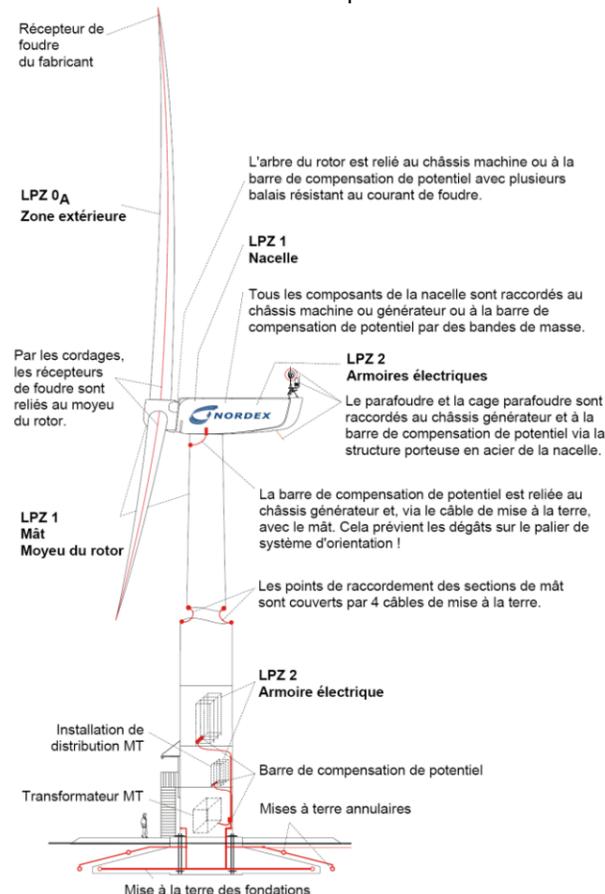


Figure 13 : Vue d'ensemble des dispositifs de protection parafoudre - NORDEX N 131 (source : Nordex, 2013)

Protection contre la survitesse

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

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

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

Protection contre la tempête

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

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

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

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 1 s.

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

Protection contre l'échauffement

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

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

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

La procédure de coupure sera lancée si la vitesse du vent est supérieure à la vitesse du vent de coupure, en valeur moyennée sur 10 min. Cependant, pour faire face aux rafales, l'éolienne lancera également la procédure de coupure si la vitesse du vent dépasse certains seuils prédéfinis dans le système de contrôle de l'éolienne en valeur moyennée sur 3s.

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

Protection contre la glace

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

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

Le système de protection se base sur :

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

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

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

Protection contre le risque électrique

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

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

Protection contre le risque de fuite de liquide dans la nacelle

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

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

Conception des éoliennes

Certification de la machine et système qualité

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

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

- **la norme IEC61400-1 / NF EN 61400-1 Juin 2006** intitulée « Exigence de conception », qui spécifie les exigences de conception essentielles pour assurer l'intégrité technique des éoliennes. Elle a pour objet de fournir un niveau de protection approprié contre les dommages causés par tous les risques pendant

la durée de vie prévue. Elle concerne tous les sous-systèmes des éoliennes tels que les mécanismes de commande et de protection, les systèmes électriques internes, les systèmes mécaniques et les structures de soutien ; La norme IEC 61400-1 spécifie les exigences de conception essentielles pour assurer l'intégrité technique des éoliennes ;

- **la norme IEC61400-22 / NF EN 61400-22 Avril 2011** intitulée « essais de conformité et certification » qui définit les règles et procédures d'un système de certification des éoliennes comprenant la certification de type et la certification des projets d'éoliennes installées sur terre ou en mer. Ce système spécifie les règles relatives aux procédures et à la gestion de mise en œuvre de l'évaluation de la conformité d'une éolienne et des parcs éoliens, avec les normes spécifiques et autres exigences techniques en matière de sécurité, de fiabilité, de performances, d'essais et d'interaction avec les réseaux électriques ;
- **la norme CEI/TS 61400-23:2001 Avril 2001** intitulée « essais en vraie grandeur des structures des pales » relative aux essais mécaniques et essais de fatigue.

D'autres normes de sécurité sont applicables :

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

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

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

La technologie Nordex

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

Tests extrêmes des logiciels et du matériel

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

Des pales de qualité garantie

La société Nordex veille particulièrement à respecter des standards de qualité élevés pour les matériaux utilisés dans la fabrication de pales, qui peuvent parfois atteindre des longueurs de 65 m. Des procédés de production automatisés et l'informatisation de toute la chaîne de production, bénéficiant des dernières méthodes de tests et de mesures, assurent un fonctionnement fiable de chaque pale.

Les plus hauts standards industriels

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

4.2.3. Opération de maintenance de l'installation

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

Personnel qualifié et formation continue

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

- Electriciquement, selon son niveau de connaissance ;
- Aux travaux en hauteur, port des EPI, évacuation et sauvetage ;
- Sauveteur secouriste du travail.

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

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

Planification de la maintenance

Préventive

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Curative

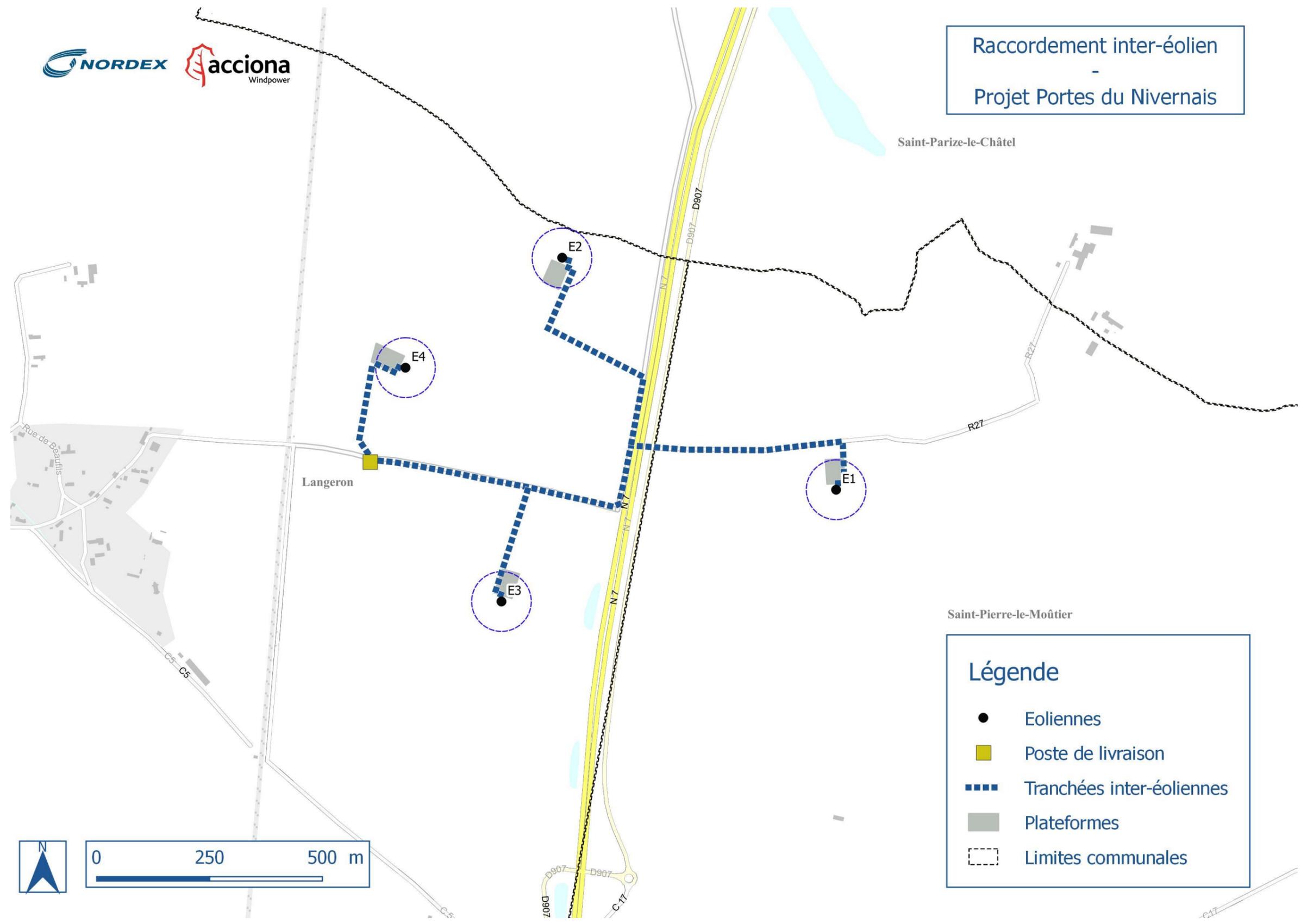
En cas de défaillance, les techniciens interviennent rapidement sur l'éolienne afin d'identifier l'origine de la défaillance et y palier.

4.2.4. Stockage et flux de produits dangereux

Conformément à l'article 16 de l'arrêté du 26 août 2011, aucun matériel inflammable ou combustible ne sera stocké dans les éoliennes du parc éolien des Portes du Nivernais.



Raccordement inter-éolien
-
Projet Portes du Nivernais



Saint-Pierre-le-Moûtier

Légende

- Eoliennes
- Poste de livraison
- Tranchées inter-éoliennes
- Plateformes
- - - Limites communales

Carte 13 : Réseaux électriques internes à l'installation (source : Nordex 2017)

4.3. Fonctionnement des réseaux 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 – Pièce jointe 3 du CERFA)

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.

Caractéristiques principales de l'ouvrage

Le câblage électrique du Parc comprend deux parties distinctes : le câblage inter éolienne (objet de la présente demande) et le câblage de raccordement du parc éolien au poste source le plus proche. La jonction entre les deux parties se fait au niveau du poste de livraison du parc éolien.

Réseau inter éolien

L'ensemble est réalisé en ligne 20 000 Volts en alternatif triphasé à une fréquence 50 Hz, enterré à une profondeur située entre 0,65 et 1.2 mètre (*Vue en coupe : figure 5*)

Sous accotement	0,65m
Sous chaussée	0,85 m
Terrain Agricole	1,20

Tableau 23 : profondeur du réseau

Un grillage avertisseur est placé à 30 cm des canalisations.

Les câbles seront de type C33226, l'âme du conducteur sera en aluminium. Le tableau ci-dessous résume les longueurs et les sections de câbles qui seront utilisées :

Désignation	Longueur (en mètres)
3 x 95 ²	2 521
3 x 150 ²	641
3 x 240 ²	307

Tableau 24 : longueur du réseau

Le transformateur électrique (permettant d'élever la tension de 660 Volts en sortie de la génératrice à 20 000 Volts dans le réseau) sera logé au sein de la tour de l'éolienne.

L'éolienne produit en 660 V en sortie de génératrice et dispose d'un transformateur élévateur de tension BT/MT (660 V/20 000 V) qui est logé au pied de la tour de l'éolienne. L'énergie électrique produite est alors dirigée vers le point de livraison qui est raccordé au réseau MT d'ERDF.

	Spécification Technique	Rev	Date	Auteur / Vérificateur	Commentaires
		0	14/03/11	CEL/FVA	Création
Tranchées pour le passage des câbles haute tension 20kV et de la fibre optique					

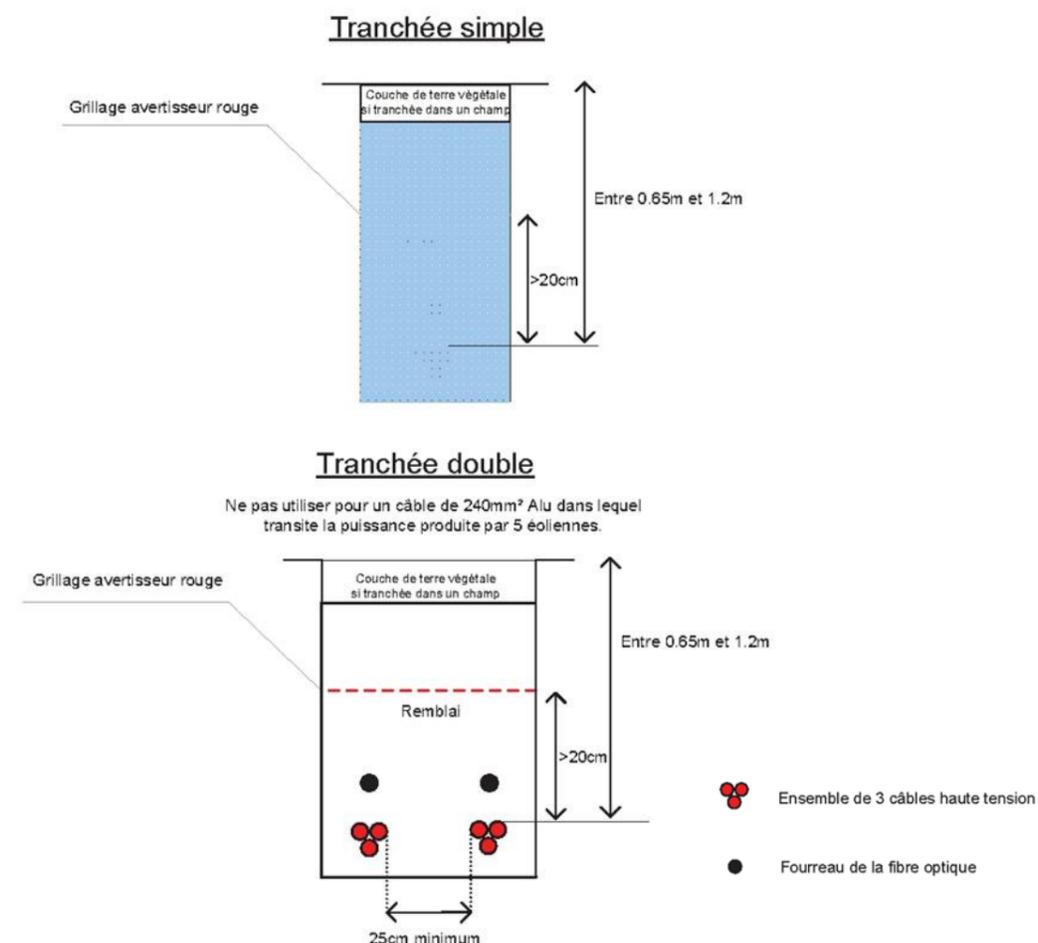


Figure 14 : coupes-types de tranchées

La tranchée doit être dimensionnée pour y placer :

- Un jeu de 3 câbles haute tension (HTA) permettant d'évacuer l'énergie produite par les éoliennes vers le poste de livraison. Ils peuvent être d'une section de 95mm², 150mm², 240mm² ou 300mm²
- Un fourreau pour le passage de la fibre optique (PEHD).

- Eventuellement un deuxième jeu de 3 câbles haute tension et un deuxième fourreau pour la fibre optique dans le cas d'un aller-retour de câbles sur un chemin d'accès par exemple.

Les 3 câbles haute tension doivent être de type C33-226 avec enterrabilité directe renforcée. Ils doivent être torsadés ensemble et recouverts d'un tissu géotextile permettant d'assurer une protection mécanique et un refroidissement du câble.

Pour être en accord avec la norme C13-200 et garantir un facteur de charge convenable, un câble de 240mm² Alu dans lequel transite la puissance produite par 5 éoliennes doit être seul dans sa tranchée et espacé d'au moins 1m de n'importe quel autre câble électrique. Une autre solution est d'utiliser une section de 300mm².

Poste de livraison

Le poste de livraison est compris dans un local préfabriqué de 8 m x 2,48 m, soit une emprise au sol de 19,84m², répondant aux spécifications du guide technique EDF B81, normes NF C13-100, C13-200 et C15-100, la fabrication est réalisée suivant un système qualité certifié AFAQ ISO9002.

Le poste de livraison est placé de manière à optimiser le raccordement au réseau électrique en direction du poste source. Il comprend : un compteur électrique, des cellules de protection, des sectionneurs, des filtres électriques. La tension limitée de cet équipement (20 000 Volts, ce qui correspond à la tension des lignes électriques sur pylônes EDF bétonnés standards des réseaux communs de distribution de l'énergie) n'entraîne pas de risque électromagnétique important. Son impact est donc globalement limité à son emprise au sol : perte de terrain, aspect esthétique.

Nature des sols

Le site d'étude est localisé en limite Sud du Bassin Parisien, présentant des roches (ou faciès) datant du Trias et du Jurassique inférieur mais également de l'Eocène, et repose essentiellement sur des dépôts détritiques et calcaires.

Les sols du plateau sont constitués essentiellement de marnes et d'argiles. Il s'agit de sols légèrement acides et hydromorphes sur lesquels se développent des prairies ou des pâtures composées de graminées et de légumineuses.

Le site d'implantation du projet n'intègre aucun périmètre de protection de captage. Le captage d'eau le plus proche est celui de Langeron, à 4,8 km au Sud-Ouest du site d'implantation.

Démarche préalables à la réalisation de l'ouvrage

Une première consultation des exploitants de réseaux a été effectuée. Avant la phase travaux, une consultation à travers le portail DICT sera réalisée.

Le pétitionnaire a obtenu les accords avec les propriétaires et exploitants concernés pour les passages en domaine privé. Des conventions de voiries seront, elles, conclues avec les différents gestionnaires de voiries avant la phase chantier.

Plans et schémas électriques de l'ouvrage

Voir carte ci-dessus et les pièces AU3, AU4 et AU5 du dossier.

Date prévisionnelle des travaux

La date prévisionnelle des travaux de construction des ouvrages de transport et de distribution de l'électricité est 2018.

4.3.2. Autres réseaux

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

5 IDENTIFICATION DES POTENTIELS DE DANGERS DE L'INSTALLATION

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

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

5.1. Potentiels de dangers liés 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 des Portes du Nivernais 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 le poste de livraison.

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

20 01 35	DEEE	Disjoncteurs, relais, condensateurs, sondes, prises de courant ...	60 kg / maintenance	Bacs	Oui	Recyclage
20 01 40	Ferraille	Visserie, ferrailles diverses ...	-	Bacs	Non	Recyclage
20 03 01	DIB	Equipements de Protection Individuelle usagés, déchets divers (alimentaires, poussières ...)	-	Container fermé	Non	Valorisation énergétique

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

Tableau 25 : Produits sortants de l'installation (source : Nordex – 2013)

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

Tableau 26 : Liste des autres produits susceptibles d'être mis en œuvre sur l'installation (source : Nordex, 2013)

5.2. Potentiels de dangers liés au fonctionnement de l'installation

Les dangers liés au fonctionnement du parc éolien des Portes du Nivernais en lui-même (hors dangers liés aux facteurs climatiques) sont de cinq types :

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

Ces dangers potentiels sont recensés dans le tableau suivant.

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

Tableau 27 : Potentiels de dangers liés au fonctionnement de l'installation (source : guide INERIS/SER/FEE, 2012)

5.3. Réduction des potentiels de dangers à la source

5.3.1. Principales actions préventives

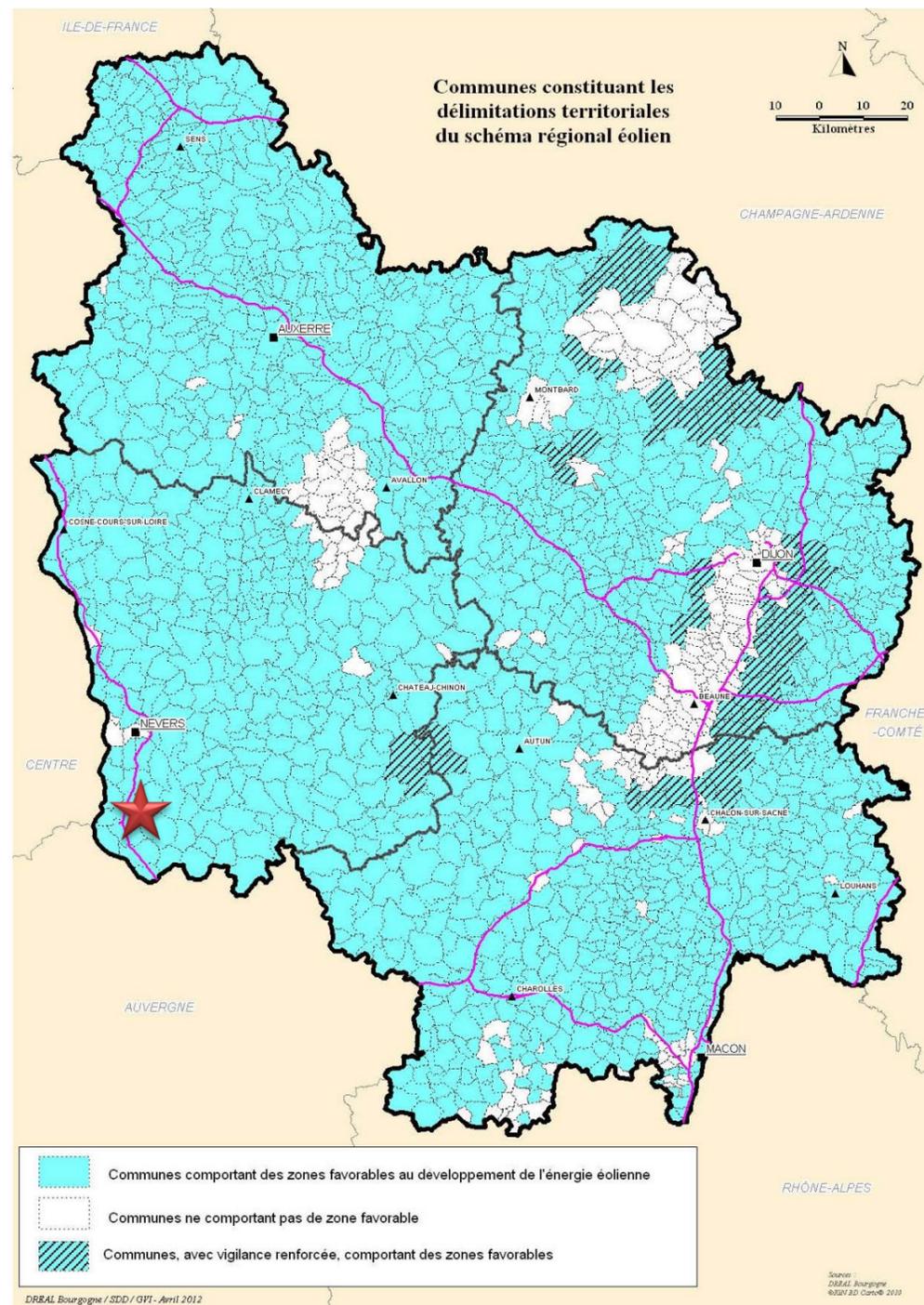
Cette partie explique les choix qui ont été effectués par le porteur de projet au cours de la conception du projet pour réduire les potentiels de danger identifiés et garantir une sécurité optimale de l'installation.

Grenelle de l'environnement : nouveau schéma éolien

Dans le cadre du Grenelle de l'Environnement fixé par les lois Grenelle, la région Bourgogne a élaboré son Schéma Régional Climat Air Energie (SRCAE), approuvé en date du 26 juin 2012. L'un des volets de ce schéma très général est constitué par un Schéma Régional Eolien (SRE), qui détermine quelles sont les zones favorables à l'accueil des parcs et quelles puissances pourront y être installées en vue de remplir l'objectif régional d'ici à 2020.

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

⇒ Le site envisagé pour l'implantation des éoliennes se situe sur les communes de Langeron et de Saint-Pierre-le-Moûtier, territoires intégrés à la liste des communes constituant les délimitations territoriales du SRE.



Carte 14 : Délimitation territoriale du Schéma Régional Eolien (source : SRE du SRCAE, 2012) / Légende : Etoile rouge – Localisation du site)

Etude itérative de limitation des impacts

Dans la limite du périmètre de la zone d'implantation (polygone au-delà de 500 m des premières habitations et intégrant d'autres contraintes techniques telles que les distances minimales aux routes etc.), un travail important d'itérations conduisant au choix de l'implantation a été engagé, faisant intervenir plusieurs spécialistes (ingénieur éolien, écologue et paysagiste, principalement).

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

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.

Quatre variantes d'implantation ont été réalisées et étudiées :

- Variante 1 : trois lignes comptant 8 machines, de type N117-R91 ;
- Variante 2 : deux lignes de 3 machines chacune, de type N117-R120 ;
- Variante 3 : deux lignes répartissant 4 machines à l'Ouest et 3 machines à l'Est, de type N117-R91 ;
- Variante 4 : 4 machines représentant un quadrilatère, dont 3 de type N131-R114 à l'Ouest et 1 de type N131-R99 à l'Est pour compenser la différence altimétrique du terrain de part et d'autre de la route nationale).

Pour sélectionner la variante d'implantation finale, les critères de choix suivants ont été pris : paysage, limitation du coût de raccordement, retombées locales, impacts écologiques, impacts acoustiques et respect des autres contraintes.

La variante 4 représente l'implantation la plus favorable :

- au maintien de la cohérence paysagère ;
- à l'évitement des zones sensibles aux chiroptères ;
- à l'éloignement des haies ;
- à la minimisation de la gêne sur les grands migrateurs ;
- à l'évitement des prairies de fauche ;
- aux performances acoustiques des machines ;
- à la maximisation du nombre d'agriculteurs et de propriétaires concernés ;
- à la maximisation de la production électrique ;
- à la limitation des coûts de raccordement ;
- à l'éloignement du patrimoine archéologique.

Pour ces raisons, c'est la quatrième variante d'implantation qui a été sélectionnée par le développeur sur les communes de Langeron et de Saint-Pierre-le-Moûtiers.

5.3.2. Utilisation des meilleures techniques disponibles

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

Pour l'essentiel, la directive IPPC 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 des Portes du Nivernais. Cet inventaire se base sur le retour d'expérience de la filière éolienne tel que présenté dans le guide technique de conduite de l'étude de dangers (mars 2012).

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

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

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

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

6.1.2. Bilan accidentologie matériel

Un total de 50 incidents a pu être recensé entre 2000 et 2014 (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, etc.) et les événements qui n'ont pas conduit à des effets sur les zones autour des aérogénérateurs. L'identification des causes est nécessairement réductrice. Dans ce graphique sont présentés :

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

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

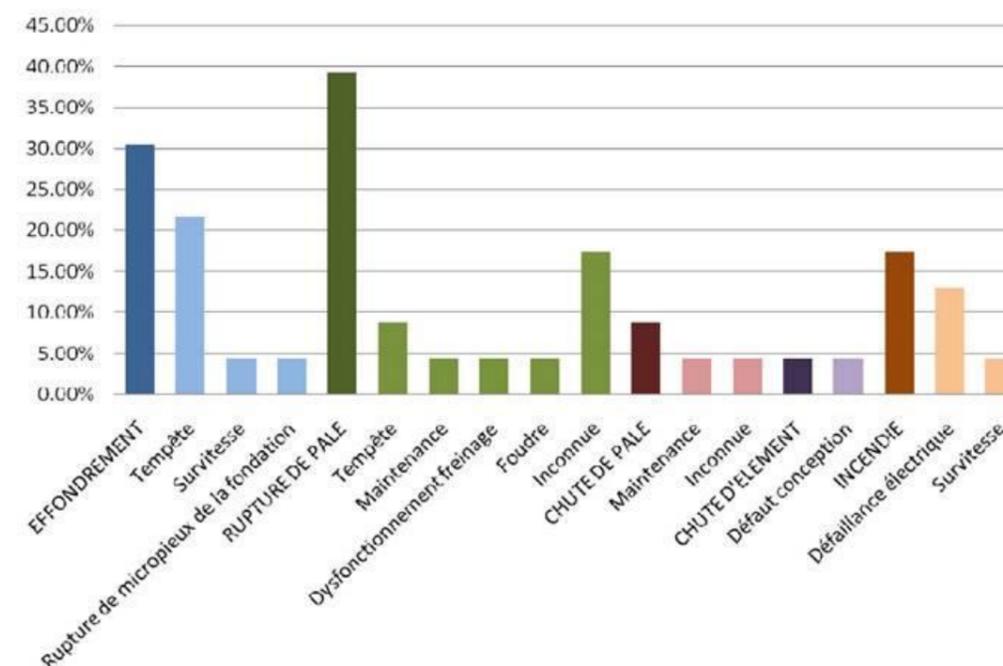


Figure 15 : Répartition des événements accidentels et de leurs causes premières sur le parc éolien français entre 2000 et 2011 (source : SER/FEE/INERIS, 2011)

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

19/09/2010	Rochefort-en-Valdaine (Drôme)	Emballement de deux éoliennes et incendie des nacelles lors d'une tempête et relatif à un dysfonctionnement du système de freinage.
15/12/2010	Pouillé-les-Côteaux (Loire-Atlantique)	Chute de 3 m d'un technicien de maintenance. Aucune blessure grave.
31/05/2011	Mesvres (Saône-et-Loire)	Collision entre train régional et un convoi exceptionnel transportant une pale d'éolienne. Aucun blessé.
14/12/2011	Non communiqué	Rupture de pale liée à la foudre.
03/01/2012	Non communiqué	Acte de vandalisme : départ de feu au pied de tour.
05/01/2012	Widehem (Pas-de-Calais)	Bris de pales – Projection à 380 m
06/02/2012	Lehaucourt (Aisne)	Opération de maintenance dans la nacelle - un arc électrique (690V) blesse deux sous-traitants (brûlure sérieuse au visage et aux mains)
18/05/2012	Fresnay l'Evêque (Eure)	Chute d'une pale au pied d'une éolienne et rupture du roulement qui raccordait la pale au hub.
30/05/2012	Port-la-Nouvelle (Aude)	Chute d'une éolienne liées 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.
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
24/08/2015	Santilly (Eure-et-Loir)	Incendie d'une éolienne
11/2015	Mesnil-la-Horgne (Meuse)	Chute du rotor

Tableau 28 : Liste des incidents intervenus en France (source : aria.developpement-durable.gouv.fr, décembre 2013)

6.1.3. Bilan accidentologie humain

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

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

Année	Nbr. Individu	Blessure	Cause
2002	1	Électrocution et Brûlure	Contact avec le transformateur
2009	2	Brûlure	Explosion du convertisseur
2010	1	Décès	Crise cardiaque
2010	1	Blessure légère	Chute de 3 m dans la nacelle
2011	1	Décès	Écrasement lors du levage d'éléments d'éolienne
2012	2	Brûlure	Arc électrique
2013	1	Fracture du nez et atteinte des voies respiratoires	Projection d'un embout d'alimentation du réservoir d'azote sous pression et jet de gaz au visage

Tableau 29 : 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 à l'international

Un inventaire des incidents et accidents à l'international a également été réalisé. Il est également basé 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.

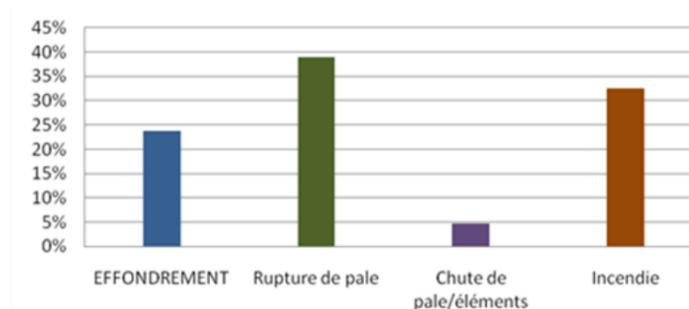
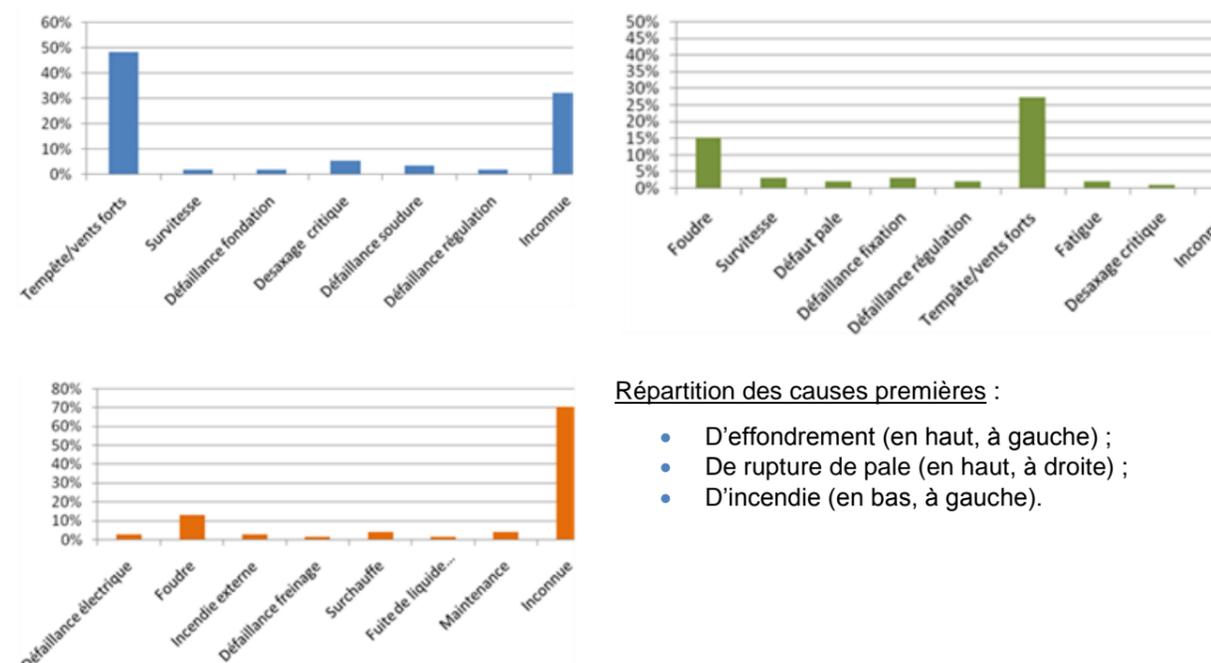


Tableau 18 : Répartition des événements accidentels dans le monde entre 2000 et 2011 (source : SER/FEE/INERIS, 2012)



Répartition des causes premières :

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

Tableau 19 : Répartition des causes premières d'accident pour le parc éolien mondial (source : SER/FEE/INERIS, 2012)

6.3. Inventaire des accidents et incidents survenus sur les sites de l'exploitant

A la date de rédaction de la présente étude, aucun accident majeur n'est survenu sur les sites exploités par la société « Parc Éolien Nordex LV SAS » (source : Nordex, 2015).

6.4. Synthèse des phénomènes dangereux redoutés issus du retour d'expérience

6.4.1. Analyse de l'évolution des accidents en France

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

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

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

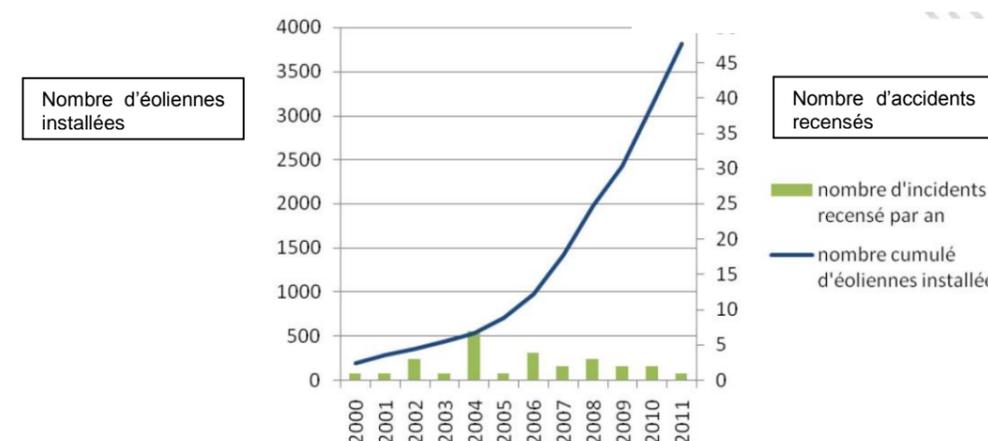


Figure 16 : Évolution du nombre d'incidents annuels en France et nombre d'éoliennes installées (source : INERIS/SER/FEE, 2012)

6.4.2. Analyse des typologies d'accidents les plus fréquents

Comme le montre l'arbre de défaillance présenté dans la partie 6-2, 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.

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

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

6.5. Limites d'utilisation de l'accidentologie

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

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

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

7 ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES

7.1. Objectif de l'analyse préliminaire des risques

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

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

7.2. Recensement des événements exclus de l'analyse des risques

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

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

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

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

7.3. Recensement des agressions externes potentielles

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

Traditionnellement, deux types d'agressions externes sont identifiés :

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

7.3.1. Agression externe liées aux activités humaines

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

Remarque : Aucun aérodrome n'est présent dans un rayon de 2 km. Aucune ligne électrique Très Haute Tension (THT) aérienne n'est présente à moins de 200 m des éoliennes projetées. Aucun parc éolien n'est présent à moins de 200 m des éoliennes projetées.

Infrastructure	Fonction	Événement redouté	Danger potentiel	Péri-mètre	Distance par rapport au mât des éoliennes (en m)			
					E1	E2	E3	E4
Voies de circulation	Transport	Accident entraînant la sortie de voie d'un ou plusieurs véhicules	Energie cinétique des véhicules et flux thermiques	200 m	90 m de Vc1	200 m de Cr2	170 m de Vc1, 175 m de Cr2	180 m de Cr1

Tableau 30 : Liste des agressions externes liées aux activités humaines – Vc : Voie communale, Cr : Chemin rural (source : INERIS/SER/FEE, 2012)

7.3.2. Agression externe liées aux phénomènes naturels

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

Agression externe	Intensité
Tempête	<ul style="list-style-type: none"> Risque identifié par le DDRM du 58, en raison du phénomène de 1999 ;
Foudre	<ul style="list-style-type: none"> <u>Densité de foudroiement</u> : 20 contre 20 en moyenne nationale Respect de la norme IEC 61 400-24 (Juin 2010) et EN 62 305 – 3 (Décembre 2006)
Mouvement de terrain	<ul style="list-style-type: none"> Aléa faible de retrait et gonflement des argiles ; <u>Cavité</u> : Présence de 4 cavités sur la commune de Saint-Pierre-le-Moûtier non considéré comme risques majeur d'après le DDRM du 58.
Coulée de boue	<ul style="list-style-type: none"> Risque identifié par le DDRM du 58

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

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

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

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

7.4. Scénarios étudiés dans l'analyse préliminaire des risques

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

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

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

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

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

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

N°	Evénement initiateur	Evénement intermédiaire	Evénement 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 de la formation de glace sur les pales (N°1)	Impact de glace sur les enjeux	2
I01	Humidité / Gel	Court-circuit	Incendie de tout ou partie de l'éolienne	Prévenir les courts-circuits (N°5)	Chute/projection d'éléments enflammés Propagation de l'incendie	2

N°	Evénement initiateur	Evénement intermédiaire	Evénement redouté central	Fonction de sécurité (intitulé générique)	Phénomène dangereux	Qualification de la zone d'effet
I02	Dysfonctionnement électrique	Court-circuit	Incendie de tout ou partie de l'éolienne	Prévenir les courts-circuits (N°5)	Chute/projection d'éléments enflammés Propagation de l'incendie	2
I03	Survitesse	Echauffement des parties mécaniques et inflammation	Incendie de tout ou partie de l'éolienne	Prévenir l'échauffement significatif des pièces mécaniques (N°3) Prévenir la survitesse (N°4)	Chute/projection d'éléments enflammés Propagation de l'incendie	2
I04	Désaxage de la génératrice / Pièce défectueuse / Défaut de lubrification	Echauffement des parties mécaniques et inflammation	Incendie de tout ou partie de l'éolienne	Prévenir l'échauffement significatif des pièces mécaniques (N°3)	Chute/projection d'éléments enflammés Propagation de l'incendie	2
I05	Conditions climatiques humides	Surtension	Court-circuit	Prévenir les courts-circuits (N°5) Protection et intervention incendie (N°7)	Incendie poste de livraison (flux thermiques + fumées toxiques SF6) Propagation de l'incendie	2
I06	Rongeur	Surtension	Court-circuit	Prévenir les courts-circuits (N°5) Protection et intervention incendie (N°7)	Incendie poste de livraison (flux thermiques + fumées toxiques SF6) Propagation de l'incendie	2
I07	Défaut d'étanchéité	Perte de confinement	Fuites d'huile isolante	Prévention et rétention des fuites (N°8)	Incendie au poste de transformation Propagation de l'incendie	2
F01	Fuite système de lubrification Fuite convertisseur Fuite transformateur	Ecoulement hors de la nacelle et le long du mât, puis sur le sol avec infiltration	Infiltration d'huile dans le sol	Prévention et rétention des fuites (N°8)	Pollution environnement	1
F02	Renversement de fluides lors des opérations de maintenance	Ecoulement	Infiltration d'huile dans le sol	Prévention et rétention des fuites (N°8)	Pollution environnement	1
C01	Défaut de fixation	Chute de trappe	Chute d'élément de l'éolienne	Prévenir les erreurs de maintenance (N°10)	Impact sur cible	1
C02	Défaillance fixation anémomètre	Chute anémomètre	Chute d'élément de l'éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction –	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
				exploitation) (N°9)		
C03	Défaut fixation nacelle – pivot central – mât	Chute nacelle	Chute d'élément de l'éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N°9)	Impact sur cible	1
P01	Survitesse	Contraintes trop importante sur les pales	Projection de tout ou partie de la pale	Prévenir la survitesse (N°4)	Impact sur cible	2
P02	Fatigue Corrosion	Chute de fragment de pale	Projection de tout ou partie de la pale	Prévenir la dégradation de l'état des équipements (N°12)	Impact sur cible	2
P03	Serrage inapproprié Erreur maintenance – desserrage	Chute de fragment de pale	Projection de tout ou partie de la pale	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N°9)	Impact sur cible	2
E01	Effets dominos autres installations	Agression externe et fragilisation structure	Effondrement éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N°9)	Projection/chute fragments et chute mât	2
E02	Glissement de sol	Agression externe et fragilisation structure	Effondrement éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N°9)	Projection/chute fragments et chute mât	2
E03	Crash d'aéronef	Agression externe et fragilisation structure	Effondrement éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N°9)	Projection/chute fragments et chute mât	2

N°	Evénement initiateur	Evénement intermédiaire	Evénement redouté central	Fonction de sécurité (intitulé générique)	Phénomène dangereux	Qualification de la zone d'effet
E04	Effondrement engin de levage travaux	Agression externe et fragilisation structure	Effondrement éolienne	Actions de prévention mises en œuvre dans le cadre du plan de prévention (N°13)	Chute fragments et chute mât	2
E05	Vents forts	Défaillance fondation	Effondrement éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N°9) Prévenir les risques de dégradation de l'éolienne en cas de vent fort (N°11)	Projection/chute fragments et chute mât	2
E06	Fatigue	Défaillance mât	Effondrement éolienne	Prévenir la dégradation de l'état des équipements (N°12)	Projection/chute fragments et chute mât	2
E07	Désaxage critique du rotor	Impact pale – mât	Effondrement éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N°9) Prévenir les erreurs de maintenance (N°10)	Projection/chute fragments et chute mât	2

Tableau 32 : Analyse générique des risques (source : INERIS/SER/FEE, 2012)

Ce tableau présentant le résultat d'une analyse de risque est considéré comme représentatif des scénarios d'accident pouvant potentiellement se produire sur les éoliennes.

Des précisions sur les différents scénarios décrits dans ce tableau sont disponibles en Annexe 1 de la présente étude.

7.5. Effets dominos sur les ICPE

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

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

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

On ne considère l'évaluation de la probabilité d'impact d'un élément de l'aérogénérateur sur une autre installation ICPE que lorsque celle-ci se situe dans un rayon de 100 m (source : INERIS/SER/FEE, Mai 2012). Or, sur la zone d'étude, aucune éolienne du parc éolien des Portes du Nivernais ne se trouve à moins de 100 m d'une éolienne d'un parc en service ou en cours d'autorisation ayant reçu l'avis de l'autorité environnementale, ou autre ICPE.

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

⇒ Aucun effet domino n'est donc à prévoir.

7.6. Mise en place des mesures de sécurité

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

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

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

tous les cas, les tests effectués sur les mesures de maîtrise des risques seront tenus à la disposition de l'inspection des installations classées pendant l'exploitation de l'installation.

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

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

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

Fonction de sécurité	Prévenir la mise en mouvement de l'éolienne lors de la formation de glace	N° de la fonction de sécurité	1
Mesures de sécurité	Système de détection ou de déduction de la formation de glace sur les pales de l'aérogénérateur. Procédure adéquate de redémarrage.		
Description	Système de détection redondant du givre permettant, en cas de détection de glace, une mise à l'arrêt rapide de l'aérogénérateur. Le redémarrage peut ensuite se faire soit automatiquement après disparition des conditions de givre, soit manuellement après inspection visuelle sur site.		
Indépendance	Non. Les systèmes traditionnels s'appuient généralement sur des fonctions et des appareils propres à l'exploitation du parc. En cas de danger particulièrement élevé sur site (survol d'une zone fréquentée sur site soumis à des conditions de gel importantes), des systèmes additionnels peuvent être envisagés.		
Temps de réponse	Immédiat (L'alarme est déclenchée dès que le capteur est gelé ou détecte de la neige.)		
Efficacité	100 %		
Tests	Tests menés par le concepteur au moment de la construction de l'éolienne		
Maintenance	Vérification des capteurs du système de détection de givre lors des maintenances préventives annuelles.		

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

Fonction de sécurité	Prévenir l'échauffement significatif des pièces mécaniques	N° de la fonction de sécurité	3
Mesures de sécurité	Capteurs de température des pièces mécaniques Définition de seuils critiques de température pour chaque type de composant avec alarmes Mise à l'arrêt ou bridage jusqu'à refroidissement Systèmes de refroidissement indépendants pour le multiplicateur et la génératrice		
Description	/		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	NA		
Efficacité	100 %		
Tests	A préciser si possible		
Maintenance	Maintenance préventive semestrielle de la génératrice et de son système de refroidissement, ainsi que du multiplicateur (y compris le système de refroidissement de l'huile du multiplicateur). Maintenance de remplacement en cas de dysfonctionnement de l'équipement.		

Fonction de sécurité	Prévenir la survitesse	N° de la fonction de sécurité	4
Mesures de sécurité	Détection de survitesse et système de freinage. Eléments du système de protection contre la survitesse conformes aux normes IEC 61508 (SIL 2) et EN 954-1		
Description	Systèmes de coupure s'enclenchant en cas de dépassement des seuils de vitesse prédéfinis, indépendamment du système de contrôle commande. NB : Le système de freinage est constitué d'un frein aérodynamique principal (mise en drapeau des pales) et / ou d'un frein mécanique auxiliaire.		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	15 à 60s (arrêt de l'éolienne selon le programme de freinage adapté) L'exploitant ou l'opérateur désigné sera en mesure de transmettre l'alerte aux services d'urgence compétents dans un délai de 15 minutes suivant l'entrée en fonctionnement anormal de l'aérogénérateur conformément aux dispositions de l'arrêté du 26 août 2011.		
Efficacité	100 %		
Tests	Test d'arrêt simple, d'arrêt d'urgence et de la procédure d'arrêt en cas de survitesse avant la mise en service des aérogénérateurs conformément à l'article 15 de l'arrêté du 26 août 2011.		
Maintenance	Maintenance préventive annuelle de l'éolienne avec notamment contrôle de l'usure du frein et de pression du circuit de freinage d'urgence. Maintenance de remplacement en cas de dysfonctionnement de l'équipement.		

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

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

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

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

Fonction de sécurité	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation)	N° de la fonction de sécurité	9
Mesures de sécurité	Surveillance des vibrations Contrôles réguliers des fondations et des différentes pièces d'assemblages (ex : brides ; joints, etc.) Procédures qualités Attestation du contrôle technique (procédure permis de construire)		
Description	La norme IEC 61 400-1 « Exigence pour la conception des aérogénérateurs » fixe les prescriptions propres à fournir « un niveau approprié de protection contre les dommages résultant de tout risque durant la durée de vie » de l'éolienne. Ainsi la nacelle, le nez, les fondations et la tour répondent au standard IEC 61 400-1. Les pales respectent le standard IEC 61 400-1 ; 12 ; 23. Les éoliennes sont équipées de capteurs de vibration, qui entraînent l'arrêt en cas de dépassement des seuils définis. Les éoliennes sont protégées contre la corrosion due à l'humidité de l'air, selon la norme ISO 9223 (peinture et revêtement anti-corrosion).		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	15 à 60s pour les capteurs de vibration (arrêt de l'éolienne selon le programme de freinage adapté)		
Efficacité	100 %		
Tests	Déclenchement manuel des capteurs de vibration et vérification de la réponse du système		
Maintenance	Les couples de serrage (brides sur les diverses sections de la tour, bride de raccordement des pales au moyeu, bride de raccordement du moyeu à l'arbre lent, éléments du châssis, éléments du pitch system, couronne du Yam Gear, boulons de fixation de la nacelle...) sont vérifiés au bout de 3 mois de fonctionnement puis tous les 3 ans, conformément à l'article 18 de l'arrêté du 26 août 2011. Inspection visuelle du mât et, si besoin, nettoyage lors des maintenances préventives annuelles.		

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

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

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

Tableau 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 préliminaire 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 et impose le respect des normes NFC 15-100, NFC 13-100 et NFC 13-200)
Chute et projection de glace dans les cas particuliers où les températures hivernales ne sont pas inférieures à 0°C	Lorsqu'un aérogénérateur est implanté sur un site où les températures hivernales ne sont pas inférieures à 0°C, il peut être considéré que le risque de chute ou de projection de glace est nul. Des éléments de preuves doivent être apportés pour identifier les implantations où de telles conditions climatiques sont applicables. Dans le cas du projet des portes de Nivernais, le scénario « Chute et projection de glace » n'est pas exclu puisque le territoire est concerné par des températures inférieures à 0°C.
Infiltration d'huile dans le sol	En cas d'infiltration d'huiles dans le sol, les volumes de substances libérées dans le sol restent mineurs. Ce scénario peut ne pas être détaillé dans le chapitre de l'étude détaillée des risques sauf en cas d'implantation dans un périmètre de protection 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 ETUDES DETAILLEES DES RISQUES

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

8.1. Rappel des définitions

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

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

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

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

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

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

8.1.1. Cinétique

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

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

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

8.1.2. Intensité

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

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

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

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

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

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

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

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

Tableau 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 Événement similaire déjà rencontré dans le secteur d'activité ou dans ce type d'organisation au niveau mondial, sans que les éventuelles corrections intervenues depuis apportent une garantie de réduction significative de sa probabilité.	$10^{-4} < P \leq 10^{-3}$
D	Rare S'est déjà produit mais a fait l'objet de mesures correctives réduisant significativement la probabilité.	$10^{-5} < P \leq 10^{-4}$
E	Extrêmement rare Possible mais non rencontré au niveau mondial. N'est pas impossible au vu des connaissances actuelles.	$\leq 10^{-5}$

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 :

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

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

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

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

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

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

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

8.1.5. Matrice de criticité

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

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

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

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

Légende de la matrice :

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

Tableau 38 : Matrice de criticité de l'installation (source : INERIS/SER/FEE, 2012)

8.2. Détermination des paramètres pour l'étude détaillée des risques

8.2.1. Effondrement de l'éolienne

Zone d'effet

La zone d'effet de l'effondrement d'une éolienne correspond à une surface circulaire de rayon égal à la hauteur totale de l'éolienne en bout de pale, soit 164,5 m pour l'éolienne E1 et 179,5 m pour les éoliennes E2, E3 et E4 du parc éolien des Portes du Nivernais.

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

Intensité

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

Le tableau ci-dessous permet d'évaluer l'intensité du phénomène d'effondrement de l'éolienne (cf. 3-4) du parc éolien des Portes du Nivernais. R correspond à la longueur d'un demi-rotor (R= 65,5 m), H la hauteur du mât (H= 96,9 m E1) et 111,9m (E2, E3 et E4), L la largeur du mât (L= 4,3 m) et LB la largeur de la base de la pale (LB= 2,9 m).

Effondrement de l'éolienne (dans un rayon inférieur ou égal à la hauteur totale de l'éolienne en bout de pale)			
Zone d'impact en m ²	Zone d'effet du phénomène étudié en m ²	Degré d'exposition du phénomène étudié en %	Intensité
$Z_i = (H \times L) + (3 \times R \times LB/2)$	$Z_E = \pi \times (H+R)^2$	$d = (Z_i/Z_E)$	
702	82 856	0,8 (<1%)	Exposition modérée

Tableau 39 : Evaluation de l'intensité dans le scénario de l'effondrement de l'éolienne E1

Effondrement de l'éolienne (dans un rayon inférieur ou égal à la hauteur totale de l'éolienne en bout de pale)			
Zone d'impact en m ²	Zone d'effet du phénomène étudié en m ²	Degré d'exposition du phénomène étudié en %	Intensité
$Z_i = (H \times L) + (3 \times R \times LB/2)$	$Z_E = \pi \times (H+R)^2$	$d = (Z_i/Z_E)$	
766	98 868	0,8 (<1%)	Exposition modérée

Tableau 40 : Evaluation de l'intensité dans le scénario de l'effondrement des éoliennes E2, E3 et E4

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

¹ Une année d'expérience correspond à une éolienne observée pendant une année. Ainsi, si on a observé une éolienne pendant 5 ans et une autre pendant 7 ans, on aura au total 12 années d'expérience.

Gravité

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

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

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

Effondrement de l'éolienne (dans un rayon inférieur ou égal à la hauteur totale de l'éolienne en bout de pale)		
Eolienne	Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)	Gravité
E1	0,08	Modérée
E2	0,1	Modérée
E3	0,1	Modérée
E4	0,1	Modérée

Tableau 41 : Evaluation de la gravité dans le scénario de l'effondrement de l'éolienne

Remarque : le calcul du nombre de personnes permanentes est défini dans le chapitre 3-4. Le nombre de personnes exposées correspond à l'enjeu humain relatif aux terrains non bâtis.

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

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

Le retour d'expérience français montre également une classe de probabilité « C ». En effet, il a été recensé seulement 7 événements pour 15 667 années d'expérience¹, soit une probabilité de $4,47 \times 10^{-4}$ par éolienne et par an.

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

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

Néanmoins, les dispositions constructives des éoliennes ayant fortement évolué, **le niveau de fiabilité est aujourd'hui bien meilleur**. Des mesures de maîtrise des risques supplémentaires ont été mises en place sur les machines récentes et permettent de réduire significativement la probabilité d'effondrement. Ces mesures de 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 des Portes du Nivernais, la gravité associée et le niveau de risque (acceptable/inacceptable) :

Effondrement de l'éolienne (dans un rayon inférieur ou égal à la hauteur totale de l'éolienne en bout de pale)		
Eolienne	Gravité	Niveau de risque
E1	Sérieuse	Acceptable
E2	Sérieuse	Acceptable
E3	Sérieuse	Acceptable
E4	Sérieuse	Acceptable

Tableau 43 : Détermination de l'acceptabilité du risque du scénario « effondrement de l'éolienne »

⇒ Ainsi, pour le parc éolien des Portes du Nivernais, le phénomène d'effondrement des éoliennes constitue un risque acceptable pour les personnes.

8.2.2. Chute de glace

Considérations générales

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

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

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

Zone d'effet

Le risque de chute de glace est cantonné à la zone de survol des pales, soit un disque de rayon égal à un demi-diamètre de rotor autour du mât de l'éolienne. Pour le parc éolien des Portes du Nivernais, la zone d'effet a donc un rayon de 65,5 mètres. Cependant, il convient de noter que, lorsque l'éolienne est à l'arrêt, les pales n'occupent qu'une faible partie de cette zone.

Intensité

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

Le tableau ci-dessous permet d'évaluer l'intensité du phénomène de chute de glace dans le cas du parc éolien des Portes du Nivernais. Z_I est la zone d'impact, Z_E est la zone d'effet, R correspond à la longueur d'un demi-rotor ($R=65,5$ m), SG est la surface du morceau de glace majorant ($SG=1$ m²).

Chute de glace (dans un rayon inférieur ou égal à $1/D =$ zone de survol)			
Zone d'impact en m ²	Zone d'effet du phénomène étudié en m ²	Degré d'exposition du phénomène étudié en %	Intensité
$Z_I = SG$	$Z_E = \pi \times R^2$	$d = (Z_I/Z_E)$	
1	13 478	0,01 (<1 %)	Exposition modérée

Tableau 44 : Evaluation de l'intensité dans le scénario de chute de glace

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

Gravité

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

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

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

Chute de glace (dans un rayon inférieur ou égal à 1/D = zone de survol)		
Eolienne	Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)	Gravité
E1	0,01	Modérée
E2	0,01	Modérée
E3	0,01	Modérée
E4	0,01	Modérée

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

Remarque : le calcul du nombre de personnes permanentes est défini dans le chapitre 3-4. Le nombre de personnes exposées correspond à l'enjeu humain relatif aux terrains non bâtis.

Probabilité

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

Acceptabilité

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

Chute de glace (dans un rayon inférieur ou égal à 1/D = zone de survol)		
Eolienne	Gravité	Niveau de risque
E1	Modérée	Acceptable
E2	Modérée	Acceptable
E3	Modérée	Acceptable
E4	Modérée	Acceptable

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

⇒ Ainsi, pour le parc éolien des Portes du Nivernais, le phénomène de chute de glace des éoliennes constitue un risque acceptable pour les personnes.

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.

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 (65,5 m).

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 des Portes du Nivernais, d est le degré d'exposition, Z_I la zone d'impact, Z_E la zone d'effet, R correspond à la longueur d'un demi-rotor ($R=65,5$ m) et LB la largeur de la base de la pale ($LB=2,9$ m).

Chute d'éléments de l'éolienne (dans un rayon inférieur ou égal à 1/D = zone de survol)			
Zone d'impact en m ²	Zone d'effet du phénomène étudié en m ²	Degré d'exposition du phénomène étudié en %	Intensité
$Z_I = R \times LB/2$	$Z_E = \pi \times R^2$	$d = (Z_I/Z_E)$	
95	13 478	0,7 (< 1%)	Exposition modérée

Tableau 47 : Evaluation de l'intensité dans le scénario de chute de glace

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

Gravité

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

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

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

Chute d'éléments de l'éolienne (dans un rayon inférieur ou égal à 1/D = zone de survol)		
Eolienne	Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)	Gravité
E1	0,01	Modérée
E2	0,01	Modérée
E3	0,01	Modérée
E4	0,01	Modérée

Tableau 48 : Evaluation de la gravité dans le scénario « chute d'éléments de l'éolienne »

Remarque : le calcul du nombre de personnes permanentes est défini dans le chapitre 3-4. Le nombre de personnes exposées correspond à l'enjeu humain relatif aux terrains non bâtis.

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 des Portes du Nivernais, la gravité associée et le niveau de risque (acceptable/inacceptable).

Chute d'éléments de l'éolienne (dans un rayon inférieur ou égal à 1/D = zone de survol = 63m)		
Eolienne	Gravité	Niveau de risque
E1	Modérée	Acceptable
E2	Modérée	Acceptable
E3	Modérée	Acceptable
E4	Modérée	Acceptable

Tableau 49 : Détermination de l'acceptabilité du risque du scénario « chute d'éléments de l'éolienne »

⇒ Ainsi, pour le parc éolien des Portes du Nivernais, 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. On constate que les autres données disponibles dans cette accidentologie montrent des distances d'effet inférieures.

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

Pour autant, des études de risques déjà réalisées dans le monde ont utilisé une distance de 500 mètres, en particulier les études présentées aux points 5 et 6 au chapitre 10.5 (bibliographie).

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

Intensité

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

Le tableau ci-dessous permet d'évaluer l'intensité du phénomène de projection de pale ou de fragment de pale dans le cas du parc éolien des Portes du Nivernais. d est le degré d'exposition, Z_I la zone d'impact, Z_E la zone d'effet, R correspond à la longueur d'un demi-rotor ($R=65,5$ m) et LB la largeur de la base de la pale ($LB=2,9$ m).

Projection de pale ou de fragment de pale Zone de 500 m autour de chaque éolienne			
Zone d'impact en m ²	Zone d'effet du phénomène étudié en m ²	Degré d'exposition du phénomène étudié en %	Intensité
$Z_I = R \times LB/2$	$Z_E = \pi \times R_E^2$	$d = (Z_I/Z_E)$	
95	785 398	0,012 (<1%)	Exposition modérée

Tableau 50 : Evaluation de l'intensité dans le scénario « projection de pale ou de fragment de pale »

Remarque : R_E correspond au rayon de la zone d'effet, soit 500 m. Il n'est pas à confondre avec le R du rayon de la pale.

Gravité

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

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

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

Projection de pale ou de fragment de pale Zone de 500 m autour de chaque éolienne				
Eolienne	Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)			Gravité
	Terrain non bâti	Route N7	Voie ferrée	
E1	0,79	32,2		Important
E2	0,79	46,1		Important
E3	0,79	47,8	1,1	Important
E4	0,79		9,7	Sérieux

Tableau 51 : 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 assesment for a wind farm project	1×10^{-6}	Respect de l'Eurocode EN 1990-Basis of structural design
Guide for risk based zoning of wind turbine	$1,1 \times 10^{-3}$	Retour d'expérience au Danemark (1984-1992) et en Allemagne (1989-2001)
Specification of minimum distances	$6,1 \times 10^{-4}$	Recherche Internet des Accidents entre 1996 et 2003

Tableau 52 : Fréquence de rupture de tout ou partie de pale dans la littérature (source : INERIS/SER/FEE, 2012)

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

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

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

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

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

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

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

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

Acceptabilité

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

Projection de pale ou de fragment de pale Zone de 500 m autour de chaque éolienne		
Eolienne	Gravité	Niveau de risque
E1	Important	Acceptable
E2	Important	Acceptable
E3	Important	Acceptable
E4	Modéré	Acceptable

Tableau 53 : Détermination de l'acceptabilité du risque du scénario « projection de pale ou de fragment de pale »

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

8.2.5. Projection de glace

Zone d'effet

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

En ce qui concerne la distance maximale atteinte par ce type de projectiles, il n'existe pas d'information dans l'accidentologie. La référence n°15 du chapitre 10.5 propose une distance d'effet fonction de la hauteur et du diamètre de l'éolienne, dans les cas où le nombre de jours de glace est important et où l'éolienne n'est pas équipée de système d'arrêt des éoliennes en cas de givre ou de glace :

Distance d'effet = 1,5 x (hauteur de moyeu + diamètre de rotor) soit 345 m pour l'éolienne E1, et 367,5 m pour les éoliennes (E2, E3 et E4).

Cette distance de projection est jugée conservatrice dans des études postérieures (voir référence 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.

Le tableau ci-dessous permet d'évaluer l'intensité du phénomène de projection de glace dans le cas du parc éolien des Portes du Nivernais. d est le degré d'exposition, ZI la zone d'impact, ZE la zone d'effet, R correspond à la longueur d'un demi-rotor (R= 65,5 m), H la hauteur au moyeu (H= 99 m pour E1 et 114 m pour E2, E3 et E4), et SG la surface majorante d'un morceau de glace.

Projection de morceaux de glace			
Dans un rayon RPG = 1,5 x (H+2R) autour de l'éolienne			
Zone d'impact en m ²	Zone d'effet du phénomène étudié en m ²	Degré d'exposition du phénomène étudié en %	Intensité
$Z_I = SG$	$Z_E = \pi \times (1,5 \times (H + 2 \times R))^2$	$d = (Z_I/Z_E)$	
1	160 952	0,0006 (<1%)	Exposition modérée

Tableau 54 : Evaluation de l'intensité dans le scénario « projection de glace » pour l'éolienne E1

Projection de morceaux de glace			
Dans un rayon RPG = 1,5 x (H+2R) autour de l'éolienne			
Zone d'impact en m ²	Zone d'effet du phénomène étudié en m ²	Degré d'exposition du phénomène étudié en %	Intensité
$Z_I = SG$	$Z_E = \pi \times (1,5 \times (H + 2 \times R))^2$	$d = (Z_I/Z_E)$	
1	197 426	0,0005 (<1%)	Exposition modérée

Tableau 55 : Evaluation de l'intensité dans le scénario « projection de glace » pour les éoliennes E2, E3 et E4

Gravité

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

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

Il a été observé dans la littérature disponible (Risk analysis of ice throw from wind turbines, Seifert H., Westerhellweg A., Kroning J. - DEWI, avril 2003) 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.

La société « Parc éolien Nordex LV SAS » s'engage à installer des éoliennes munies de système de détection de givre ou de glace, grâce aux instruments météorologiques présents sur la nacelle ainsi que des capteurs dans les pales qui permettront de stopper l'éolienne et éviter toute projection de glace.

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

Projection de morceaux de glace		
Dans un rayon RPG = 1,5 x (H+2R) autour de l'éolienne		
Eolienne	Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)	Gravité
	Terrain non bâti	
E1	0,37	Modéré
E2	0,42	Modéré
E3	0,42	Modéré
E4	0,42	Modéré

Tableau 56 : Evaluation de la gravité dans le scénario « projection de morceaux de glace »

Probabilité

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

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

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

Acceptabilité

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

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

Projection de morceaux de glace			
Dans un rayon RPG = 1,5 x (H+2R) autour de l'éolienne			
Eolienne	Gravité	Présence de système d'arrêt en cas de détection ou déduction de glace et de procédure de redémarrage	Niveau de risque
E1	Modéré	oui	Acceptable
E2	Modéré	oui	Acceptable
E3	Modéré	oui	Acceptable
E4	Modéré	oui	Acceptable

Tableau 57 : Détermination de l'acceptabilité du risque du scénario « projection de morceaux de glace »

⇒ Ainsi, pour le parc éolien des Portes du Nivernais, le phénomène de projection de glace constitue un risque acceptable pour les personnes.

8.3. Synthèse de l'étude détaillée des risques

8.3.1. Tableaux de synthèse des scénarios étudiés

Les tableaux suivants récapitulent, pour chaque événement redouté central retenu, les paramètres de risques : la cinétique, l'intensité, la gravité et la probabilité. Les tableaux regrouperont les éoliennes qui ont le même profil de risque.

Scenario	Zone d'effet	Cinétique	Intensité	Probabilité	Gravité
Effondrement de l'éolienne	Disque dont le rayon correspond à une hauteur totale de la machine en bout de pale (= 164,5 m (E1) / = 179,5 m (E2, E3 et E4))	Rapide	Exposition modérée	D	Modérée E1 à E4
Chute de glace	Zone de survol (= 65,5 m)	Rapide	Exposition modérée	A	Modérée E1 à E4
Chute d'élément de l'éolienne	Zone de survol (= 65,5 m)	Rapide	Exposition modérée	C	Modérée E1 à E4
Projection de pale ou de fragment de pale	500 m autour de l'éolienne	Rapide	Exposition modérée	D	Sérieuse E4 Importante E1, E2 et E3
Projection de glace	1,5 x (H+Diamètre rotor) autour de l'éolienne (= 345 m (E1) / = 367,5 m (E2, E3 et E4))	Rapide	Exposition modérée	B	Modérée E1, E2, E3 et E4

Tableau 58 : Synthèse des scénarios étudiés pour l'ensemble des éoliennes du parc

8.3.2. Synthèse de l'acceptabilité des risques

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

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

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

- Chute d'éléments des éoliennes E1, E2, E3 et E4 (scénario Ce1, Ce2, Ce3, Ce4) ;
- Chute de glace des éoliennes E1, E2, E3 et E4 (scénario Cg1, Cg2, Cg3, Cg4) ;

- Effondrement des éoliennes E1, E2, E3 et E4 (scénario Ef1, Ef2, Ef3 et Ef4) ;
- Projection de glace des éoliennes E1, E2, E3 et E4 (scénario Pg1, Pg2, Pg3 et Pg4) ;
- Projection de pale des éoliennes E1, E2, E3 et E4 (scénario Pp1, Pp2, Pp3 et Pp4).

GRAVITÉ Conséquences	Classe de Probabilité				
	E	D	C	B	A
Désastreux					
Catastrophique					
Important		Pp1, Pp2, Pp3			
Sérieux		Pp4			
Modéré		Ef1, Ef2, Ef3, Ef4	Ce1, Ce2, Ce3, Ce4	Pg1, Pg2, Pg3, Pg4	Cg1, Cg2, Cg3, Cg4

Légende de la matrice :

Niveau de risque	Couleur	Acceptabilité
Risque très faible		acceptable
Risque faible		acceptable
Risque important		non acceptable

Figure 17 : 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
- certaines 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. 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 CONCLUSIONS

Les principaux accidents majeurs identifiés pour le parc éolien des Portes du Nivernais sont ceux les plus fréquents au regard de l'accidentologie, à savoir :

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

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

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

Dans la zone de surplomb des éoliennes, là où s'observe la chute de glace et d'éléments, l'enjeu humain est défini à 0,01 personnes, ce qui représente une gravité modérée. Seules sont présentes des zones agricoles. Aucune infrastructure routière n'intègre ce périmètre.

Dans la zone d'effondrement de la machine (dite également zone de ruine), l'enjeu humain est évalué à 0,08 personne pour l'éolienne E1 et à 0,1 personne pour les éoliennes E2, E3 et E4. Sont présents des espaces agricoles mais également des chemins communaux. Toutefois, en l'absence d'infrastructure structurante, l'enjeu humain est nettement inférieur à une personne.

Dans la zone de projection de glace, l'enjeu humain est défini dans les espaces agricoles à 0,37 personne pour l'éolienne E1 et 0,42 personne pour les éoliennes E2, E3 et E4.

Dans la zone de projection de pale, l'enjeu humain est défini dans les espaces agricoles à 0,79 personne. Concernant la route nationale 7, l'enjeu humain est défini respectivement pour les éoliennes E1, E2 et E3, à 32,2, 46,1 et 47,8 personnes. Concernant la voie ferrée, l'enjeu humain est défini respectivement pour les éoliennes E3 et E4 à 1,1 et 9,7 personnes. Toutefois, l'enjeu humain est supérieur à 1 personne mais le risque est acceptable.

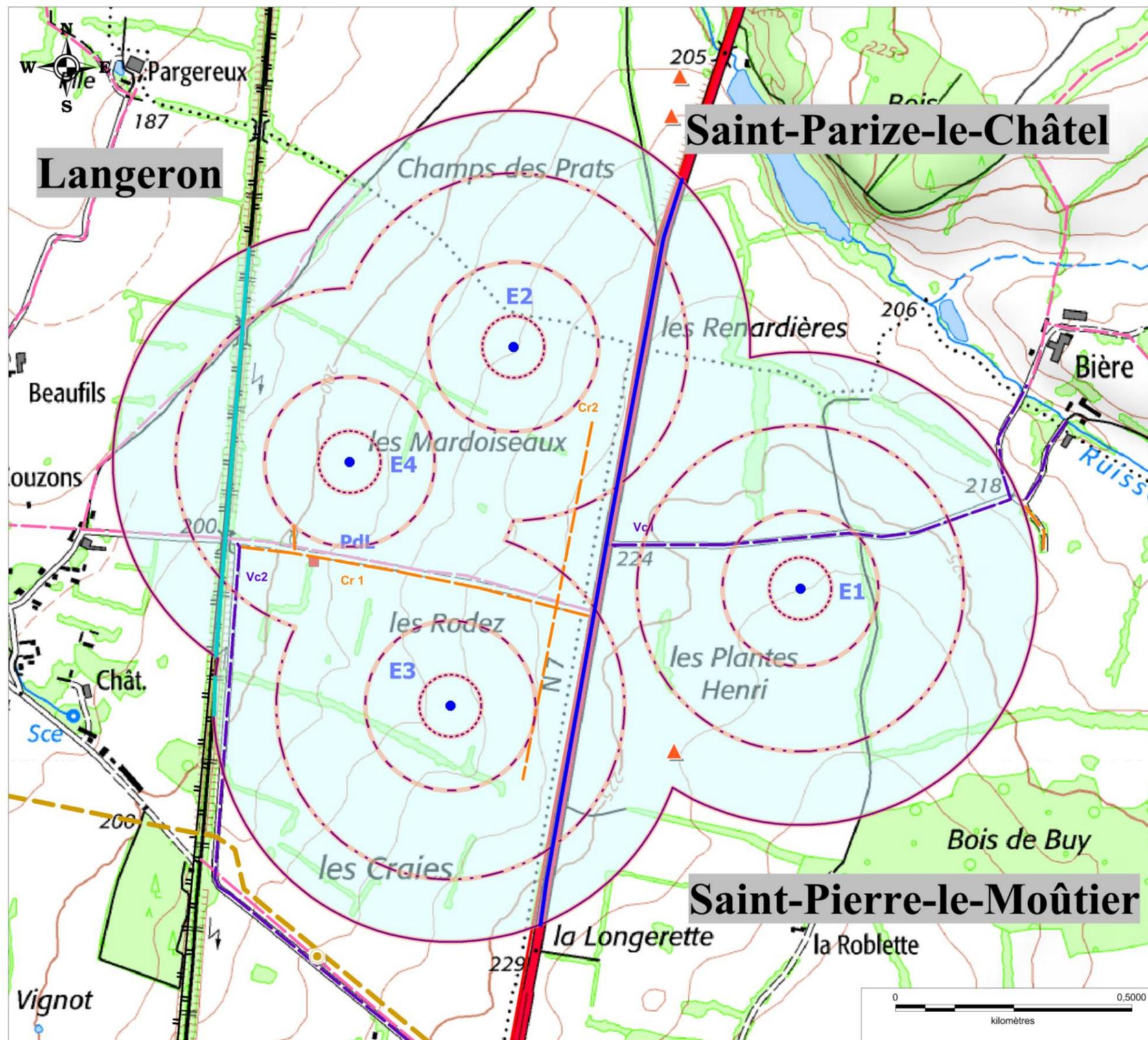
Les principales mesures de maîtrise des risques mises en place pour prévenir ou limiter les conséquences de ces accidents majeurs sont :

- Des barrières de prévention avec :
 - ✓ Des balisages des éoliennes ;
 - ✓ Des détecteurs de feux ;
 - ✓ Des détecteurs de survitesse ;
 - ✓ Un système antifoudre ;
 - ✓ Des protections contre la glace
 - ✓ Des protections contre l'échauffement des pièces mécaniques ;
 - ✓ Des protections contre les courts-circuits ;
 - ✓ Des protections contre la pollution environnementale.
- Une maintenance préventive et vérification :
 - ✓ 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 scénarios étudiés en zone de risques intermédiaires, pour laquelle les mesures de sécurité sont jugées suffisantes et la maîtrise des risques concernés est assurée et démontrée par l'exploitant (contrôles appropriés pour éviter tout écart dans le temps).

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



Synthèse des risques

Echelle : 1 / 10 000 ème

Légende

Projet du parc des Portes du Nivernais :

- Eolienne
- Poste de livraison

Environnement

- Infrastructure routière :
- Nationale 7
 - Voies communales
 - Chemins ruraux

Infrastructure ferroviaire :

- Voie ferrée
- Poste GRT Gaz
- Réseau GRT Gaz en service

Randonnée :

- PDIPPR

Archéologie :

- ▲ Vestige archéologique

Représentation des scénarios étudiés :

- Risque de chute de glace ou d'autre élément
- Risque d'effondrement
- Risque de projection de glace
- Risque de projection de pale

Personne exposée :

- Moins de 1 personne
- Entre 1 et 10 personnes
- Entre 10 et 100 personnes

Intensité d'exposition :

- Modéré

Source : Scan25® ©IGN PARIS - Licence ATER-Environnement - Copie et reproduction interdite.
Réalisation ATER Environnement Décembre 2015.

Carte 15 : Synthèse des risques sur le périmètre de dangers

10 ANNEXES

10.1. Scénarios génériques issus de l'analyse préliminaire des risques

Cette partie apporte un certain nombre de précisions par rapport à chacun des scénarios du tableau générique issu de l'analyse préliminaire des risques, présenté au chapitre 7.4.

La numérotation des scénarios ci-dessous reprend celle utilisée dans le tableau de l'analyse préliminaire des risques, avec un regroupement des scénarios par thématique, en fonction des typologies d'événement 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 redémarrage de la machine encore « glacée », ou en cas de formation de glace sur le rotor en mouvement simultanément à une défaillance des systèmes de détection de givre et de balourd.

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

10-1.2 Scénarios relatifs aux risques d'incendie (I01 à I07)

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Scénario F01

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

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

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

Deux événements peuvent être aggravants :

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

Scénario F02

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

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

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

Ce scénario est à adapter en fonction des produits utilisés.

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

10.1.3. 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, ...) ou des défauts de maintenance (erreur humaine).

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

10.1.4. Scénarios relatifs aux risques de projection de pales ou de fragments de pales (P01 à P06)

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

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

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

L'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 en Annexe, dans la partie 10-1.2 (scénarios incendies).

Scénario P01

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

Scénario P02

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

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

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

Scénarios P03

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

10.1.5. Scénarios relatifs aux risques d'effondrement des éoliennes (E01 à E10)

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

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

10.2. Probabilité d'atteinte et risque individuel

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

10.3. Glossaire

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

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

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

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

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

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

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

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

Gravité : On distingue l'intensité des effets d'un phénomène dangereux de la gravité des conséquences découlant de l'exposition d'enjeux de vulnérabilités données à ces effets.

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

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

Intensité des effets d'un phénomène dangereux : Mesure physique de l'intensité du phénomène (thermique, toxique, surpression, projections). Parfois appelée gravité potentielle du phénomène dangereux (mais cette expression est source d'erreur). Les échelles d'évaluation de l'intensité se réfèrent à des seuils & d'effets moyens

conventionnels sur des types d'éléments vulnérables [ou enjeux] tels que « homme », « structures ». Elles sont définies, pour les installations classées, dans l'arrêté du 29/09/2005. L'intensité ne tient pas compte de l'existence ou non d'enjeux exposés. Elle est cartographiée sous la forme de zones d'effets pour les différents seuils.

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

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

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

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

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

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

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

Attention aux confusions possibles :

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

ICPE : Installation Classée pour la Protection de l'Environnement

SER : Syndicat des Energies Renouvelables

FEE : France Energie Eolienne (branche éolienne du SER)

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

EDD : Etude de dangers

APR : Analyse Préliminaire des Risques

ERP : Etablissement Recevant du Public

Braam H. (2005) – *Handboek Risicozonering Winturbines – 2^e versie. S1.*

DDT de la Seine-Maritime (2007) – Dossier Départemental des Risques Majeurs

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

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

Région Poitou-Charentes (2004) – Schéma Régional Eolien ;

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

10.4. Bibliographie

- L'évaluation des fréquences et des probabilités à partir des données de retour d'expérience (réf DRA-11-117406-04648A), INERIS, 2011 ;
- NF EN 61400-1 Eoliennes – Partie 1 : Exigences de conception, Juin 2006 ;
- Wind Turbine Accident data to 31 March 2011, Caithness Windfarm Information Forum ;
- Site Specific Hazard Assessment for a wind farm project – Case study – Germanischer Lloyd, Windtest ;
- Kaiser-Wilhelm-Koog GmbH, 2010/08/24 ;
- Guide for Risk-Based Zoning of wind Turbines, Energy research centre of the Netherlands (ECN), H. Braam, G.J. van Mulekom, R.W. Smit, 2005 ;
- Specification of minimum distances, Dr-ing. Veenker ingenieurgesellschaft, 2004 ;
- Permitting setback requirements for wind turbine in California, California Energy Commission – Public ;
- Interest Energy Research Program, 2006 ;
- Omega 10: Evaluation des barrières techniques de sécurité, INERIS, 2005 ;
- Arrêté du 26 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 ;
- Bilan des déplacements en Val-de-Marne, édition 2009, Conseil General du Val-de-Marne ;
- Arrêté du 29 Septembre 2005 relatif à l'évaluation et à la prise en compte de la probabilité d'occurrence, de la cinétique, de l'intensité des effets et de la gravité des conséquences des accidents potentiels dans les études de dangers des installations classées soumises à autorisation ;
- Alpine test site 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., Leteutrois J.-P. - juillet 2004 ;
- Risk analysis of ice throw from wind turbines, Seifert H., Westerhellweg A., Kroning J. - DEWI, avril 2003 ;
- Wind energy in the BSR: impacts and causes of icing on wind turbines, Narvik University College, novembre 2005 ;

- DDT du Doubs (2012) – Dossier Départemental des Risques Majeurs ;
- INERIS/SER/FEE (2012) - Trame Type de l'étude de dangers dans le cadre de parcs éoliens.

Sites internet consultés :

- www.argiles.fr
- www.asn.fr;
- www.cartes-topographiques.fr ;
- www.inondationsnappes.fr ;
- www.nord-pas-de-calais.developpement-durable.gouv.fr ;
- www.nordex.com ;
- www.planseisme.fr
- www.prim.net ;
- www.statistiques-locales.insee.fr

10.5. Table des illustrations

10.5.1. Liste des figures

Figure 1 : Répartition par constructeur de la puissance éolienne raccordée totale en France au 1 ^{er} juillet 2014 (source : FEE, 2014)	8
Figure 2 : Structure du groupe NORDEX SE (source : Nordex, 2015)	8
Figure 3 : Organigramme de la société NORDEX France S.A.S.	9
Figure 4 : Illustration des températures de 1948 à 1999 – Station de Nevers (source : Insee, Station de Nevers)	16
Figure 5 : Illustration des précipitations de 1948 à 1999 – Station de Nevers (source : Insee, Station de Nevers)	16
Figure 6 : Résultats de la campagne de mesure du vent ; fréquence directionnelle du vent (source : Nordex, 2015)	17
Figure 7 : Résultats de la campagne de mesure du vent ; rose énergétique des vents (source : Nordex, 2015)	17
Figure 8 : Résultats de la campagne de mesure du vent ; vitesse moyenne du vent (source : Nordex, 2015)	18
Figure 9 : Schéma simplifié d'un aérogénérateur (à gauche) et emprises au sol d'une éolienne (à droite) - (source : Guide technique (INERIS/SER/FEE, 2012)	27
Figure 10 : Ecorché simplifié de l'intérieur de la nacelle NORDEX N 131 (source : Nordex, 2015)	29
Figure 11 : Illustration des consignes en cas d'urgence, implantées à la base des mâts et des nacelles pour chaque éolienne NORDEX N 131 (source : Nordex, 2013)	31
Figure 12 : Positionnement des détecteurs d'incendie dans la nacelle NORDEX N 131 (source : Nordex, 2013)	32
Figure 13 : Vue d'ensemble des dispositifs de protection parafoudre - NORDEX N 131 (source : Nordex, 2013)	33
Figure 14 : coupes-types de tranchées	37
Figure 15 : Répartition des événements accidentels et de leurs causes premières sur le parc éolien français entre 2000 et 2011 (source : SER/FEE/INERIS, 2011)	43
Figure 16 : Évolution du nombre d'incidents annuels en France et nombre d'éoliennes installées (source : INERIS/SER/FEE, 2012)	46
Figure 17 : Matrice de criticité de l'installation (source : INERIS/SER/FEE, 2012)	66

10.5.2. Liste des tableaux

Tableau 1 : Nomenclature ICPE pour l'éolien terrestre (source : décret n°2011-984 du 23 août 2011)	6
Tableau 2 : Caractéristiques de l'éolienne E1 pour le projet des Portes du Nivernais (source : Nordex, 2015)	6
Tableau 3 : Caractéristiques des éoliennes E2, E3 et E4 pour le projet des Portes du Nivernais (source : Nordex, 2015)	6
Tableau 4 : Référence administrative de la société « Parc Eolien Nordex LV SAS » (source : Nordex, 2015)	7
Tableau 5 : Référence des signataires pouvant engager la société (source : Nordex, 2015)	7
Tableau 6 : Historique du développement de la société Nordex	7
Tableau 7 : Capacité éolienne installée par NORDEX France et part de marché depuis 2004 - développement interne et externe (source : NORDEX, 2015)	7
Tableau 8 : Identification des parcelles cadastrales (source : Nordex, 2017)	11
Tableau 9 : Synthèse des risques majeurs sur le territoire d'implantation du parc projeté (source : DDRM 58, 2010)	18
Tableau 10 : Inventaire des arrêtés de catastrophe naturelle sur le périmètre de l'étude de dangers (source : prim.net, 2013)	18
Tableau 11 : Distance des éoliennes par rapport aux infrastructures routières	23
Tableau 12 : Définition de la zone de surplomb	25
Tableau 13 : Définition de la zone d'effondrement	25
Tableau 14 : Définition de la zone de projection de glace	25

Tableau 15 : Définition de l'enjeu humain relatif aux terrains non urbanisés pour l'éolienne E1	25
Tableau 16 : Définition de l'enjeu humain relatif aux terrains non urbanisés pour les éoliennes E2, E3 et E4	25
Tableau 17 : Définition de l'enjeu humain relatif à la RN 7 dans la zone de projection de glace	25
Tableau 18 : Définition de l'enjeu humain relatif à la RN 7 dans la zone de projection de pale	26
Tableau 19 : Définition de l'enjeu humain relatif à la voie ferroviaire dans la zone de projection de glace	26
Tableau 20 : Définition de l'enjeu humain relatif à la voir ferroviaire dans la zone de projection de pale	26
Tableau 21 : Coordonnées géographiques du parc éolien	29
Tableau 22 : Synthèse du fonctionnement des aérogénérateurs de type N131/3000 selon le tableau type de l'INERIS/SER/FEE, 2012	30
Tableau 23 : profondeur du réseau	37
Tableau 24 : longueur du réseau	37
Tableau 25 : Produits sortants de l'installation (source : Nordex – 2013)	39
Tableau 26 : Liste des autres produits susceptibles d'être mis en œuvre sur l'installation (source : Nordex, 2013)	39
Tableau 27 : Potentiels de dangers liés au fonctionnement de l'installation (source : guide INERIS/SER/FEE, 2012)	40
Tableau 28 : Liste des incidents intervenus en France (source : aria.developpement-durable.gouv.fr, décembre 2013)	44
Tableau 29 : Liste des accidents humains inventoriés	45
Tableau 30 : Liste des agressions externes liées aux activités humaines – Vc : Voie communale, Cr : Chemin rural (source : INERIS/SER/FEE, 2012)	49
Tableau 31 : Liste des agressions externes liées aux phénomènes naturels (source : INERIS/SER/FEE, 2012)	50
Tableau 32 : Analyse générique des risques (source : INERIS/SER/FEE, 2012)	52
Tableau 33 : Ensemble des fonctions de sécurité (Source : INERIS/SER/FEE, 2012)	56
Tableau 34 : Scénarios exclus (source : INERIS/SER/FEE, 2012)	56
Tableau 35 : Degré d'exposition (source : INERIS/SER/FEE, 2012)	57
Tableau 36 : Critères permettant d'apprécier les conséquences de l'événement (source : arrêté du 29 septembre 2005)	58
Tableau 37 : Grille de criticité du scénario redouté (source : arrêté du 29 septembre 2005)	58
Tableau 38 : Matrice de criticité de l'installation (source : INERIS/SER/FEE, 2012)	59
Tableau 39 : Evaluation de l'intensité dans le scénario de l'effondrement de l'éolienne E1	60
Tableau 40 : Evaluation de l'intensité dans le scénario de l'effondrement des éoliennes E2, E3 et E4	60
Tableau 41 : Evaluation de la gravité dans le scénario de l'effondrement de l'éolienne	60
Tableau 42 : Fréquence d'effondrement d'une éolienne dans la littérature (source : INERIS/SER/FEE, 2012)	60
Tableau 43 : Détermination de l'acceptabilité du risque du scénario « effondrement de l'éolienne »	61
Tableau 44 : Evaluation de l'intensité dans le scénario de chute de glace	61
Tableau 45 : Evaluation de la gravité dans le scénario « chute de glace »	62
Tableau 46 : Détermination de l'acceptabilité du risque du scénario « chute de glace »	62
Tableau 47 : Evaluation de l'intensité dans le scénario de chute de glace	62
Tableau 48 : Evaluation de la gravité dans le scénario « chute d'éléments de l'éolienne »	63
Tableau 49 : Détermination de l'acceptabilité du risque du scénario « chute d'éléments de l'éolienne »	63
Tableau 50 : Evaluation de l'intensité dans le scénario « projection de pale ou de fragment de pale »	63
Tableau 51 : Evaluation de la gravité dans le scénario « projection de pale ou de fragment de pale »	64
Tableau 52 : Fréquence de rupture de tout ou partie de pale dans la littérature (source : INERIS/SER/FEE, 2012)	64
Tableau 53 : Détermination de l'acceptabilité du risque du scénario « projection de pale ou de fragment de pale »	64
Tableau 54 : Evaluation de l'intensité dans le scénario « projection de glace » pour l'éolienne E1	65
Tableau 55 : Evaluation de l'intensité dans le scénario « projection de glace » pour les éoliennes E2, E3 et E4	65
Tableau 56 : Evaluation de la gravité dans le scénario « projection de morceaux de glace »	65
Tableau 57 : Détermination de l'acceptabilité du risque du scénario « projection de morceaux de glace »	65
Tableau 58 : Synthèse des scénarios étudiés pour l'ensemble des éoliennes du parc	66

10.5.3. Liste des cartes

Carte 1 : Puissance installée par la société Nordex en France (source : Nordex France, 2015)	9
Carte 2 : Localisation géographique de l'installation	10
Carte 3 : Définition du périmètre d'étude de dangers	12
Carte 4 : Distance aux premières habitations et aux futures zones constructibles	14
Carte 5 : Vitesse moyenne du vent, à 80 m d'altitude – Légende : Etoile rouge / Localisation du site (source : Schéma Régional Eolien, 2012)	17
Carte 6 : Sensibilité des territoires d'accueil du projet aux phénomènes d'inondations par remontée de nappe – Légende : Cercle rouge / Localisation du site (source. inondationsnappes.fr, 2013)	19
Carte 7 : Aléa retrait-gonflement des argiles sur le site d'étude – Légende : Cercle rouge / Localisation du site (source : www.argiles.fr, 2013)	19
Carte 8 : Zone sismique dans la région Bourgogne – Légende : Etoile bleue / Localisation du site d'implantation (source : planseisme.fr, 2014)	20
Carte 9 : Densité de foudroiement / Légende : Etoile bleue – localisation du site (source : Météo France)	20
Carte 10 : Environnement matériel dans le périmètre d'étude de dangers	22
Carte 11 : Enjeux humains sur l'aire d'étude de dangers	24
Carte 12 : Plan détaillé de l'installation et de son accès (source : Nordex France, 2017)	28
Carte 13 : Réseaux électriques internes à l'installation (source : Nordex 2017)	36
Carte 14 : Délimitation territoriale du Schéma Régional Eolien (source : SRE du SRCAE, 2012) / Légende : Etoile rouge – Localisation du site)	41
Carte 15 : Synthèse des risques sur le périmètre de dangers	68

10.6. Coordonnées WGS 84

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

Installation	Coordonnées géographiques en WGS 84	
	Lon.	Lat.
Eolienne E1	3°07'53"27	46°49'34"38
Eolienne E2	3°07'25"10	46°49'50"58
Eolienne E3	3°07'18"90	46°49'26"44
Eolienne E4	3°07'08"30	46°49'42"83
Poste de Livraison	3°7'5.21"E	46°49'36.21"N