



# Livre 2 | 2.1 ETUDE DE DANGERS

**Commune de Saint-Souplet  
Département du Nord (59)**

**Maître d'Ouvrage :  
SAS du Parc Eolien de  
Saint-Souplet**

**Chez EDF Renouvelables France  
Cœur Défense - Tour B  
100 Esplanade du Général De Gaulle  
92932 Paris La Défense Cedex**



**Bureau d'étude :  
ATER Environnement**

**38 rue de la Croix Blanche  
60 680 GRANDFRESNOY**



**Demande d'Autorisation Environnementale  
Avril 2019**

**ATER Environnement**

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

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

Tél : 03 60 40 67 16 – Mail : alexis.degasne@ater-environnement.fr

Rédacteur : M Alexis DEGASNE

# SOMMAIRE

<b>1</b>	<b>Préambule</b>	<b>5</b>		
1 - 1	Objectif de l'étude de dangers	5		
1 - 2	Le contexte législatif et réglementaire	5		
1 - 3	Nomenclature des installations classées	6		
<b>2</b>	<b>Informations générales concernant l'installation</b>	<b>7</b>		
2 - 1	Identification du demandeur	7		
2 - 2	Localisation du site	7		
2 - 3	Définition du périmètre de l'étude	9		
<b>3</b>	<b>Description de l'environnement de l'installation</b>	<b>11</b>		
3 - 1	Environnement lié à l'activité humaine	11		
3 - 2	Environnement naturel	14		
3 - 3	Risques naturels	16		
3 - 4	Environnement matériel	19		
3 - 5	Cartographie de synthèse	22		
<b>4</b>	<b>Description de l'installation</b>	<b>27</b>		
4 - 1	Caractéristique de l'installation	27		
4 - 2	Fonctionnement de l'installation	28		
<b>5</b>	<b>Identification des potentiels de dangers de l'installation</b>	<b>37</b>		
5 - 1	Potentiels de dangers liés aux produits	37		
5 - 2	Potentiels de dangers liés aux équipements et aux opérations	38		
5 - 3	Réduction des potentiels de dangers à la source	38		
<b>6</b>	<b>Analyse des retours d'expérience</b>	<b>41</b>		
6 - 1	Inventaire des accidents et incidents en France	41		
6 - 2	Inventaire des accidents et incidents à l'international	43		
6 - 3	Synthèse des phénomènes dangereux redoutés issus du retour d'expérience	44		
6 - 4	Limites d'utilisation de l'accidentologie	45		
<b>7</b>	<b>Analyse préliminaire des risques</b>	<b>47</b>		
7 - 1	Objectif de l'analyse préliminaire des risques	47		
7 - 2	Recensement des événements exclus de l'analyse des risques	47		
7 - 3	Recensement des agressions externes potentielles	47		
7 - 4	Tableau d'analyse générique des risques	48		
7 - 5	Effets dominos	50		
7 - 6	Mise en place des mesures de sécurité	51		
7 - 7	Conclusion de l'analyse préliminaire des risques	54		
<b>8</b>	<b>Etude détaillée des risques</b>	<b>55</b>		
8 - 1	Rappel des définitions	55		
8 - 2	Caractérisation des scénarios retenus	57		
8 - 3	Synthèse de l'étude détaillée des risques	65		
<b>9</b>	<b>Conclusion</b>	<b>67</b>		
<b>10</b>	<b>Annexes</b>	<b>69</b>		
10 - 1	Scénarios génériques issus de l'analyse	69		
10 - 2	Probabilité d'atteinte et risque individuel	71		
10 - 3	Glossaire	71		
10 - 4	Bibliographie	73		
10 - 5	Table des illustrations	74		
10 - 6	Coordonnées des éoliennes et postes de livraison	76		
10 - 7	KBIS de la société « Parc éolien de Saint-Souplet »	77		
10 - 8	« Type Certificate » de la machine N117	78		



# 1 PREAMBULE

## 1 - 1 Objectif de l'étude de dangers

La présente étude de dangers a pour objet de rendre compte de l'examen effectué par la SAS du Parc Eolien de Saint-Souplet et le groupe EDF Renouvelables, assistants à la maîtrise d'ouvrage et futurs exploitants du parc, pour caractériser, analyser, évaluer, prévenir et réduire les risques du parc éolien de Saint-Souplet sur la commune de Saint-Souplet, autant que technologiquement réalisable et économiquement acceptable, et que leurs causes soient intrinsèques aux substances ou matières utilisées, liées aux procédés mis en œuvre, ou dues à la proximité d'autres risques d'origine interne ou externe à l'installation.

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

Elle précise l'ensemble des mesures de maîtrise des risques mises en œuvre sur le parc éolien de Saint-Souplet, 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 Le 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 pour la protection de l'environnement (ICPE) soumises à autorisation environnementale. Selon l'article L. 181-25 issue de l'ordonnance n° 2017-80 du 26 janvier 2017 relative à l'autorisation environnementale, l'étude de dangers précise les risques auxquels l'installation peut exposer directement ou indirectement, les intérêts mentionnés à l'article L. 511-1 en cas d'accident, que la cause soit interne ou externe à l'installation. Cet article poursuit en indiquant que « *Le contenu de l'étude de dangers doit être en relation avec l'importance des risques engendrés par l'installation. En tant que de besoin, cette étude donne lieu à une analyse de risques qui prend en compte la probabilité d'occurrence, la cinétique et la gravité des accidents potentiels selon une méthodologie qu'elle explicite. Elle définit et justifie les mesures propres à réduire la probabilité et les effets de ces accidents* ».

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 l'évaluation des scénarios d'accident majeur. Il impose une évaluation des accidents majeurs uniquement sur les personnes et non sur la totalité des enjeux identifiés à 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 risques de 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 distincte 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 leur gravité potentielle. 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 la vulnérabilité des intérêts. Aux termes de l'article D. 181-15-2 du Code de l'environnement, l'étude de dangers « 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 » et comporte, notamment, un résumé non technique explicitant la probabilité et la cinétique des accidents potentiels, ainsi qu'une cartographie agrégée par type d'effet des zones de risques significatifs ».

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) prises en application de la loi du 30 juillet 2003, relative à la prévention des risques technologiques et naturels et à la réparation des dommages (désormais codifiée dans sa quasi-totalité dans le code de l'environnement), précise le contenu attendu de l'étude de dangers et apporte des éléments d'appréciation des dangers pour les installations classées soumises à autorisation.

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

- Arrêté du 26 mai 2014 relatif à la prévention des accidents majeurs dans les installations classées mentionnées à la section 9, chapitre V, titre Ier du livre V du code de l'environnement.

## 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 de Saint-Souplet comprend huit aérogénérateurs dont les mâts ont une hauteur supérieure ou égale à 50 m : cette installation est donc soumise à autorisation (A) au titre des Installations Classées pour la Protection de l'Environnement et doit présenter une étude de dangers au sein de sa demande d'autorisation environnementale. Pour rappel, le rayon d'affichage est de 6 km.**

### Remarque :

En tant qu'entreprise liée à une société dont la majeure partie du capital social appartient à l'Etat Français (EDF SA) et intervenant dans le secteur de la production d'électricité, EDF Renouvelables France est une entité adjudicatrice. A ce titre, elle doit garantir le respect des principes d'égalité de traitement, de non-discrimination et de transparence lors de ses commandes de travaux, fournitures et services. Elle est actuellement soumise à la directive européenne 2014/25/UE.

En droit interne, les textes actuellement applicables pour régir les formalités de publicités et les procédures de mise en concurrence sont l'ordonnance n°2005-649 du 6 juin 2005 et le décret n°2005-1308 du 20 octobre 2005, mais ils sont appelés à être remplacés rapidement pour transposer notamment la directive 2014/25/UE (Cf. ordonnance n°2015-899 du 23/07/2015 relative aux marchés publics).

Les seuils de passation de marchés formalisés ont été fixés par un décret n°2015-1904 du 30 décembre 2015 pour les procédures lancées actuellement (418 000 € HT pour les marchés de fournitures et de services ; 5 225 000 € HT pour les marchés publics de travaux). Afin de garantir le principe de mise en concurrence des fabricants d'éoliennes, le projet doit pouvoir être réalisé avec des modèles d'éoliennes de plusieurs fournisseurs, sachant qu'il n'existe aucun standard en termes de dimensions et de caractéristiques de fonctionnement.

Afin de ne pas risquer de sous-évaluer les impacts, dangers et inconvénients de l'installation, le gabarit d'éolienne retenu pour réaliser cette étude est celui le plus impactant. Il correspond au modèle Nordex N117 d'une hauteur en bout de pale de 149,5 m, mais n'est aucunement engageant pour EDF Renouvelables.

Les principales caractéristiques de cette éolienne sont données dans le tableau ci-contre :

Nom de la machine	N117
Constructeur	Nordex
Puissance nominale	3,6 MW
Hauteur au moyeu	91 m
Diamètre de rotor	116,8 m
Hauteur totale machine	149,4 m
Longueur de pale	57,3 m
Largeur base pale	4 m
Diamètre base mât	5 m

*Tableau 2 : Données machines (source : Nordex, 2017)*

## 2 INFORMATIONS GENERALES CONCERNANT L'INSTALLATION

### 2 - 1 Identification du demandeur

Le pétitionnaire est la Société par Actions Simplifiée (SAS) « Parc éolien de Saint-Souplet », filiale à 100% de la société EDF Renouvelables.

Les demandes pour tous les droits nécessaires à la construction et à l'exploitation des installations du pétitionnaire sont effectuées par EDF Renouvelables au nom et pour le compte du pétitionnaire. La SAS « Parc éolien de Saint-Souplet » sollicite l'ensemble des autorisations liées à ce projet et prend l'ensemble des engagements en tant que future société exploitante du parc éolien.

Le futur acquéreur de la SAS « Parc éolien de Saint-Souplet » apportera le capital nécessaire à la construction du parc, avec ou sans prêt bancaire, et assumera l'ensemble des engagements relatifs à l'autorisation d'exploiter, engagements garantis par le contrat de fourniture d'éoliennes, le contrat d'Opération et de Maintenance des éoliennes, et le développement effectué par EDF Renouvelables (qualité intrinsèque du projet, productible, financement).

La SAS « Parc éolien de Saint-Souplet » bénéficie donc de l'ensemble des compétences et capacités requises pour la construction, l'exploitation et le démantèlement du parc éolien de Saint-Souplet.

*Remarque :* Les chapitres suivants donnent le détail de ses capacités.

#### 2 - 1a Identification de la société

L'identification du demandeur est présentée dans le tableau ci-dessous.

<b>Raison sociale</b>	Parc éolien de Saint-Souplet
<b>Forme juridique</b>	Société par Actions Simplifiée (SAS)
<b>Capital social</b>	5 000 €
<b>Siège social</b>	Cœur Défense - Tour B - 100, Esplanade du Général de Gaulle 92932 Paris la Défense Cedex
<b>N° Registre du Commerce</b>	RCS de Nanterre 827.867.383.
<b>Code NAF</b>	3511Z – Production d'électricité

*Tableau 3 : Références administratives de la société du Parc éolien de Saint-Souplet (source : EDF Renouvelables, 2017)*

#### 2 - 1b Identification du signataire

<b>Nom</b>	HELLSTERN
<b>Prénom</b>	Didier
<b>Qualité</b>	Directeur Région Nord

*Tableau 4 : Référence du signataire pouvant engager la société (source : EDF Renouvelables, 2017)*

### 2 - 2 Localisation du site

#### 2 - 2a Localisation générale

Le projet est situé dans la région Hauts-de-France / département du Nord, au sein de la Communauté de Communes du Caudrésis - Catésis. Il est localisé sur le territoire communal de Saint-Souplet.

Le projet est situé à environ 5,8 km au Sud du Cateau-Cambrésis, à 23 km au Sud-Est de Cambrai et 26 km au Nord-Est de Saint-Quentin. **Il est également situé au Nord-Ouest du parc éolien du Plateau d'Andigny, et à l'Est du parc éolien du Mont de Bagny.**

#### 2 - 2b Identification cadastrale

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

*Remarque :* L'attestation de la maîtrise foncière est jointe au présent Dossier de Demande d'Autorisation Environnementale.

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

Construction	Commune	Lieu-Dit	Section	Numéro	Superficie des installations (m <sup>2</sup> )
E1	SAINT-SOUPLET	Le Bois Simon	ZE	13	3 212
E2	SAINT-SOUPLET	La Montagne Crapez	ZE	9	2 845
E3	SAINT-SOUPLET	La Montagne Crapez	ZE	5	2 982
E4	SAINT-SOUPLET	L'Epine au Puits	ZK	16	2 984
E5	SAINT-SOUPLET	La Vallée aux Loges	ZH	89	2 839
E6	SAINT-SOUPLET	La Vallée aux Juments	ZH	41	2 998
E7	SAINT-SOUPLET	La Vallée aux Juments	ZH	32	2 695
E8	SAINT-SOUPLET	Imberfayt	ZI	27	2 849
Postes de Livraison 1 et 2	SAINT-SOUPLET	La Vallée aux Juments	ZH	1	348
Poste de Livraison 3	SAINT-SOUPLET	Imberfayt	ZI	30	113

*Tableau 5 : Identification des parcelles cadastrales (source : EDF Renouvelables, 2017)*

## Localisation géographique

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

Septembre 2017

Sources : Scan25® et Route500® ©IGN - Copie et reproduction interdites.

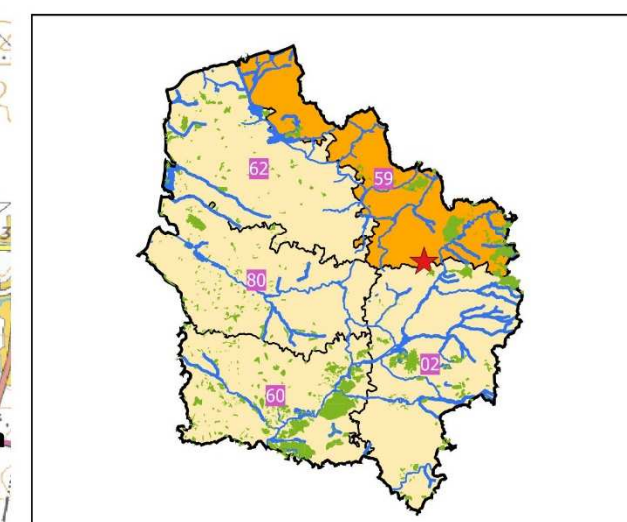
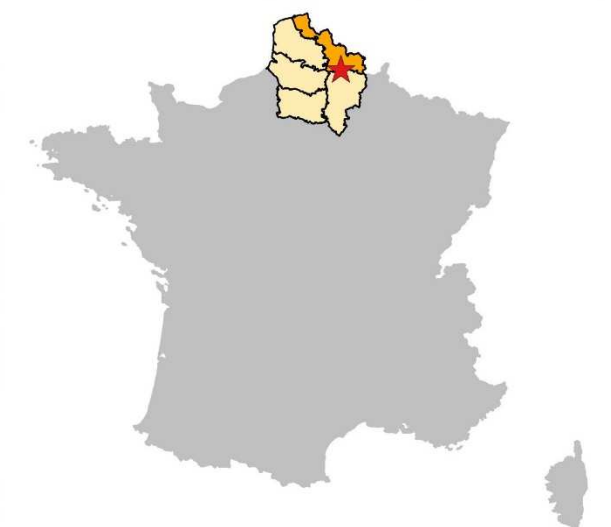
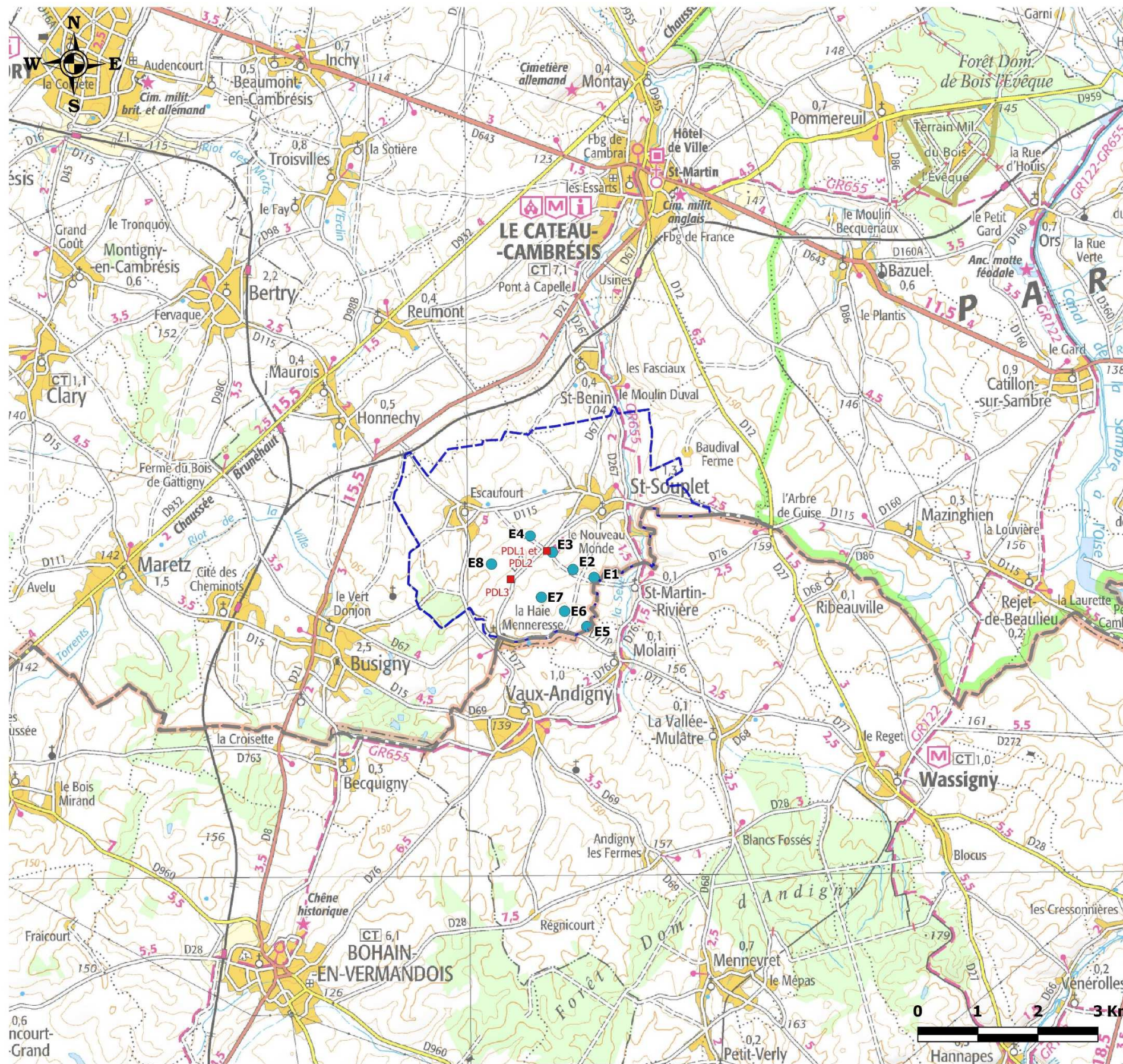
### Légende :

Parc éolien de Saint-Souplet :

- Eolienne (x8)
- Poste de livraison (x3)
- ★ Localisation du projet

Limites administratives :

- ▭ Limite communale de Saint-Souplet
- Limite de département (Nord / Aisne)



Carte 1 : Localisation géographique de l'installation



## 2 - 3 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.e.

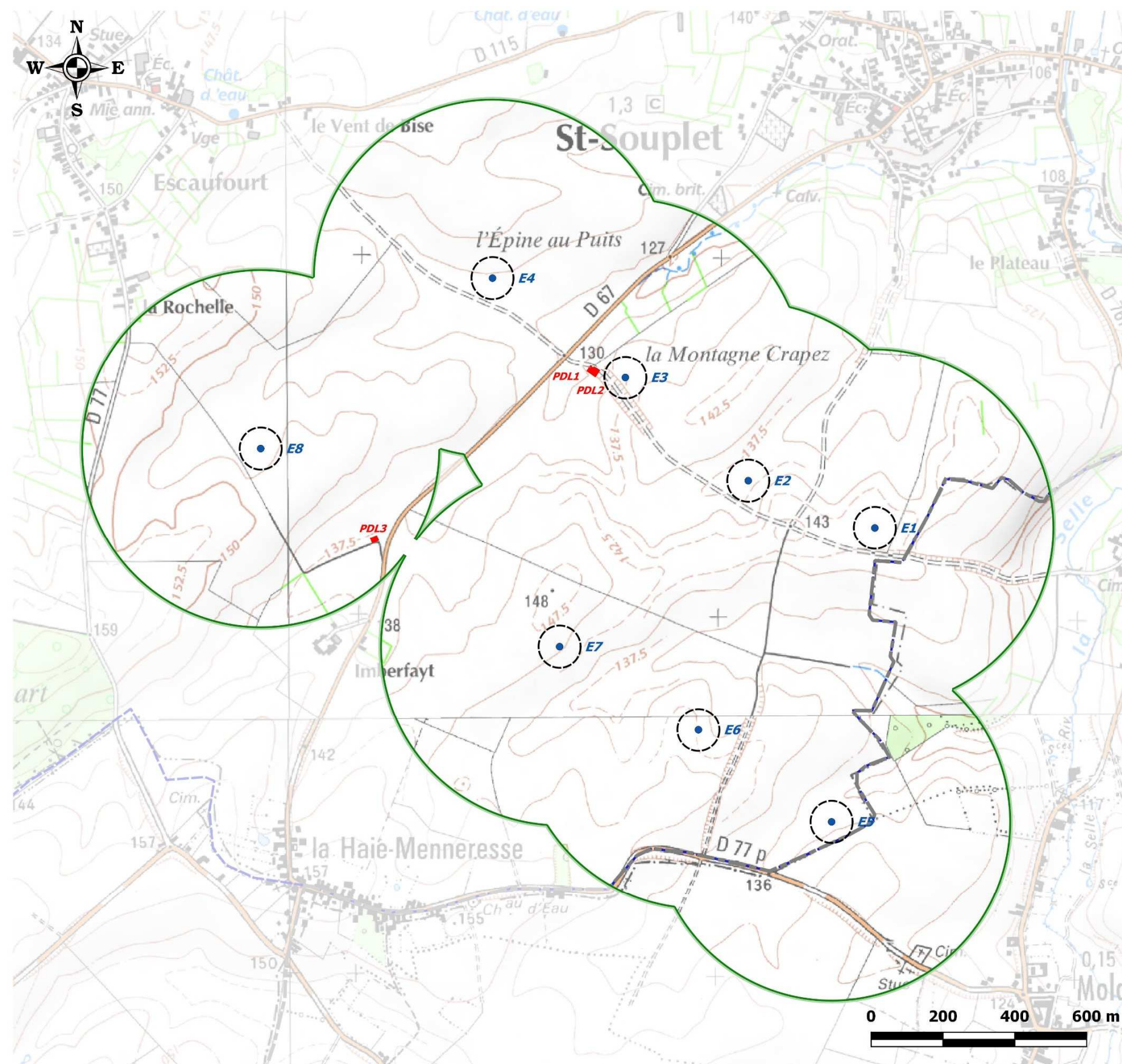
La zone d'étude n'intègre pas les environs des postes de livraison, qui seront néanmoins représentés sur la carte. Les expertises réalisées dans le cadre de la présente étude, ainsi que dans le cadre des études réalisées par l'INERIS et le SER/FEE, ont en effet montré l'absence d'effets à l'extérieur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

## Localisation du périmètre d'étude de dangers

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

Septembre 2017

Sources : Scan25® et Route500® -  
Copie et reproduction interdites.



**Légende :**

Périmètre de la zone d'étude de dangers (500 m)

*Limites administratives :*

Limite communale de Saint-Souplet

Limite de département (Nord / Aisne)

*Parc éolien de Saint-Souplet :*

• Eolienne

■ Poste de livraison

Zone de surplomb maximale par les pales (58,5 m)



Carte 2 : 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 - 1a Zones urbanisées et urbanisables

A l'origine du projet, la zone d'implantation du projet a été définie au sein d'une zone agricole à partir de cercles d'évitement de 500 m autour de l'habitat et des zones à construire au titre des documents d'urbanisme. Le parc projeté est éloigné des habitations de :

- Territoire communal de Saint-Souplet :
  - ✓ Premières habitations à 670 m de l'éolienne E3 et 645 m de la zone Urbanisée correspondante ;
  - ✓ Hameau d'Escaufourt, lieu-dit du « Vent de Bise » à 680 m de l'éolienne E4 ;
  - ✓ Hameau d'Escaufourt, lieu-dit du « La Rochelle » à 535 m de l'éolienne E8 ;
  - ✓ Lieu-dit de « l'Imberfayt » à 540 m des éoliennes E7 et E8. L'éolienne E7 se localise à 500 m de la zone urbanisée correspondante ;
  - ✓ Hameau de la Haie Menneresse à 810 m de l'éolienne E7, qui se situe à 770 m du zonage ;
- Territoire communal de Saint-Martin-Rivière :
  - ✓ Premières habitations à 660 m de l'éolienne E1 et à 630 m du zonage ;
- Territoire communal de Molain :
  - ✓ Premières habitations à 540 m de l'éolienne E5, cette dernière se situant à 505 m de la zone Urbanisée correspondante.

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

⇒ Dans le périmètre de la zone d'étude de dangers, aucune habitation ou zone urbanisée ou à urbaniser n'est présente ;

⇒ L'habitation la plus proche est située à 540 mètres des éoliennes E7 et E8. Il s'agit du lieu-dit de « l'Imberfayt ». Son zonage correspond à une zone naturelle habitée, Nh, située à 500 m de l'éolienne E7.

#### Focus démographique sur les communes de Saint-Souplet, Saint-Martin-Rivière et Molain

Le périmètre d'étude de dangers intègre le territoire de Saint-Souplet, commune d'accueil du projet intégrée à la Communauté de Communes du Caudrésis – Catésis, dans le département du Nord, ainsi que les communes de Saint-Martin-Rivière et Molain, comprises dans la Communauté de Communes de la Thiérache Sambre Oise, au sein du département de l'Aisne.

L'estimation de la population de ces communes est indiquée dans le tableau ci-dessous (source : Recensement INSEE 2011).

Commune	Nb Habitants	Densité (Hab. /km <sup>2</sup> )	Nb de logements	Maisons individuelles
Saint-Souplet	1 292	102,1	574	99,5 %
Saint-Martin-Rivière	129	24,1	59	100 %
Molain	147	81,2	73	100 %

Tableau 6 : Indicateurs de population et de logement (source : Insee, RP 2011)

La densité de population estimée en 2011 à l'échelle des communes de Saint-Souplet, de Molain et de Saint-Martin-Rivière s'établit respectivement à 102,1, 81,2 et 24,1 hab./km<sup>2</sup>. La densité de population de la Communauté de Communes du Caudrésis Catésis est de 175,4 hab./km<sup>2</sup>, celle de la Thiérache Sambre Oise est de 53,3 hab./km<sup>2</sup>. Les densités relativement faibles des communes de Saint-Souplet et de Saint-Martin-Rivière par rapport à leur Communauté de Communes soulignent leur influence secondaire dans le territoire d'étude. Par ailleurs, la densité constatée au sein même des intercommunalités est bien inférieure à celle du département du Nord (450,5 hab./km<sup>2</sup>), densément peuplé et comportant de nombreux pôles urbains importants. Compte tenu de la superficie restreinte de la commune de Molain sa densité de population est supérieure à celle de son intercommunalité et du département de l'Aisne.

Ceci illustre le **caractère rural** des communes intégrant le périmètre d'étude de dangers.

De manière générale, le parc d'habitations est presque exclusivement constitué de maisons individuelles. Notons que les communes comptent une zone principale urbanisée, et quelques hameaux ou lieux-dits plus ou moins isolés. L'habitat est donc **relativement regroupé**.

#### Document d'urbanisme

Le PLU intercommunal de la CC de la Thiérache d'Aumale, approuvé le 9 septembre 2014, est en vigueur sur les territoires communaux de **Saint-Martin-Rivière** et de **Molain**. Néanmoins aucune éolienne ni équipement annexe n'empiète sur ces territoires.

Le territoire communal de **Saint-Souplet** est doté d'un Plan Local d'Urbanisme approuvé le 29 novembre 2009.

La zone d'implantation du projet se situe principalement en **zonage agricole (A)**. Les dispositions applicables aux zones agricoles mentionnées dans le règlement du PLU précisent que sont autorisées :

« les constructions et installations nécessaires aux services publics ou d'intérêt collectif, et sous réserve de ne pas porter atteinte au caractère agricole de la zone ».

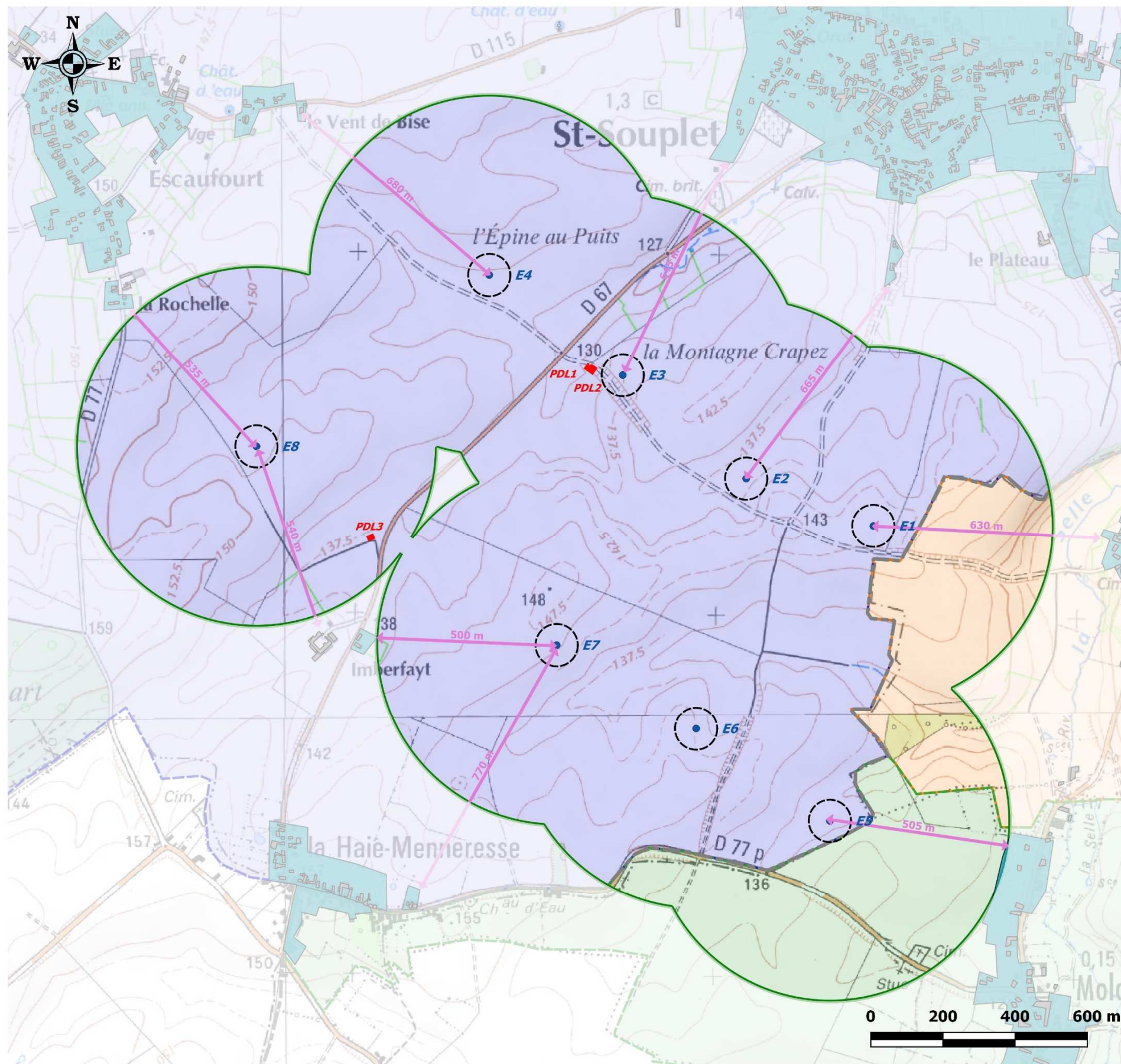
⇒ Le projet est compatible avec les documents d'urbanisme en vigueur. De plus, les éoliennes sont situées à plus de 500 m des premières habitations et au minimum à 500 m de zones Nh, AU et U inscrites dans les documents d'urbanisme.

## Distances aux habitations

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

Septembre 2017

Sources : Scan25® et Route500® ©IGN -  
Copie et reproduction interdites.



### Légende :

  Périmètre de la zone d'étude de dangers (500 m)

### Limites administratives :

  Commune de Saint-Souplet

  Commune de Saint-Martin-Rivière

  Commune de Molain

  Limite de département (Nord / Aisne)

### Parc éolien de Saint-Souplet :

• Eolienne

■ Poste de livraison

  Zone de surplomb maximale par les pales (58,5 m)

### Urbanisme :

↔ Distance aux habitations

■ Habitation

■ Zone urbanisée, habitée ou à urbaniser

Carte 3 : Distance des machines par rapport aux habitations

## Schéma de Cohérence Territoriale (SCoT)

Parmi les communes intégrant le périmètre d'étude de dangers seule la commune de Saint-Souplet intègre le territoire d'un SCoT. Le **SCoT du Cambrésis** a été approuvé par arrêté préfectoral en date du 23 Novembre 2012. Aussi, l'étude des orientations du Projet d'Aménagement et de Développement Durable (PADD) du SCoT du Cambrésis met en avant la volonté de « préserver l'avenir et améliorer le cadre de vie des habitants ». Cet objectif majeur se traduit notamment par « la maîtrise de l'énergie et le développement des énergies renouvelables » (source : PADD SCOT du Cambrésis).

Le SCoT précise notamment que « **l'encouragement du développement des énergies renouvelables est un objectif**. Le solaire (thermique ou photovoltaïque), l'énergie biomasse, **l'éolien**, la géothermie sont des énergies renouvelables qui doivent être encouragées. **Pour cela, il est nécessaire de réduire les contraintes réglementaires qui en limitent le développement** en prenant en compte les documents cadres nationaux, régionaux ou locaux permettant d'assurer une intégration paysagère et ne pas compromettre la qualité de vie du territoire. **Un schéma territorial éolien a été réalisé à cet effet sur le volet éolien.** »

Ces orientations sont reprises dans le Document d'Orientations Générales (DOG) qui préconise que « **les documents d'urbanisme locaux ne doivent pas faire obstacle à la mise en œuvre et l'utilisation des énergies renouvelables** » mais également que « **toute implantation d'éolienne est encadrée par des zones de développement éolien** (loi du 13 juillet 2005) réalisée à l'initiative des collectivités et arrêtées par le Préfet. Afin d'encourager le développement d'une énergie renouvelable tout en l'intégrant au paysage de manière harmonieuse, un schéma territorial éolien a été élaboré sur le territoire. Il s'intègre dans le plan climat du Pays du Cambrésis. Il convient dans les documents d'urbanisme locaux et dans le cadre de la définition des zones de développement éolien de prendre en compte ce schéma et notamment l'approche paysagère. » (source : DOG SCOT du Cambrésis). Le projet de parc éolien de Saint-Souplet est localisé dans le secteur Z54, identifié comme favorable dans ce schéma territorial éolien. Ce document préconise une implantation en grappe au sein de cette zone.

⇒ Les orientations du SCoT du Cambrésis sont favorables au développement des énergies renouvelables en général, et à l'énergie éolienne en particulier en cohérence avec le Schéma Régional Eolien.

### 3 - 1b Etablissement recevant du public (ERP)

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

Le plus proche est l'école primaire Aimé Césaire de Saint-Souplet localisée à 1 000 mètres au Nord-Est de l'éolienne E3.

### 3 - 1c Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (ICPE) et installations nucléaires de base

#### Installation nucléaire de base

Dans le département du Nord, il existe une centrale nucléaire, celle de Gravelines, localisée à 145 km au Nord-Ouest de l'éolienne E5. Néanmoins la centrale nucléaire la plus proche de la zone d'implantation est située à 90 km à l'Est de l'éolienne E1, sur la commune de Chooz dans le département des Ardennes.

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

## Etablissement SEVESO

Le département du Nord compte **29 établissements concernés par la directive « SEVESO Seuil Haut AS (Avec Servitudes) »**. Le plus proche est celui de la société ANTARGAZ à Thiant, situé à 29 km au Nord-Ouest de l'éolienne E4, en dehors du périmètre d'étude de dangers.

Le département de l'Aisne compte **10 établissements concernés par la directive « SEVESO Seuil Haut AS (Avec Servitudes) »**. Le plus proche est celui de la société TEREOS sur les communes d'Origny Sainte Benoîte, Neuville et Thenelles, situé à 22,6 km au Sud de l'éolienne E5.

Le département du Nord compte également **18 installations classées « Seveso Seuil Bas (SB) »**. L'établissement le plus proche est celui de la société GRAINOR BANTEUX, sur le territoire de Banteux, localisé à 21,8 km à l'Ouest de l'éolienne E8.

Dans le département de l'Aisne, on recense **5 établissements classés « Seveso Seuil Bas (SB) »**. Le plus proche est l'usine de production de cosmétiques de la société SOPROCOS, sur le territoire communal de Gauchy, à 28,6 km au Sud-Ouest de l'éolienne E8.

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

## Etablissement ICPE – hors éolien

Les communes de Saint-Souplet et de Saint-Martin-Rivière présentent sur leur territoire des Installations Classées pour la Protection de l'Environnement.

Communes	Etablissement	Activité	Etat	Distance au projet
Saint-Souplet	DEVISSE Albert quincailleur (Ets.)	Pompe à essence	Ne sait pas	Non connue
	DELHAYE Marc	Dépôt de liquide inflammable	Ne sait pas	Non connue
	FONTAINE André	Dépôt de liquide inflammable	Ne sait pas	Non connue
	SARTORINS E et F	Dépôt de liquide inflammable	Ne sait pas	Non connue
Saint-Martin-Rivière	LEBLON THIERRY	Elevage de porcs	En activité	2,7 E

Tableau 7 : Liste des établissements ICPE présents sur les communes du périmètre d'étude de dangers (source : Basias, 2017).

En dehors du parc éolien du plateau d'Andigny dont l'adresse d'exploitation est recensée à Molain, 5 établissements classés ICPE ont été identifiés sur les territoires communaux du périmètre d'étude de dangers. Quatre ICPE présentes à Saint-Souplet ne sont pas localisées et l'état de leur activité n'est pas connu. Leur localisation n'est pas connue précisément, toutefois en tout état de cause aucune de ces ICPE n'est localisée dans le périmètre d'étude de dangers, à moins de 500 mètres d'un mât du projet de parc de Saint-Souplet. Aucune ICPE de localisation connue n'est localisée dans le périmètre d'étude de dangers, la plus proche est l'élevage de porc de Thierry LEBLON localisé à 2,7 km à l'Est de l'éolienne E1 (source : Basias, 2017).

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

## Etablissement ICPE éolien

Le parc éolien construit le plus proche est situé au plus près à 1,7 km au Sud-Est de l'éolienne E5. Il s'agit du parc éolien du Plateau d'Andigny comprenant en tout 7 éoliennes pour une puissance totale de 21 MW. A noter qu'un parc éolien autorisé et construit pendant l'été 2017 est également localisé à proximité de la zone d'étude de dangers, il s'agit du parc éolien du Mont de Bagny, composé de 8 éoliennes qui est localisé au plus près à 1 400 m à l'Ouest de l'éolienne E8.

⇒ Aucun parc éolien construit ou accordé n'intègre le périmètre de l'étude de dangers.

### 3 - 1d Autres activités

#### Zone d'activité agricole

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

De manière générale, l'activité agricole du territoire est tournée vers la grande culture avec des exploitations de taille moyenne : environ 75 hectares/exploitation pour la commune de Saint-Souplet, 72 hectares/exploitation pour la commune de Saint-Martin-Molain et 101 hectares/exploitation pour la commune de Molain.

	Saint-Souplet	Saint-Martin-Rivière	Molain
<b>Nombre d'exploitations</b>	14	4	4
<b>Surface Agricole Utile communale (SAU en ha)</b>	1051	289	405
<b>Cheptel en Unité Gros Bétail (UGB)</b>	932	352	295
<b>Superficie labourable (en ha)</b>	796	244	322
<b>Superficie en cultures permanentes (en ha)</b>	0	0	0
<b>Superficie toujours en herbe (en ha)</b>	255	45	83

Tableau 8 : Caractéristiques principales des exploitations agricoles des communes du périmètre d'étude de dangers (source : AGRESTE, 2010)

D'après les inventaires de terrain et les photographies aériennes, le site éolien à l'étude est essentiellement occupé par des terres arables pour la culture de céréales et de betteraves ainsi que par des pâtures propices à l'élevage.

### 3 - 2 Environnement naturel

#### 3 - 2a Contexte climatique

Le climat de la région Hauts-de-France est **tempéré et océanique dit de « transition »**, avec quelques influences continentales. Les amplitudes thermiques sont modérées (un peu plus grandes que sur le littoral) et les hivers sont doux avec un temps instable. Il pleut en moyenne environ 600 à 650 mm par an.

La station de référence la plus proche est celle de Cambrai-Epinoy localisée à l'aérodrome de Roupy, à 30 km au Nord-Ouest du projet.

#### Température

L'amplitude thermique moyenne entre l'hiver et l'été ne dépasse pas 15 °C. Si on établit une comparaison avec Paris, on constate que Cambrai est plus froid de 1,5 à 2 °C, toutes saisons confondues.

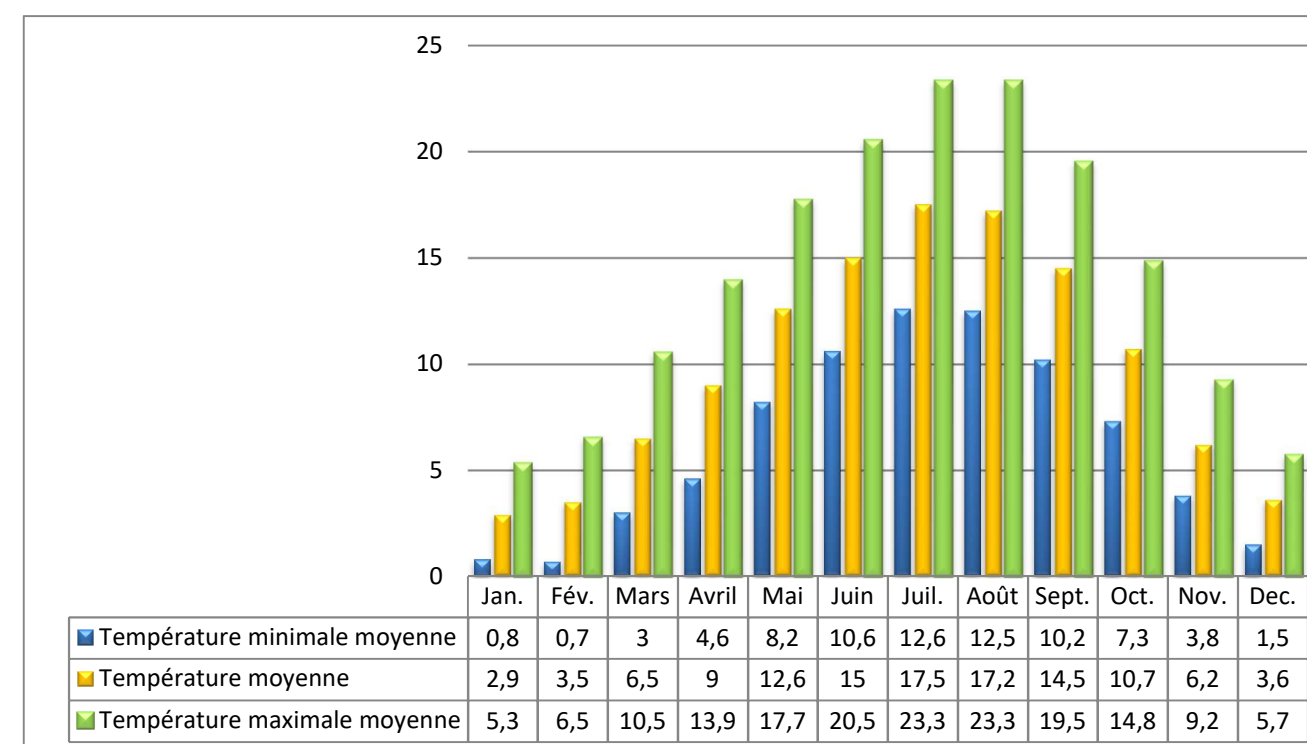


Figure 1 : Illustration des températures moyennes de 2011 à 2015 – Station de Cambrai-Epinoy (source : infoclimat.fr, Station de Cambrai-Epinoy)

#### Pluviométrie

Les précipitations sont réparties également toute l'année, avec des maximums en février, juillet et août, le mois d'avril étant le plus sec. Contrastant avec l'image pluvieuse de la région, le total annuel des précipitations est relativement modeste avec 642 mm annuel en moyenne à Cambrai-Epinoy, valeur identique à celle de la station de Paris-Montsouris, qui est à la même altitude, et inférieure à celle de Toulouse (656 mm) ou Nice (767 mm).

Cependant, le nombre de jours de pluie (63 à Nice contre 120 à Cambrai) confirme le caractère océanique du climat.

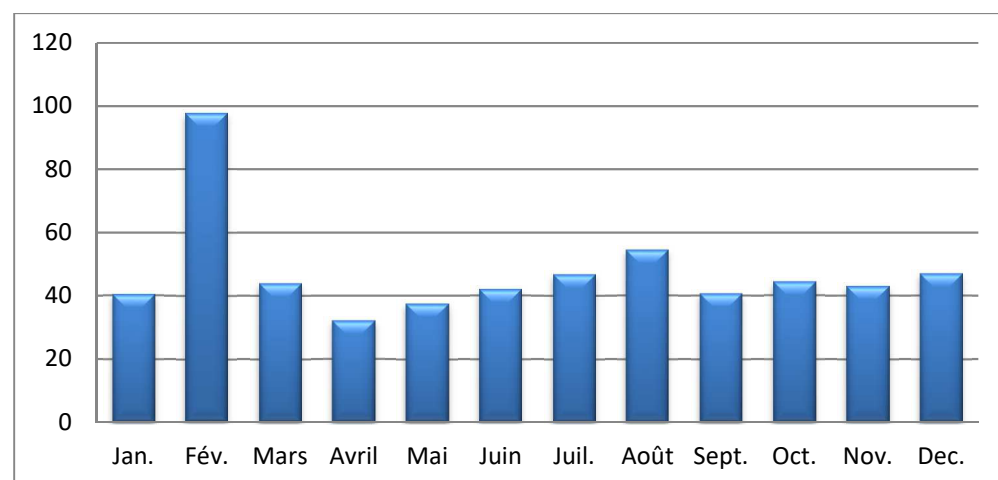


Figure 2 : Illustration des précipitations moyennes de 1981 à 2010 – Station de Cambrai-Epinoy (source : infoclimat.fr, Station de Cambrai-Epinoy)

### Neige, gel

La ville de Cambrai compte plus de 20 jours de neige par an contre 14 jours par an pour la moyenne nationale. Elle connaît également 59 jours de gel par an, pour une moyenne nationale de 50 jours environ.

### Orage, grêle, brouillard, tempête

La ville de Cambrai compte 15 jours d'orage par an. Le climat est moyennement orageux avec une densité de foudroiement (11) largement inférieure à celle au niveau national (20). Elle connaît également 71 jours de brouillard contre 40 jours par an pour la moyenne nationale. Enfin, elle compte 3 jours de grêle par an en moyenne.

Le vent est dit fort lorsque les rafales dépassent 57 km/h. La ville de Cambrai connaît 60 jours par an de vent fort.

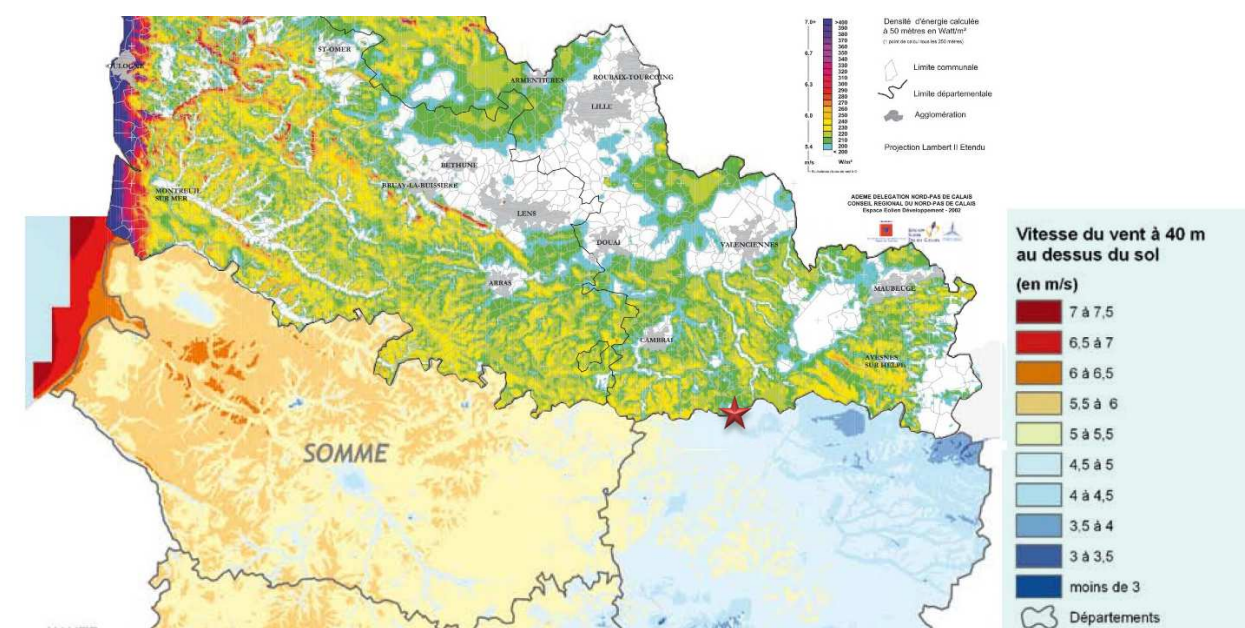
### Ensoleillement

Le secteur d'étude bénéficie d'un ensoleillement inférieur à la moyenne national : 1 520 h pour la station de Cambrai contre 1 973 h pour la moyenne française.

### Analyse des vents

D'après le schéma éolien de l'ancienne région Nord / Pas-de-Calais, la densité d'énergie de la zone d'implantation du projet à 50 m de hauteur du sol varie entre 210 et 230 watt/m<sup>2</sup>.

D'après le Schéma éolien de l'ancienne région Picardie, la zone dans laquelle s'inscrit le projet de parc éolien de Saint-Souplet se situe près d'une zone suffisamment ventée, avec des vents de 4,5 à 5 m/s à 40 m de hauteur du sol.



Carte 4 : Densité d'énergie du Nord Pas-de-Calais à 50 m de hauteur du sol et vitesse des vents à 40 m de hauteur du sol en Picardie– Légende : Etoile rouge / Localisation de la zone d'implantation du projet (sources : Schéma Régional Eolien Nord-Pas-de-Calais et Picardie)

Toutefois, le gisement éolien est décrit à l'échelle régionale. Il sera précisé via le recueil de données locales issues d'un mât de mesure implanté en Octobre 2017 sur le site d'étude.

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

### 3 - 3 Risques naturels

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

Le droit à cette information, institué en France par la loi du 22 juillet 1987 et inscrit à présent dans le Code de l'Environnement, a conduit à la rédaction dans le département du Nord d'un dossier Départemental des Risques Majeurs (DDRM), approuvé en 2011. Le DDRM de l'Aisne a été approuvé le 3 décembre 2001. Il a fait l'objet de plusieurs révisions. C'est sur la dernière version du 24 mars 2015 ainsi que sur le DDRM du département du Nord, que l'analyse qui suit s'est basée.

⇒ Notons que l'arrêté préfectoral du Nord, en date du 19 avril 2011 et l'arrêté préfectoral de l'Aisne, en date du 24 mars 2015, fixent la liste des communes concernées par un ou plusieurs risques majeurs. Ils indiquent que les territoires communaux du périmètre d'étude de dangers sont concernés par au moins un risque majeur (cf. tableaux ci-dessous).

N° INSEE	NOM DE LA COMMUNE	RISQUES NATURELS										RISQUES TECHNOLOGIQUES									
		inondation		séisme		retrait - gonflement		cavités souterraines		industriel	nucléaire	TMD		minier							
		Type	AZI	PPRn	arrêtés	zonage	PPRn	arrêtés	présence	PPRn	arrêtés	présence	PPRn	arrêtés	PPI	PPRt	UNB	présence	polmar	PPI	PPR minier
59545	SAINT-SOUPLET		p			f						X	p								

PPR : Plan de Prévention des Risques naturels (PPRn) ou technologiques (PPRt)  
In : inondation ; mvt : mouvement de terrain

Tableau 9 : Synthèse des risques majeurs sur le territoire d'implantation du parc projeté (source : DDRM 59, 2011)

	PPR				RISQUES						
	I	ICB	MVT	T	S1	S2	RD	TMD	Se	Si	
MOLAIN						2					
SAINT MARTIN RIVIERE						2					

PPR : Plan de Prévention des Risques : « I » Inondations, « ICB » inondations et coulées de boue, « MVT » mouvements de terrain, « T » Technologiques  
Risques : « S1 » sismicité très faible, « S2 » sismicité faible, « RD » rupture de barrage ou de digue, « TMD » transport matières dangereuses, « Se » seveso, « Si » Silo

Tableau 10 : Synthèse des risques majeurs sur le territoire d'implantation du parc projeté (source : DDRM 02, 2015)

#### Arrêté de catastrophes naturelles

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

Commune	Nature de la catastrophe naturelle	Date d'arrêté
Saint-Souplet	Inondations, coulées de boue et mouvements de terrain	29/12/1999
Saint-Martin-Rivière		
Molain		

Tableau 11 : Inventaire des arrêtés de catastrophe naturelle (source : prim.net, 2017)

#### Inondation

##### Projet éolien de Saint-Souplet (59)

Dossier de demande d'Autorisation Environnementale

#### Définition

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

On distingue trois types d'inondations :

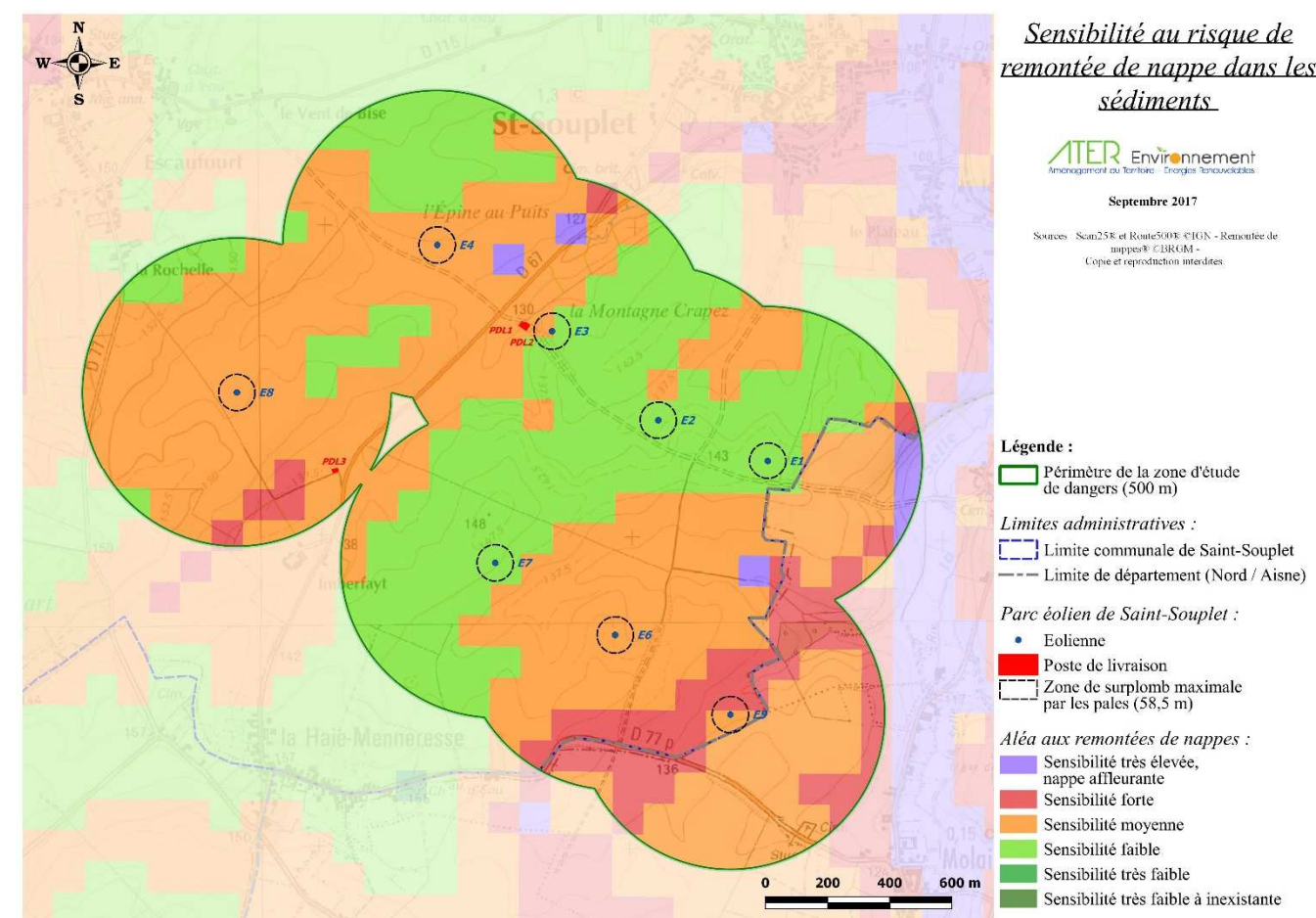
- la montée lente des eaux par débordement d'un cours d'eau ou remontée de la nappe phréatique,
- la formation rapide de crues torrentielles consécutives à des averses violentes,
- Le ruissellement pluvial renforcé par l'imperméabilisation des sols et les pratiques culturales limitant l'infiltration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

#### Sur le territoire d'étude

##### Inondation par remontée de nappe :

La donnée des remontées de nappes produite par le BRGM en 2011 est issue d'une cartographie des risques à l'échelle des départements d'après une méthode nationale. Cette cartographie reflète l'état des connaissances du risque à la date de leur élaboration et a une valeur informative, compte tenu de l'échelle du périmètre d'étude de dangers.

Aussi, il apparaît que quatre éoliennes (E1, E2, E3 et E7) sont dans des zones où la sensibilité au risque de remontée de nappe dans les sédiments est faible. Les quatre autres éoliennes sont localisées dans des zones où cette sensibilité est moyenne (E4, E5, E6 et E8).



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

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

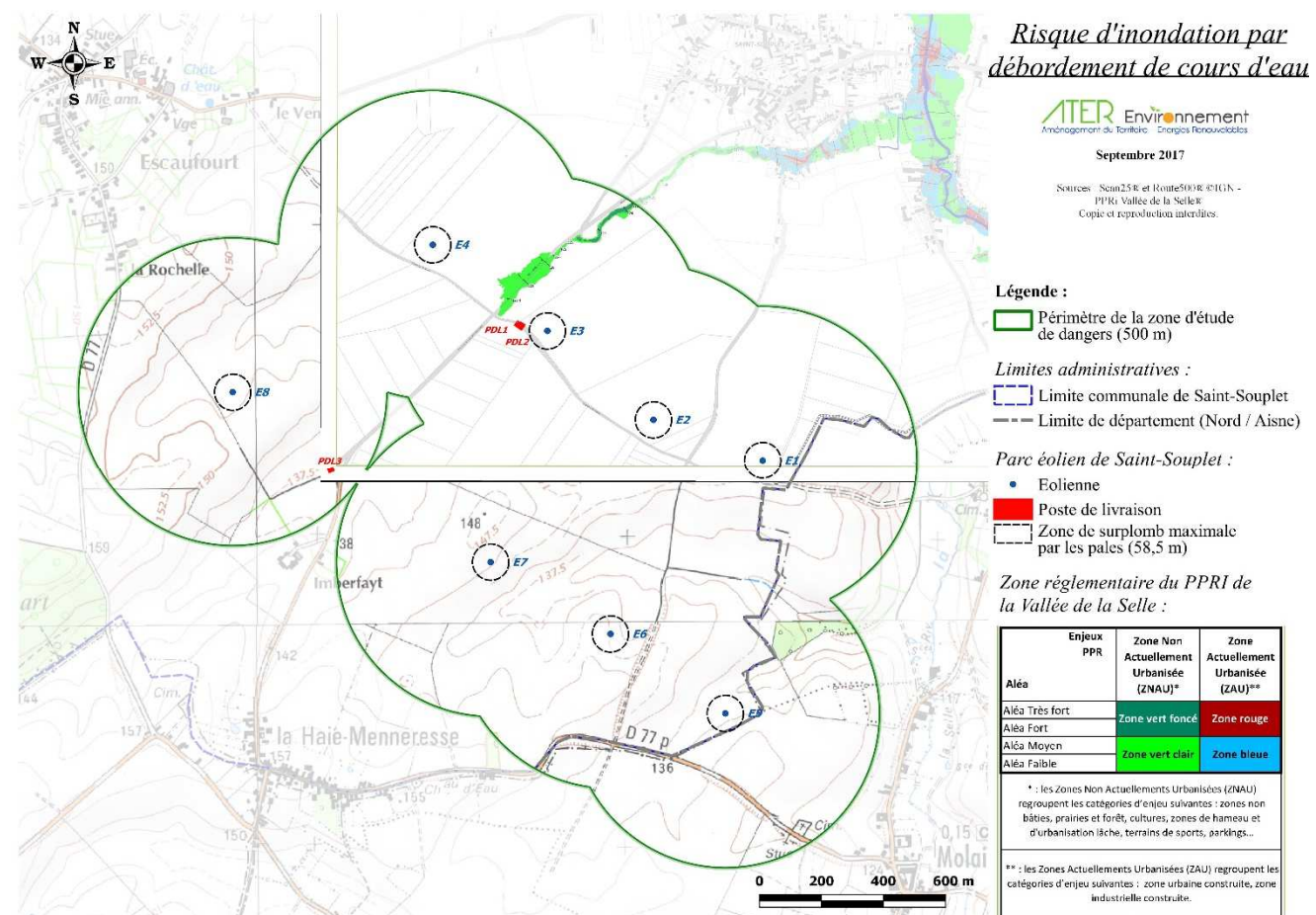
La commune de Saint-Souplet est soumise à un Plan de Prévention des Risques Inondation. Le PPRi de la Selle a été approuvé le 16 juin 2017 après enquête publique.

Comme le présente la carte suivante, les huit éoliennes constituant le parc de Saint-Souplet sont implantées en dehors de tout zonage réglementaire lié au PPRi de la Selle.

L'Atlas des Zones Inondables (AZI), élaboré par la DDT, constitue un outil cartographique contribuant à améliorer les connaissances des phénomènes d'inondations susceptibles de se produire par débordement de cours d'eau.



Aucun AZI n'est présent dans le périmètre d'étude de dangers. Le plus proche est celui de la Selle, localisé à 5,7 km au Nord de l'éolienne E4.



Carte 6 : Localisation du PPRi de la Selle sur le périmètre d'étude de dangers (source : Préfecture du Nord)

⇒ Le projet se situe en dehors de tout zonage réglementaire de PPRi ;  
 ⇒ Le risque d'inondation est donc faible.

### Mouvement de terrain

#### Définition

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

#### Sur le territoire d'étude

Plusieurs cavités sont présentes sur le territoire communal de Saint-Souplet et recensées dans le tableau suivant (source : bdcavité.net, 2017). Aucune cavité n'est localisée sur les territoires communaux de Saint-Martin-Rivière et de Molain.

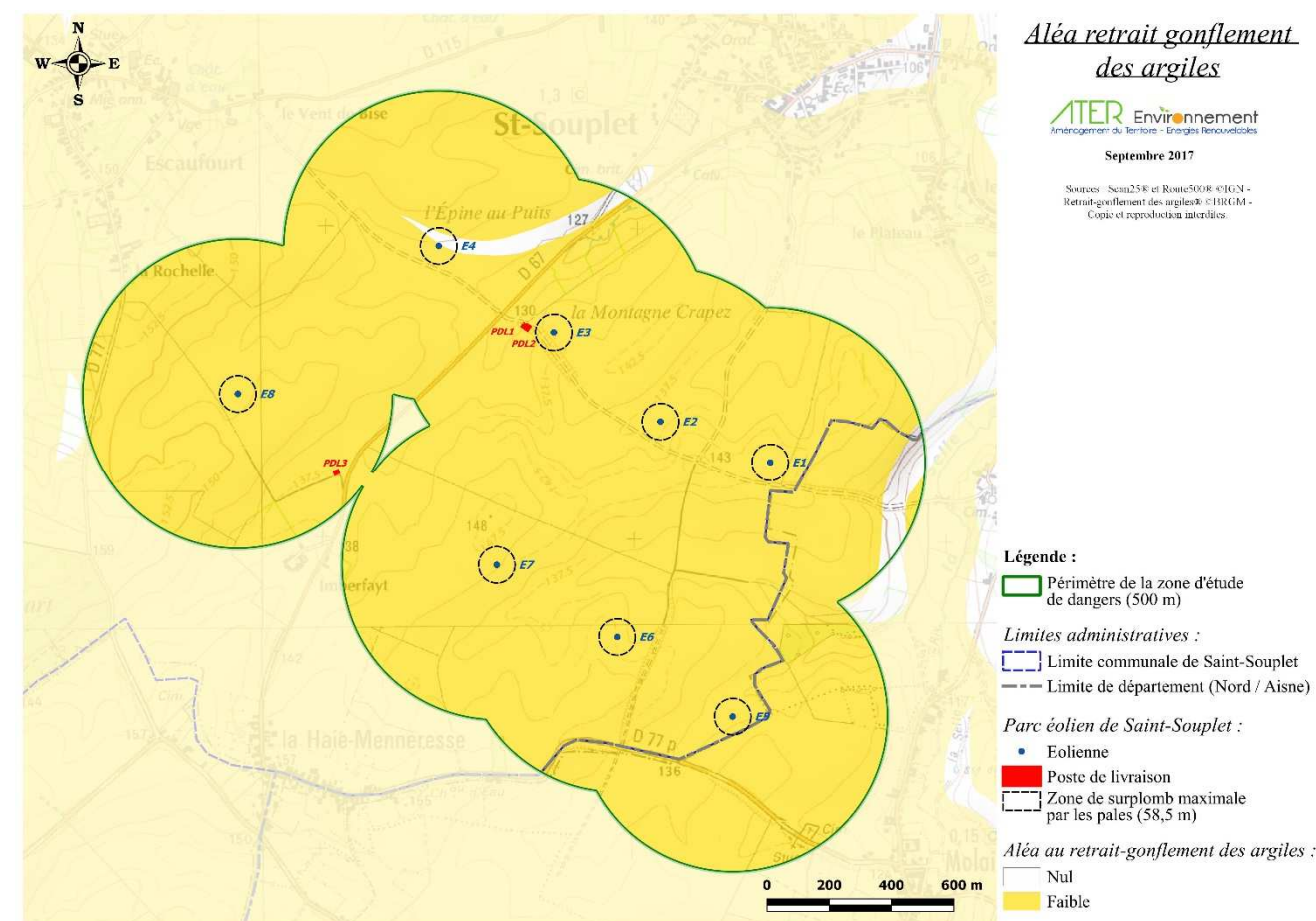
Toutefois, aucune de ces cavités n'est située dans le périmètre d'étude de dangers. La plus proche est la cavité NPCAA20000162 situé à 975 mètres au Nord-Ouest de l'éolienne E8.

Commune	Identifiant	Nom	Localisation	Type
Saint-Souplet	NPCAA20000162	Affaissement de la chaussée de la D115	975 m NO de E8	ouvrage civil
	NPCAW0033858	Souterrain aux n°3 et 10 rue du Moulin	1 050 m E de E3	ouvrage civil
	NPCAA20000163	Souterrains Grand' Place	1 170 m E de E3	cave
	NPCAW0033859	Effondrement de terrain au 22 Grande Rue	1 240 m E de E3	indéterminé

Tableau 12 : Inventaire des cavités sur le territoire d'étude et localisation de celles-ci vis-à-vis des éoliennes (source : georisques.gouv.fr, 2017)

⇒ Aucune cavité n'est présente au sein du périmètre d'étude de dangers ;  
 ⇒ La plus proche est située à 975 mètres de l'éolienne E8.

Retrait et gonflement d'argile : Le projet est soumis à un aléa faible lié au retrait et gonflement des argiles.



Carte 7 : Aléa retrait-gonflement des argiles sur le projet (source : www.argiles.fr, 2017)

⇒ Le projet est soumis à un aléa faible de retrait et gonflement des argiles. Ce point sera confirmé ou infirmé par la réalisation de sondages lors de la phase de travaux.

## Risque sismique

### Définition

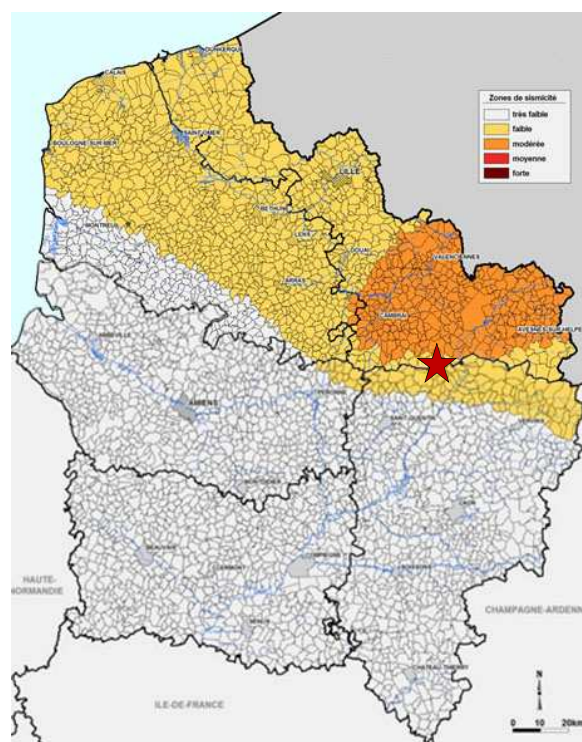
Un séisme est une fracturation brutale des roches en profondeur, créant des failles dans le sol et parfois en surface, et se traduisant par des vibrations du sol transmises aux bâtiments. Les dégâts observés sont fonction de l'amplitude, de la durée et de la fréquence des vibrations.

Le séisme est le risque naturel majeur qui cause le plus de dégâts.

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

### Sur le territoire d'étude

L'actuel zonage sismique classe le territoire d'accueil du projet en zone de sismicité 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.



Carte 8 : Zonage sismique en Hauts-de-France – Légende : Etoile rouge / localisation de la zone d'implantation (source : planseisme.fr, 2017)

⇒ Le projet est soumis à un risque sismique faible.

## Feux de forêt

### Définition

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

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

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

### Projet éolien de Saint-Souplet (59)

Dossier de demande d'Autorisation Environnementale

### Sur le territoire d'étude

Les Dossiers Départementaux des Risques Majeurs du Nord et de l'Aisne n'identifient pas de risque concernant les incendies de forêt. Il peut donc être considéré comme faible.

⇒ Le risque de feux de forêt est faible.

## Tempête

### Définition

L'atmosphère terrestre est un mélange de gaz et de vapeur d'eau, répartis 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** et celles où les pressions sont élevées, **anticyclones** ;
- **la température** ;
- **le taux d'humidité**.

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

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

### Sur le territoire d'étude

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

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

## Foudre

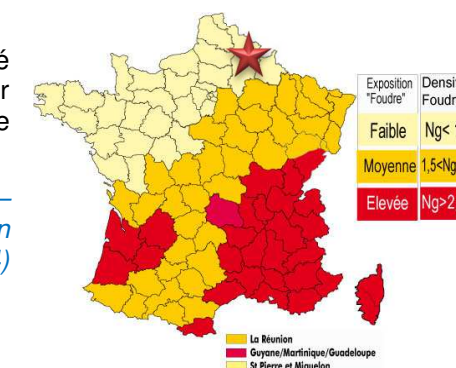
### Définition

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

### Sur le territoire d'étude

Le climat global du département est faiblement orageux : la densité de foudroiement est de 1,3 à 1,5 impacts de foudre par an et par km<sup>2</sup>, nettement inférieure à la moyenne nationale de 2,0 impacts de foudre par an et par km<sup>2</sup>.

Carte 9 : Densité de foudroiement / Légende : Etoile rouge – Localisation de la zone d'implantation (source : citel, 2014)



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

## 3 - 4 Environnement matériel

### 3 - 4a Voie de communication

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

#### Infrastructure aérienne

Dans sa réponse, en date du 25 août 2017, la Sous-Direction Régionale de la Circulation Aérienne Militaire Nord (SDRCAM Nord) ne mentionne la présence d'aucune servitude aéronautique militaire.

Une demande de servitude a été adressée à la DGAC. Cette demande est à la date d'écriture de ce rapport, restée sans réponse.

#### Infrastructure ferroviaire

La ligne ferroviaire la plus proche concerne la ligne de Busigny – Maubeuge, localisée à 2,2 km au Nord-Ouest de l'éolienne E4. Cette dernière n'intègre donc pas le périmètre d'étude de dangers.

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

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

Le domaine routier est confié aux Conseils Départementaux. Les Conseils Départementaux du Nord et de l'Aisne sont concernés par le périmètre d'étude de dangers du projet de parc.

#### Introduction

Pour mémoire, même si le périmètre d'étude de dangers ne recoupe pas ces infrastructures routières, il est noté la proximité des éléments suivants :

- L'autoroute A26, relie Calais à l'A5 en passant par Arras, Cambrai et Reims. Elle passe au plus près à 23,5 km à l'Ouest de l'éolienne E8 ;
- La RD 21 dans le Nord puis RD 8 dans l'Aisne, reliant Saint-Quentin au Cateau-Cambrésis, et passant au plus près à 2,5 km à l'Ouest de l'éolienne E8 ;
- La RD 643 dans le Nord puis RD 1043 dans l'Aisne, reliant Cambrai à Nouvion-en-Thiérache, se localise au plus près à 6,5 km au Nord de l'éolienne E4 ;
- La RD 934 dans le Nord puis RD 946 dans l'Aisne, reliant Guise à Landrecies, et passant au plus près à 9,5 km à l'Est de l'éolienne E5.

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

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

- Les routes départementales non-structurantes RD67, RD77 et RD77p ;
- Des chemins ruraux (nommés aussi communaux) identifiés « Cc » sur la carte récapitulative des enjeux matériels.

#### Définition du trafic

Les routes départementales 67, 77 et 77p supportent un trafic journalier inférieur à 2 000 véhicules. En 2007, 1 716 véhicules par jour ont été dénombrés sur la RD67 d'après le Conseil Départemental du Nord. D'après le Conseil Départemental de l'Aisne les routes départementales 77 et 77p ont vu transiter respectivement, 634 et 424 véhicules par jour en moyenne en 2016.

Concernant le trafic routier supporté par les chemins ruraux (ou communaux), aucune donnée n'est disponible.

Ci-dessous sont présentées les distances des éoliennes par rapport aux différentes voies de communication recensées dans un rayon de 500 m autour de chaque éolienne :

Eolienne	RD67	RD77	RD77p	Chemin rural ou communal ou d'exploitation	
E1	-	-	-	54 m Cc5 70 m Cc6 200 m Cc4 235 Cc9	240 m Cc3 375 m Cc10 450 m Cc11 470 m CC8
E2	-	-	-	69 m Cc3 160 m Cc4 180 m Cc6 180 m Cc9	430 m Cc5 430 m Cc8 470 m Cc10 500 m Cc2
E3	160 m	-	-	38 m Cc3 75 m Cc2	110 Cc1 360 Cc19
E4	300 m	-	-	70 m Cc1 290 Cc7	305 m Cc3 375 m Cc2
E5	-	-	190 m	225 m Cc11 240 m Cc12 315 m Cc9 350 m Cc18	370 m Cc17 410 m Cc10 495 m Cc8
E6	-	-	340 m	120 m Cc9 245 m Cc8	280 m Cc10 355 m Cc17
E7	-	-	-	185 m Cc8 245 m Cc16	340 m Cc15
E8	425 m	435 m	-	65 m Cc13 280 m Cc7	335 m Cc14 450 m Cc8

Tableau 13 : Distance des éoliennes par rapport aux infrastructures routières intégrant le périmètre d'étude de dangers

⇒ Aucune route structurante n'est recensée dans le périmètre d'étude de dangers ;  
 ⇒ L'éolienne E1 survole le Cc5 (Chemin d'exploitation appartenant à l'AFR et cadastré ZE14) et l'éolienne E3 survole le Cc3 (Chemin rural n°2 dit chemin des Charbonniers).

#### Distance d'éloignement préconisée

Le Conseil Départemental de l'Aisne préconise à ce qu'une distance d'éloignement égale à la hauteur de mat + un demi-diamètre de rotor entre les limites du domaine routier et le pied des éoliennes soit respectée, soit 150 mètres pour le gabarit retenu. Ce périmètre de protection rapproché s'applique à la RD 77p. L'éolienne la plus proche de cette route départementale est E5 située à 190 mètres de celle-ci.

Le Conseil Départemental du Nord informe de l'absence de servitude sur les routes départementales 67 et 77, néanmoins un périmètre de protection correspondant à la hauteur totale en bout de pale entre les limites du domaine routier et le pied des éoliennes a été respecté. Ainsi l'éolienne la plus proche de la départementale 67 est l'éolienne E3 située à 160 m.

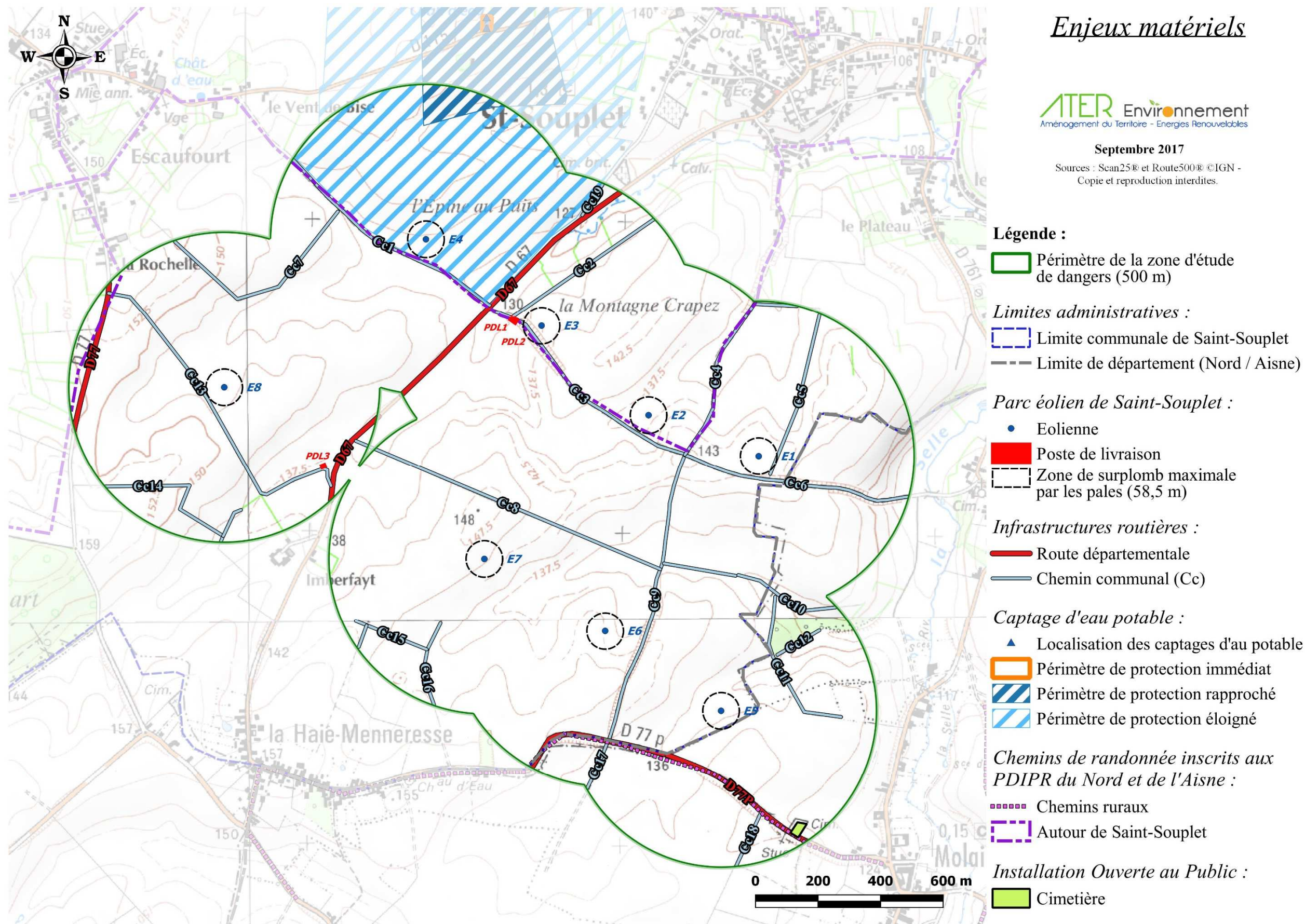
⇒ Les préconisations du Conseil Départemental de l'Aisne ont été respectées. Une distance d'éloignement similaire a été respectée par rapport aux routes départementales du département du Nord.

## Enjeux matériels

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

Septembre 2017

Sources : Scan25® et Route500® ©IGN -  
Copie et reproduction interdites.



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

## Chemins de Randonnée

Deux sentiers de randonnée intègrent le périmètre d'étude de dangers. La boucle « Autour de St-Souplet », inscrite au PDIPR (Plan Départemental des Itinéraires de Promenade et de Randonnées) du département du Nord, est localisée au plus près à 38 mètres de l'éolienne E3. Cette dernière surplombe ainsi ce sentier de randonnée.

L'ancien chemin rural de la commune de Molain, actuellement requalifié en RD77p, est distant de 190 mètres de l'éolienne E5, la plus proche.

Toutefois concernant la fréquentation de ces chemins de randonnée aucune donnée n'est disponible.

## 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.

Aucune des communes accueillant le projet n'est soumise à un risque lié au transport de matière dangereuse. Les infrastructures de déplacement terrestre les plus proches du projet, au sein desquelles un tel risque peut être inventorié, sont la route départementale RD21, localisée à 2,5 km des éoliennes E4 et E8, ainsi que la voie ferroviaire en direction du Cateau-Cambrésis à 2,2 km au Nord de l'éolienne E4.

### 3 - 4b Réseaux publics et privés

#### Servitudes de télécommunications

D'après un courrier daté du 10 mai 2017, à ce jour le projet n'impacte a priori pas le réseau de transmission hertzien SFR, localisé à 1 000 m au Sud de l'éolienne E5.

⇒ Aucun faisceau hertzien n'est compris dans le périmètre de l'étude de dangers du projet de parc éolien de Saint-Souplet.

#### Servitudes électriques

En date du 3 mai 2017, RTE informe qu'aucune ligne, aérienne ou souterraine, appartenant au réseau public de transport d'énergie électrique ne traverse la zone de construction concernée.

⇒ Aucune infrastructure électrique appartenant au réseau public n'est inventoriée dans le périmètre de dangers.

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

Par courrier réponse en date du 2 mai 2017, GRT gaz informe que la zone d'implantation du projet se situe en dehors des Servitudes d'Utilité Publique Maîtrise de l'Urbanisation des ouvrages GRT gaz.

⇒ Le projet de parc éolien de Saint-Souplet est en dehors de toute servitude d'utilité publique liée à un ouvrage GRT gaz.

#### Radar Météo France

Par courrier en date du 24 avril 2017, Météo France informe que le projet est situé à plus de 21 km du radar le plus proche, à savoir le radar de Taisnières-en-Thiérache. Cette distance est supérieure à la distance minimale d'éloignement fixée par l'arrêté du 26 août 2011 relatif aux installations de production d'électricité utilisant l'énergie éolienne.

⇒ Dès lors, aucune contrainte réglementaire spécifique ne pèse sur ce projet au regard des radars météorologiques et l'avis de Météo France n'est pas requis pour sa réalisation.

## Services d'Incendie et de Secours

Les services d'incendie et de secours SDIS ont été consultés en 2015 et ont émis une réponse par courrier en date du 29 Octobre 2015. La réponse relate l'absence de servitudes dans la zone de projet et rappelle les règles de sécurité à prendre en compte pour la construction du projet (accessibilité aux véhicules de secours, numérotation des équipements, affichage des risques ...).

## Captage AEP

Dans sa réponse via courrier électronique, en date du 11 avril 2017, le Service Santé Environnement dans l'Aisne de l'Agence Régionale de Santé des Hauts-de-France informe de l'absence d'ouvrage d'adduction d'eau potable sur les territoires communaux de Molain et de Saint-Martin-Rivière.

Dans sa réponse, via courrier électronique en date du 27 avril 2017, le Service Qualité des Eaux en Nord-Pas-de-Calais de l'ARS Hauts-de-France mentionne la localisation de deux captages d'eau potable 00378X0157 et 00378X0156 à 695 mètres au Nord de l'éolienne E4, au lieu-dit de « Lamerie ».

Ces captages d'eau potable sont protégés par trois périmètres de protection arrêtés par une Déclaration d'Utilité Publique en date du 27 mai 1988. L'éolienne E4 est localisée dans le périmètre de protection éloigné de ce captage. Cette DUP régit l'ouverture de toute excavation. Une demande d'autorisation préalable auprès du Préfet du département du Nord sera réalisée.

⇒ L'éolienne E4 est localisée dans le périmètre de protection éloigné des deux points de captage d'eau potable localisés au lieu-dit de « Lamerie ». Une demande d'autorisation préalable auprès du Préfet du département du Nord sera réalisée dans le cadre des excavations nécessaires aux fondations de l'éolienne E4.

### 3 - 4c Autres ouvrages publics

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

### 3 - 4d Patrimoine historique et culturel

#### Monument historique

Aucun monument historique ne se situe au sein du périmètre de l'étude de dangers. Le plus proche est l'ancien château de Busigny. Ce monument inscrit dont seules deux tours subsistent, est localisé à 3 km à l'Ouest de l'éolienne E8.

#### Archéologie

Par courrier du 11 septembre 2017, la DRAC des Hauts-de-France précise que, d'après les informations en leur possession, le projet n'est pas susceptible d'affecter les éléments du patrimoine archéologique. Ainsi les travaux réalisés ne feront pas l'objet de prescriptions de mesures de détection, de conservation ou de sauvegarde par l'étude scientifique comme définies dans le livre V du code du patrimoine. Toutefois une déclaration immédiate devra être faite dans le cas d'une découverte de vestiges archéologiques durant les travaux.

## 3 - 5 Cartographie de synthèse

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

### 3 - 5a Définition des périmètres d'étude

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

- **Zone de surplomb** (0 – 58,5 m) : elle correspond à la zone de risque de chute d'éléments provenant de la machine ou de chute de glace, par action de la gravité. L'hypothèse retenue correspond au scénario le plus impactant, c'est-à-dire le plus grand rayon de rotor de la machine envisagée. Celui-ci est de 58,5 m pour la machine N117.
- **Zone d'effondrement** (0 – 150 m) : aussi appelée zone de ruine de machine, elle correspond à la zone où l'éolienne peut tomber au sol, soit une zone de rayon 149,4 m, qui correspond à la hauteur totale maximale des éoliennes N117, la hauteur maximale envisagée. Cette zone est arrondie à 150 m.

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

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

Si l'on considère la machine Nordex N177, la surface impactée par l'effondrement de la machine est de 809 m<sup>2</sup>.

Remarque : La machine N117 du constructeur Nordex présente la hauteur d'éolienne maximale envisagée pour ce projet. Il en est de même pour son rayon de rotor, qui est de 58,5 m. L'étude de dangers s'intéresse donc ici à cette machine présentant les caractéristiques les plus impactantes.

- **Zone de projection de glace** (0 – 312 m) : elle correspond à la zone où des morceaux de glace, généralement formés sur les pales, peuvent être projetés lors de la mise en route de la machine. Ce périmètre est défini selon la formule suivante :

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

L'hypothèse la plus défavorable est retenue, **une zone de projection de glace de 312 m de rayon sera étudiée, définie à partir d'une hauteur au moyeu de 91 m et un diamètre de rotor de 116,8 m (machine N117). Le rayon obtenu est précisément de 311,7 m, il est arrondi à 312 m dans un souci de lecture**

- **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 - 5b Les enjeux humains

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

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

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

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

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

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

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

	Zone de surplomb	Zone de ruine	Zone de projection de glace	Intégralité du périmètre
<b>Rayon (m)</b>	58,5	150	312	500
<b>Superficie (ha)</b>	1,07	7,07	30,6	78,5
<b>Nombre d'individus</b>	0,01 personne	0,07 personne	0,31 personne	0,79 personne

Tableau 14 : Définition de l'enjeu humain relatif aux terrains non urbanisés

### Relatif aux infrastructures routières structurantes

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

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

L'inventaire des voies de communications présentes au sein du périmètre d'étude de dangers est présenté dans la partie 3.4.a de la présente étude de dangers. **Aucune infrastructure routière structurante (> 2 000 véhicules/jour) ne traverse le périmètre d'étude de dangers.**

### Relatif aux infrastructures routières non structurantes – terrains aménagés mais peu fréquentés

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

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

Eolienne E1				
Périmètre concerné	Route(s) concernée(s)	Longueur cumulée des infrastructures (mètres)	Surface* en ha	Nombre d'individus exposés
				1 personne / 10 ha
Zone de surplomb	Cc5	35	0,02	0,00
Zone de ruine	Cc5 et Cc6	470	0,24	0,02
Zone de projection de glace	Cc5, Cc6, Cc4, Cc3 et Cc9	1415	0,71	0,07
Zone de projection de pale	Cc5, Cc6, Cc4, Cc3, Cc9, Cc10, Cc11 et Cc8	3150	1,58	0,16

(\*) Considérant une largeur de 5 mètres de l'infrastructure pour les chemins communaux.

Tableau 15 : Définition de l'enjeu humain relatif aux terrains aménagés mais peu fréquentés – Eolienne E1

Eolienne E2				
Périmètre concerné	Route(s) concernée(s)	Longueur cumulée des infrastructures (mètres)	Surface* en ha	Nombre d'individus exposés
				1 personne / 10 ha
Zone de surplomb	-	-	-	-
Zone de ruine	Cc3	280	0,14	0,01
Zone de projection de glace	Cc3, Cc4, Cc6 et Cc9	1170	0,59	0,06
Zone de projection de pale	Cc3, Cc4, Cc6, Cc9, Cc5, Cc8 et Cc10	2915	1,46	0,15

(\*) Considérant une largeur de 5 mètres de l'infrastructure pour les chemins communaux.

Tableau 16 : Définition de l'enjeu humain relatif aux terrains aménagés mais peu fréquentés – Eolienne E2

Eolienne E3				
Périmètre concerné	Route(s) concernée(s)	Longueur cumulée des infrastructures (mètres)	Surface* en ha	Nombre d'individus exposés
				1 personne / 10 ha
Zone de surplomb	Cc3	90	0,05	0,00
Zone de ruine	Cc3 et Cc2	465	0,23	0,02
Zone de projection de glace	Cc3, Cc2 et Cc1	985	0,59	0,06
	D67	545	0,55	0,05
Zone de projection de pale	Cc3, Cc2, Cc1 et Cc19	1665	0,59	0,06
	D67	960	0,96	0,10

(\*) Considérant une largeur de 5 mètres de l'infrastructure pour les chemins communaux et 10 mètres pour la route départementale 67.

Tableau 17 : Définition de l'enjeu humain relatif aux terrains aménagés mais peu fréquentés – Eolienne E3

Eolienne E4				
Périmètre concerné	Route(s) concernée(s)	Longueur cumulée des infrastructures (mètres)	Surface* en ha	Nombre d'individus exposés
				1 personne / 10 ha
Zone de surplomb	-	-	-	-
Zone de ruine	Cc1	255	0,13	0,01
Zone de projection de glace	Cc1, Cc7 et Cc3	695	0,35	0,03
	D67	215	0,22	0,02
Zone de projection de pale	Cc1, Cc7, Cc3 et Cc2	1570	0,79	0,08
	D67	795	0,795	0,08

(\*) Considérant une largeur de 5 mètres de l'infrastructure pour les chemins communaux et 10 mètres pour la route départementale 67.

Tableau 18 : Définition de l'enjeu humain relatif aux terrains aménagés mais peu fréquentés – Eolienne E4

Eolienne E5				
Périmètre concerné	Route(s) concernée(s)	Longueur cumulée des infrastructures (mètres)	Surface* en ha	Nombre d'individus exposés
				1 personne / 10 ha
Zone de surplomb	-	-	-	-
Zone de ruine	-	-	-	-
Zone de projection de glace	Cc11 et Cc12	410	0,21	0,02
	D77P	435	0,44	0,04
Zone de projection de pale	Cc11, Cc12, Cc9, Cc17, Cc18 et Cc10	2195	1,10	0,11
	D77P	865	0,865	0,09

(\*) Considérant une largeur de 5 mètres de l'infrastructure pour les chemins communaux et 10 mètres pour la route départementale 77P.

Tableau 19 : Définition de l'enjeu humain relatif aux terrains aménagés mais peu fréquentés – Eolienne E5

Eolienne E6				
Périmètre concerné	Route(s) concernée(s)	Longueur cumulée des infrastructures (mètres)	Surface* en ha	Nombre d'individus exposés
				1 personne / 10 ha
Zone de surplomb	-	-	-	-
Zone de ruine	Cc9	180	0,09	0,01
Zone de projection de glace	Cc9, Cc8 et Cc10	905	0,45	0,05
Zone de projection de pale	Cc9, Cc8, Cc10 et Cc17	1790	0,90	0,09
	D77P	570	0,57	0,06

(\*) Considérant une largeur de 5 mètres de l'infrastructure pour les chemins communaux et 10 mètres pour la route départementale 77P.

Tableau 20 : Définition de l'enjeu humain relatif aux terrains aménagés mais peu fréquentés – Eolienne E6

Eolienne E7				
Périmètre concerné	Route(s) concernée(s)	Longueur cumulée des infrastructures (mètres)	Surface* en ha	Nombre d'individus exposés
				1 personne / 10 ha
Zone de surplomb	-	-	-	-
Zone de ruine	-	-	-	-
Zone de projection de glace	Cc8 et Cc16	570	0,29	0,03
Zone de projection de pale	Cc8, Cc16 et Cc15	1510	0,76	0,08

(\*) Considérant une largeur de 5 mètres de l'infrastructure pour les chemins communaux.

Tableau 21 : Définition de l'enjeu humain relatif aux terrains aménagés mais peu fréquentés – Eolienne E7

Eolienne E8				
Périmètre concerné	Route(s) concernée(s)	Longueur cumulée des infrastructures (mètres)	Surface* en ha	Nombre d'individus exposés
				1 personne / 10 ha
Zone de surplomb	-	-	-	-
Zone de ruine	Cc13	265	0,13	0,01
Zone de projection de glace	Cc13 et Cc7	715	0,36	0,04
Zone de projection de pale	Cc13, Cc7, Cc8 et Cc14	2325	1,16	0,12
	D67 et D77	780	0,78	0,08

(\*) Considérant une largeur de 5 mètres de l'infrastructure pour les chemins communaux et 10 mètres pour les routes départementales 67 et 77.

Tableau 22 : Définition de l'enjeu humain relatif aux terrains aménagés mais peu fréquentés – Eolienne E8

### Relatif aux chemins de randonnées

Pour les chemins de promenade et de randonnée, la circulaire du 10 mai 2010 indique de compter 2 personnes pour 1 km par tranche de 100 promeneurs / jour en moyenne.

**Des chemins de randonnée inscrits au PDIPR de l'Aisne et du Nord ont été recensés au sein du périmètre de dangers (cf. 3.4). Considérant qu'aucune donnée de fréquentation n'est disponible pour ces chemins de randonnée, les personnes fréquentant ces chemins sont incluses dans la catégorie « terrains aménagés mais peu fréquentés », détaillés ci-avant.**

### Relatif aux terrains aménagés et potentiellement fréquentés ou très fréquentés

Un cimetière, est localisé à 415 mètres de l'éolienne E5, dans le périmètre d'étude de dangers.

**Dans le guide technique de l'INERIS, ce type de structure est apparenté à un terrain aménagé et potentiellement fréquentés ou très fréquentés. Sont comptabilisées 10 personnes à l'hectare au minimum.**

La surface relevée du cimetière via orthophotographie de l'IGN est de 1 300 m<sup>2</sup>, ce qui correspond à 1,30 individu exposé. Toutefois des événements ponctuels tels des funérailles ou des commémorations, peuvent conduire à une augmentation de l'affluence du site. Ainsi, il peut être considéré une fréquentation ponctuelle maximale de 300 personnes.

## 3 - 5c Enjeux matériels

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

- Les routes départementales 67, 77 et 77p non-structurantes ;
- Le cimetière de Molain à 415 m au Sud – Est de l'Eolienne E5 ;
- Les périmètres de protection éloigné et rapproché du captage d'eau potable de Saint-Souplet « Lamerie ».

## 3 - 5d Synthèse des risques

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

Pour rappel, les terrains non aménagés et très peu fréquentés correspondent aux terrains non bâtis à savoir les champs, prairies, forêts, friches, marais... Les terrains aménagés mais peu fréquentés correspondent aux voies de circulation non structurantes, aux voies communales, aux chemins agricoles, aux sentiers de randonnées... Enfin, les terrains aménagés et potentiellement fréquentés ou très fréquentés correspondent aux cimetières, parkings, parcs et jardins publics, zones de baignades surveillées, terrains de sport...

Le tableau de synthèse des enjeux humains suivant est élaboré selon la méthodologie suivante :

- Colonne « Ensemble homogène » : éléments situés dans l'aire d'étude de l'éolienne considérée (zones habitées, voies de circulation, commerces, zones industrielles, terrains non bâtis, établissements recevant du public, etc.) ;
- Colonne « Surface » :
  - pour les **terrains aménagés mais peu fréquentés** la surface correspond à celle calculées dans les tableaux 15 à 22. A savoir, pour chaque périmètre :

$$surface \text{ (en ha)} = \frac{\text{linéaire mesuré de l'infrastructure} \times \text{largeur de l'infrastructure (5 m ou 10 m)}}{10\,000}$$

- pour les **terrains non aménagés et très peu fréquentés**, la surface résulte de la différence entre la zone d'effet Ze de chaque périmètre calculé en accord avec les caractéristiques techniques de l'éolienne N117 (tableau 14) et la surface des terrains aménagés mais peu fréquentés calculée précédemment :

$$surface \text{ (ha)} = Ze \text{ du périmètre étudié} - surface \text{ de terrains aménagés mais peu fréquentés}$$

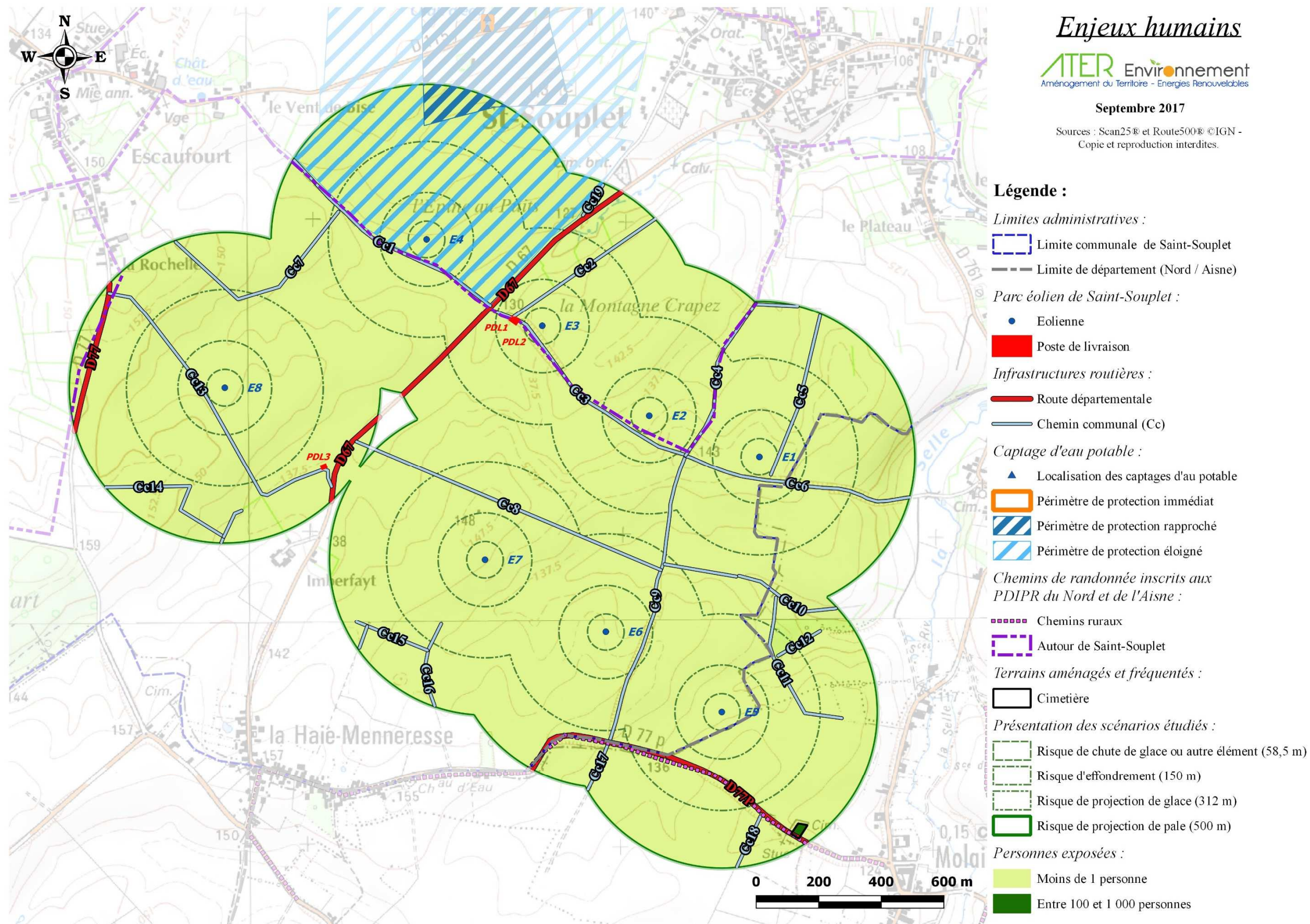
- Colonne « Enjeux humains » : la méthode de comptage des enjeux humains dans chaque secteur se base sur la fiche n°1 de la circulaire du 10 mai 2010 relative aux règles méthodologiques applicables aux études de dangers (annexe 1 du guide de l'INERIS). Cette méthodologie permet de compter aussi simplement que possible, selon les règles forfaitaires, le nombre de personnes exposées dans chacune des zones d'effet des phénomènes dangereux identifiés. Cela se traduit comme tel : enjeux humains = surface (ha) x règle de calcul (définis dans l'annexe 1 du guide de l'INERIS) ;
- Colonne « Enjeux humains totaux » : elle correspond à la somme des enjeux humains calculés pour chaque éolienne selon les scénarii étudiés.



Eolienne	Ensemble homogène	Surface (ha)	Règle de calcul	Enjeux humains	Enjeux humains totaux
<b>Zone de surplomb</b>					
E1	Terrains aménagés mais peu fréquentés	0,02	1 pers / 10 ha	0,002	0,013
	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	1,05	1 pers / 100 ha	0,011	
E2	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	1,07	1 pers / 100 ha	0,011	0,011
E3	Terrains aménagés mais peu fréquentés	0,05	1 pers / 10 ha	0,005	0,015
	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	1,02	1 pers / 100 ha	0,010	
E4	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	1,07	1 pers / 100 ha	0,011	0,011
E5	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	1,07	1 pers / 100 ha	0,011	0,011
E6	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	1,07	1 pers / 100 ha	0,011	0,011
E7	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	1,07	1 pers / 100 ha	0,011	0,011
E8	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	1,07	1 pers / 100 ha	0,011	0,011
<b>Zone de ruine</b>					
E1	Terrains aménagés mais peu fréquentés	0,24	1 pers / 10 ha	0,02	0,09
	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	6,83	1 pers / 100 ha	0,07	
E2	Terrains aménagés mais peu fréquentés	0,14	1 pers / 10 ha	0,01	0,08
	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	6,93	1 pers / 100 ha	0,07	
E3	Terrains aménagés mais peu fréquentés	0,23	1 pers / 10 ha	0,02	0,09
	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	6,84	1 pers / 100 ha	0,07	
E4	Terrains aménagés mais peu fréquentés	0,13	1 pers / 10 ha	0,01	0,08
	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	6,94	1 pers / 100 ha	0,07	
E5	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	7,07	1 pers / 100 ha	0,07	0,07
E6	Terrains aménagés mais peu fréquentés	0,09	1 pers / 10 ha	0,01	0,08
	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	6,98	1 pers / 100 ha	0,07	
E7	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	7,07	1 pers / 100 ha	0,07	0,07
E8	Terrains aménagés mais peu fréquentés	0,13	1 pers / 10 ha	0,01	0,08
	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	6,94	1 pers / 100 ha	0,07	
	Terrains aménagés mais peu fréquentés	0,36	1 pers / 10 ha	0,04	

Eolienne	Ensemble homogène	Surface (ha)	Règle de calcul	Enjeux humains	Enjeux humains totaux
<b>Zone de projection de glace</b>					
E1	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	29,89	1 pers / 100 ha	0,30	0,37
	Terrains aménagés mais peu fréquentés	0,71	1 pers / 10 ha	0,07	
E2	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	30,01	1 pers / 100 ha	0,30	0,36
	Terrains aménagés mais peu fréquentés	0,59	1 pers / 10 ha	0,06	
E3	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	29,6	0 pers / 100 ha	0,30	0,40
	Terrains aménagés mais peu fréquentés	1,04	0 pers / 10 ha	0,10	
E4	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	30,04	0 pers / 100 ha	0,30	0,36
	Terrains aménagés mais peu fréquentés	0,56	0 pers / 10 ha	0,06	
E5	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	29,96	0 pers / 100 ha	0,30	0,36
	Terrains aménagés mais peu fréquentés	0,64	0 pers / 10 ha	0,06	
E6	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	30,2	1 pers / 100 ha	0,30	0,35
	Terrains aménagés mais peu fréquentés	0,45	1 pers / 10 ha	0,05	
E7	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	30,16	1 pers / 100 ha	0,30	0,35
	Terrains aménagés mais peu fréquentés	0,44	1 pers / 10 ha	0,04	
E8	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	30,24	1 pers / 100 ha	0,30	0,34
	Terrains aménagés mais peu fréquentés	0,36	1 pers / 10 ha	0,04	
<b>Intégralité du périmètre</b>					
E1	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	76,92	1 pers / 100 ha	0,77	0,93
	Terrains aménagés mais peu fréquentés	1,58	1 pers / 10 ha	0,16	
E2	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	77,04	1 pers / 100 ha	0,77	0,92
	Terrains aménagés mais peu fréquentés	1,46	1 pers / 10 ha	0,15	
E3	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	76,71	1 pers / 100 ha	0,77	0,95
	Terrains aménagés mais peu fréquentés	1,79	1 pers / 10 ha	0,18	
E4	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	76,92	1 pers / 100 ha	0,77	0,93
	Terrains aménagés mais peu fréquentés	1,58	1 pers / 10 ha	0,16	
E5	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	76,54	1 pers / 100 ha	0,77	300,96
	Terrains aménagés mais peu fréquentés	1,96	1 pers / 10 ha	0,20	
	Terrains aménagés et potentiellement fréquentés ou très fréquentés	-	-	300,00	
E6	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	77,03	1 pers / 100 ha	0,77	0,92
	Terrains aménagés mais peu fréquentés	1,47	1 pers / 10 ha	0,15	
E7	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	77,89	1 pers / 100 ha	0,78	0,84
	Terrains aménagés mais peu fréquentés	0,61	1 pers / 10 ha	0,06	
E8	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	76,54	1 pers / 100 ha	0,77	0,96

Tableau 23 : Synthèse des enjeux humains dans le périmètre d'étude de dangers



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

## 4 DESCRIPTION DE L'INSTALLATION

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

### 4 - 1 Caractéristique de l'installation

#### 4 - 1a Caractéristiques générales d'un parc éolien

Un parc éolien est une centrale de production d'électricité à partir de l'énergie du vent. Il est composé de plusieurs aérogénérateurs et de leurs annexes (cf. schéma du raccordement électrique au paragraphe 4.3.a) :

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

#### Éléments constitutifs d'un aérogénérateur

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

Les aérogénérateurs se composent de trois principaux éléments :

- **Le rotor** qui est composé de trois pales (pour la grande majorité des éoliennes actuelles) construites en matériaux composites et réunies au niveau du moyeu. Il se prolonge dans la nacelle pour constituer l'arbre lent.
- **Le mât** est généralement composé de 3 à 4 tronçons en acier. Dans la plupart des éoliennes, il abrite le transformateur qui permet d'élever la tension électrique de l'éolienne au niveau de celle du réseau électrique.
- **La nacelle** abrite plusieurs éléments fonctionnels :
  - ✓ le générateur transforme l'énergie de rotation du rotor en énergie électrique ;
  - ✓ le système de freinage mécanique ;
  - ✓ le système d'orientation de la nacelle qui place le rotor face au vent pour une production optimale d'énergie ;
  - ✓ les outils de mesure du vent (anémomètre, girouette),
  - ✓ le balisage diurne et nocturne nécessaire à la sécurité aéronautique.

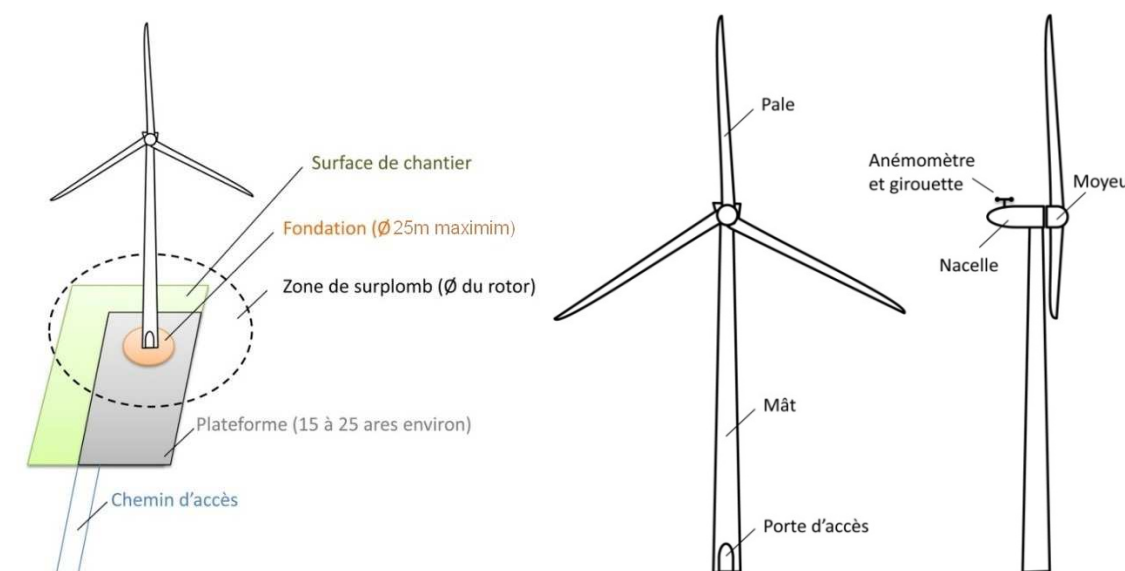


Figure 3 : Schéma simplifié d'un aérogénérateur (à gauche) - Illustration des emprises au sol d'une éolienne (à droite) (Les dimensions sont données à titre d'illustration pour une éolienne d'environ 150 m de hauteur totale) (source : INERIS/SER/FEE, 2012)

#### Emprise au sol

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

- **La surface de chantier** est une surface temporaire, durant la phase de construction, destinée aux manœuvres des engins et au stockage au sol des éléments constitutifs des éoliennes ;
- **La fondation de l'éolienne** est recouverte de terre végétale puis de grave compactée. Ses dimensions exactes sont calculées en fonction des aérogénérateurs et des propriétés du sol mais elle sera au maximum d'un diamètre de 25 mètres ;
- **La zone de surplomb ou de survol** correspond à la surface au sol au-dessus de laquelle les pales sont situées, en considérant une rotation à 360° du rotor par rapport à l'axe du mât ;
- **La plateforme** correspond à une surface permettant le positionnement de la grue destinée au montage et aux opérations de maintenance liées aux éoliennes. Sa taille varie en fonction des éoliennes choisies et de la configuration du site d'implantation.

#### Chemins d'accès

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

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

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

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

#### Autres installations

Un panneau d'information sera installé afin de présenter le parc éolien de Saint-Souplet et ses caractéristiques. Aucune aire d'accueil du public, ni place de parking, ni parcours pédagogique n'est prévu sur le site du parc éolien de Saint-Souplet.

## 4 - 1b Activité de l'installation

L'activité principale du parc éolien de Saint-Souplet est la production d'électricité à partir de l'énergie mécanique du vent avec une hauteur de moyeu de 91 mètres. Cette installation est donc soumise à la rubrique 2980 des Installations Classées pour la Protection de l'Environnement.

## 4 - 1c Composition de l'installation

Le parc éolien de Saint-Souplet est composé de 8 aérogénérateurs et de 3 postes de livraison, dont un poste double. Chaque aérogénérateur a une hauteur de moyeu maximale de 91 mètres et un diamètre de rotor maximal de 117 mètres, soit une hauteur totale en bout de pale de 150 mètres maximum.

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

Eolienne	Parcelle d'implantation	Coordonnées Lambert 93		Altitude (NGF - m)
		X	Y	Altitude totale
E1	ZE 13	737 956	6 994 150	142
E2	ZE 9	737 603	6 994 281	139
E3	ZE 5	737 261	6 994 568	137
E4	ZK 16	736 891	6 994 846	132
E5	ZH89	737 835	6 993 332	132
E6	ZH41	737 464	6 993 588	142
E7	ZH32	737 078	6 993 820	146
E8	ZI 27	736 245	6 994 371	147
PDL 1	ZH 1	737 164	6 994 586	131
PDL 2	ZH 1	737 173	6 994 580	131
PDL 3	ZI 30	736 561	6 994 120	137,5

Tableau 24 : Coordonnées géographiques du parc éolien (source : EDF Renewables, 2017)

Remarque : en annexe 10.6, les coordonnées géographiques des aérogénérateurs et des postes de livraison sont données dans le système de coordonnées Lambert 93 en mètre, dans le système de coordonnées WGS 84 en degré, minute, seconde et en système de projection conique conforme de Lambert 50 (CC 50).

## 4 - 2 Fonctionnement de l'installation

### 4 - 2a Principe de fonctionnement d'un aérogénérateur

Les instruments de mesure de vent placés au-dessus de la nacelle conditionnent le fonctionnement de l'éolienne. Grâce aux informations transmises par l'anémomètre qui détermine la vitesse et la direction du vent, le rotor se positionnera pour être continuellement face au vent.

Les pales se mettent en mouvement lorsque l'anémomètre (positionné sur la nacelle) indique une vitesse de vent d'environ 2 m/s, et c'est seulement à partir de 3 m/s que l'éolienne peut être couplée au réseau électrique. Le rotor et l'arbre dit «lent» transmettent alors l'énergie mécanique à basse vitesse (entre 5 et 18 tr/min) aux engrenages du multiplicateur, dont l'arbre dit «rapide» tourne environ 100 fois plus vite que l'arbre lent. 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 la vitesse minimale nécessaire à la production maximale, l'éolienne fournit sa puissance nominale.

L'électricité produite par la génératrice est convertie en courant alternatif de fréquence 50 Hz avec une tension d'environ 650 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 dépasse la vitesse maximale de fonctionnement, 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. Ce frein mécanique n'est activé que par un arrêt d'urgence.

N117 – 3,6 MW	
Vitesse de vent minimale nécessaire à la production maximale	12 m/s
Vitesse maximale de fonctionnement	25 m/s

Tableau 25 : Vitesses de vent (source : Nordex, 2017)

Découpage fonctionnel de l'installation :

Fondations

<b>Fonction</b>	Ancrer et stabiliser l'éolienne dans le sol
<b>Description</b>	Le massif de fondation est composé de béton armé et conçu pour répondre aux prescriptions de l'Eurocode 2. Les fondations ont environ 3 mètres d'épaisseur pour un diamètre maximal de 25 mètres. Ceci représente une masse de béton d'environ 1 000 tonnes. Un insert métallique disposé au centre du massif sert de fixation pour la base de la tour. Il répond aux prescriptions de l'Eurocode 3. Cette structure doit répondre aux calculs de dimensionnement des massifs qui prennent en compte les caractéristiques suivantes : <ul style="list-style-type: none"> <li>Le type d'éolienne ;</li> <li>La nature des sols ;</li> <li>Les conditions météorologiques extrêmes ;</li> <li>Les conditions de fatigue.</li> </ul>

Tour / mât

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

Nacelle

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

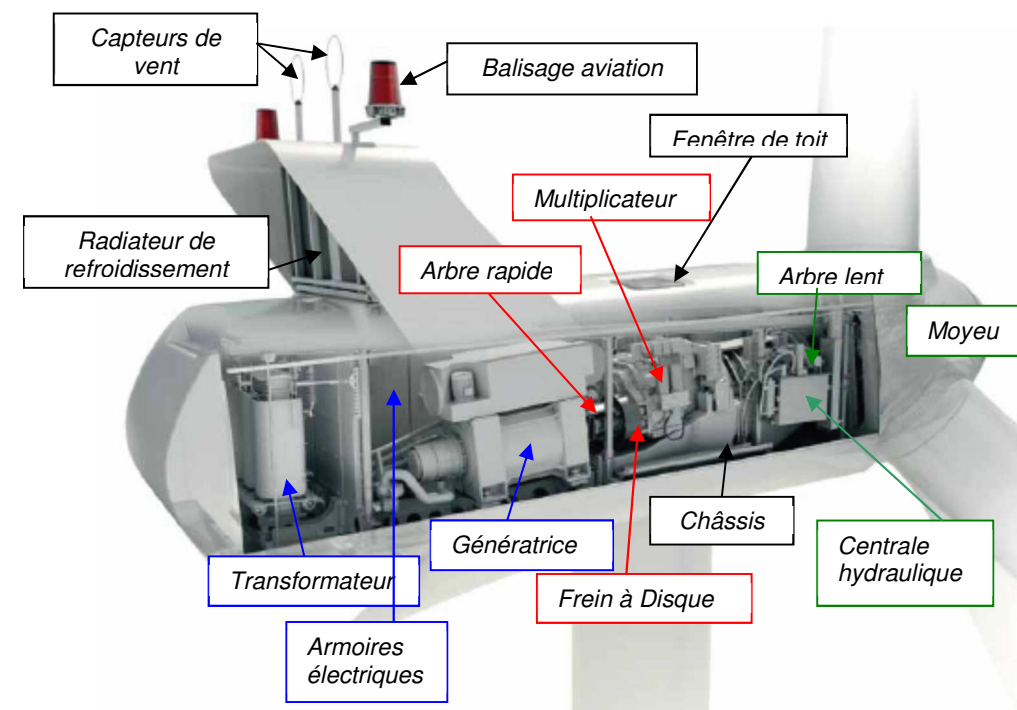


Figure 4 : Composants d'une nacelle

Rotor

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

▪ **Multiplicateur (Gearbox)**

<b>Fonction</b>	Multiplier la vitesse de rotation issue de l'arbre lent
<b>Description</b>	Le rotor est directement relié à un arbre de transmission appelé « arbre lent ». Cet arbre, qui tourne à la vitesse du rotor est connecté au multiplicateur. Le multiplicateur (Gearbox) permet de multiplier la vitesse de rotation d'un facteur compris entre 100 et 120 selon les modèles, de telle sorte que la vitesse de sortie (« arbre rapide ») est d'environ 1500 tours par minute. Le dispositif de transmission entre l'arbre rapide et la génératrice (coupling) est un dispositif flexible, réalisé en matériau composite afin de compenser les défauts d'alignement mais surtout afin de constituer une zone de moindre résistance et de pouvoir rompre en cas de blocage d'un des deux équipements. Sur l'arbre rapide du multiplicateur est monté un disque de frein, à commande hydraulique, utilisé pour l'arrêt de la turbine en cas d'urgence.

▪ **Générateur et transformateur**

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

▪ **Connexion au réseau électrique public**

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

Élément de l'installation	Fonction	Caractéristiques
<b>Fondation</b>	Ancrer et stabiliser l'éolienne dans le sol	<ul style="list-style-type: none"> <li>En béton armé, de forme circulaire,</li> <li>Dimension : design adapté en fonction des études géotechnique et hydrogéologique réalisées avant la construction. Jusqu'à 25 m de diamètre à leur base et se resserre jusqu'à 5 m de diamètre représentant 650 m<sup>3</sup>, soit 1 000 tonnes</li> <li>Les dimensions exactes des fondations seront définies suite à l'étude de sol, prévue suite à l'obtention du permis unique. Elles seront entièrement enterrées et seront donc invisibles. Un insert métallique disposé au centre sert de fixation pour la base de la tour. Elles sont conçues pour répondre aux prescriptions de l'Eurocode 2 et 3 et aux calculs de dimensionnement des massifs.</li> <li>Profondeur : en standard, 3 m environ</li> </ul>
<b>Mât</b>	Supporter la nacelle et le rotor	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tubulaire en acier</li> <li>Hauteur de 91 mètres au moyeu pour la N117</li> <li>Composé de 3 à 4 pièces</li> <li>Revêtement multicouche résine époxy</li> <li>Cage d'ancrage noyée dans le béton de fondation</li> <li>Accès : porte verrouillable au pied du mât, échelle d'accès à la nacelle, élévateur de personnes</li> </ul>
<b>Nacelle</b>	Supporter le rotor Abriter le dispositif de conversion de l'énergie mécanique en électricité (génératrice, etc.) ainsi que les dispositifs de contrôle et de sécurité	<ul style="list-style-type: none"> <li>Un arbre en rotation, entraîné par les pales</li> <li>Le multiplicateur est à engrenage planétaire comportant plusieurs étages ainsi qu'un étage à roue dentée droite ou à entraînement différentiel – Tension nulle</li> <li>La génératrice annulaire, à double alimentation, qui fabrique l'électricité – Tension de 660 V</li> <li>Poids de la nacelle : 124 tonnes pour la N117</li> <li>Composition : structure métallique habillée de panneaux en fibre de verre, fenêtres de toit permettant d'accéder à l'intérieur</li> <li>Pour la machine Nordex N117                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- Hauteur : 4 mètres</li> <li>- Largeur : 4,3 mètres</li> <li>- Longueur : 12,81 mètres</li> </ul> </li> </ul>
<b>Rotor / pales</b>	Capter l'énergie mécanique du vent et la transmettre à la génératrice	<ul style="list-style-type: none"> <li>Orientation active des pales face au vent</li> <li>Sens de rotation : sens horaire</li> <li>3 par machine</li> <li>Surface balayée de 10 715 m<sup>2</sup> pour la N117</li> <li>Vitesse de rotation théorique : entre 8 et 14,1 tours par minute pour la N117</li> <li>Longueur : 57,3 m pour la N117</li> <li>Poids : 10,6 tonnes pour la N117</li> <li>Contrôle de vitesse variable via microprocesseur</li> <li>Contrôle de survitesse : Pitch électromotorisé indépendant sur chaque pale</li> <li>Constitué de plastique renforcé à la fibre de verre (GFK), protection contre la foudre intégrée en accord complet avec la norme IEC 61 - 400-22</li> <li>Vitesse de rotation théorique</li> </ul>
<b>Transformateur</b>	Elever la tension de sortie de la génératrice avant l'acheminement du courant électrique par le réseau	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tension de 20 kV à la sortie</li> <li>Localisation : pièce fermée à l'arrière de la nacelle</li> </ul>
<b>Poste de livraison</b>	Adapter les caractéristiques du courant électrique à l'interface entre le réseau privé et le réseau public	<ul style="list-style-type: none"> <li>Equipé de différentes cellules électriques et automates qui permettent la connexion et la déconnexion du parc éolien au réseau 20 kV</li> <li>Habillage : bardage bois avec une teinte proche de celle du chemin d'accès</li> </ul>

Tableau 26 : Synthèse du fonctionnement des aérogénérateurs selon le tableau type de l'INERIS/SER/FEE, 2012

4 - 2b Sécurité de l'installation

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

Article de l'arrêté du 26/08/11	Disposition	Données constructeur	Autres données	Conformité
3	Distance > 500 m des habitations Distance > 300 m d'une installation nucléaire ou d'une ICPE	-	Habitation la plus proche à 540 m de E7 et E8. Sites industriels ICPE non localisés et dont l'activité n'est pas connue sur les communes étudiées	OUI
4	Distance d'éloignement des radars Aucune gêne du fonctionnement des équipements militaires	-	Le radar météorologique de Taisnières est localisé à plus de 21 km.	OUI
5	Etude stroboscopique dans le cadre de bureaux à moins de 250 m	-	Non concerné	OUI
6	Limitation du champ magnétique (100 microteslas à 50-60 Hz)	Type Certificate Nordex <u>voir Annexe 10.8</u>	Les distances d'éloignement par rapport aux habitations permettent d'affirmer que le champ magnétique n'aura aucun impact potentiel sur les personnes (voir Chapitre E-5-1d de l'étude d'impact)	OUI
7	Voie carrossable pour permettre l'intervention des services d'incendie et de secours Accès bien entretenu et abords de l'installation maintenus en bon état de propreté.	-	Les chemins d'accès sont des chemins communaux qui seront renforcés et pour lesquels la société du « Parc éolien de Saint-Souplet » a signé avec les communes une convention de servitude de passage d'utilisation. L'entretien sera assuré et pris en charge par l'exploitant du parc éolien. Le stationnement des véhicules des techniciens sera réalisé sur une zone de stationnement dédiée : l'accès sera donc en permanence dégagé pour les secours.	OUI
8	Conformité aux dispositions de la norme NF EN 61 400-1 dans sa version de juin 2006 ou IEC 61 400-1 dans sa version de 2005 ou toute norme équivalente en vigueur dans l'Union Européenne	Type Certificate Nordex <u>voir Annexe 10.8</u>		OUI
9	Mise à la terre de l'installation Conformité à la norme IEC 61 400-24 (version de avril 2015) Contrôle visuel des pales et des éléments susceptibles d'être impactés par la foudre lors de la maintenance	Type Certificate Nordex <u>voir Annexe 10.8</u>		OUI
10	Conformité de la directive du 17 mai 2006 Conformités aux normes NFC 15-100 (2008), NFC 13-100 (2001) et NFC 13-200 (2009) Contrôle des installations électriques avant la mise en service puis annuellement Vérification des installations fixées par l'arrêté du 10 octobre 2000	Type Certificate Nordex <u>voir Annexe 10.8</u>		OUI
11	Balisage approprié	Type Certificate Nordex <u>voir Annexe 10.8</u>	Balisage conforme aux articles L6351-6 et L6352-1 du code des transports et R243-1 et R244-1 du code de l'aviation civile ; Le parc éolien de Saint-Souplet respectera ces normes.	OUI

12	Suivi environnemental sur l'avifaune et les chiroptères - Au moins une fois au cours des 3 premières années de fonctionnement - Puis une fois tous les 10 ans	-	Un tel suivi sera réalisé, notamment d'après les préconisations de l'étude écologique réalisée dans le cadre du chapitre E-3-9 de l'étude d'impact.	OUI
13	Accès à l'intérieur des aérogénérateurs et des postes de livraison fermés à clef	-	Accès à l'intérieur des éoliennes impossible et interdit aux personnes ne faisant pas partie du personnel d'exploitation. La porte est sans verrouillage depuis l'intérieur pour ne pas rester coincé dans l'éolienne. Les portes des éoliennes sont équipées de contact de porte envoyant également une alarme sur le système de supervision en cas d'ouverture.	OUI
14	Affichage des consignes de sécurité, d'interdiction de pénétrer dans l'aérogénérateur, de la mise en garde des risques d'électrocution et de risque de chute de glace.	-	Présence et affichage clair des consignes de sécurité aux abords de l'entrée des chemins d'exploitation et au niveau des plateformes. Affichage, sur le parc éolien, du plan de secours et des coordonnées des moyens de secours en cas d'accident ou d'incident.	OUI
15	Essais d'avant mise en service et contrôle périodique (arrêt, arrêt d'urgence et arrêt survitesse)	Réalisation d'essais prouvant le bon fonctionnement des installations. L'arrêt d'urgence est testé au bout de 3 mois de fonctionnement, puis tous les ans.	Réalisation des tests lors des opérations de maintenance préventive (dont la périodicité n'excède pas 1 an). L'exploitant s'engage à remettre un rapport de test lors de la réception validant ces éléments. L'exploitant s'engagera à remettre au moins annuellement un rapport de contrôle et de bon fonctionnement conformément aux procédures du fabricant des aérogénérateurs.	OUI
16	Interdiction d'entreposer des matériaux combustibles ou inflammables à l'intérieur des éoliennes.	-	Les maintenances comprennent une phase finale de nettoyage de l'éolienne afin de maintenir propre les installations et ne laisser aucun déchet. Le manuel de sécurité indique l'interdiction d'entreposer de matériaux dangereux.	OUI
17	Formation du personnel sur les risques, les moyens pour les éviter, les procédures d'urgence et mise en place d'exercice d'entraînement	-	Les techniciens de maintenance possèdent des formations en interne concernant le travail à effectuer. Ils sont également soumis à l'obtention de plusieurs habilitations, mises à jour périodiquement : - Travail en hauteur ; - Habilitation électrique BT/HT ; - Sauveteur secouriste du travail ; - Certificat d'aptitude par la médecine du travail.  Les habilitations de l'ensemble des techniciens sont mises à disposition de EDF Renouvelables et de la Société « Parc éolien de Saint-Souplet »  Les consignes de sécurité enseignées aux techniciens sont celles conformes à l'article 22 de l'arrêté du 26/08/2011.  Le personnel de maintenance procède annuellement à des exercices d'entraînement aux situations d'urgence. Les scénarii effectués sont l'évacuation d'une personne sur l'échelle et l'évacuation de l'éolienne en cas d'incendie. Ces exercices d'entraînement sont assurés le cas échéant en lien avec les services de secours.	OUI

18	Contrôle des brides de fixations, des brides de mât, de la fixation des pales et contrôle visuel du mât (3 mois, puis un an après la mise en service, puis tous les 3 ans). Contrôle des systèmes instrumentés de sécurité (selon une périodicité qui ne peut excéder un an).	Nordex fournit les rapports de torquage de leur sous-traitant	Les contrôles correspondants, faisant partie des opérations de maintenance préventive, sont consignés et répertoriés dans les protocoles de maintenance, suivis par l'exploitant.	OUI
19	Tenu, par l'exploitant, d'un manuel d'entretien dans lequel sont précisés la nature et les fréquences des opérations. Tenu également d'un registre dans lequel sont consignées les opérations de maintenance ou d'entretien et leur nature, les défaillances constatées et les opérations correctives engagées.	Nordex fournit un manuel listant l'ensemble des tâches à accomplir lors de la maintenance, l'ensemble des protocoles de maintenance, ainsi que les fiches d'intervention des équipes de maintenance permettant ainsi à l'exploitant d'établir et de tenir à jour le registre cité par l'arrêté.	La société « Parc éolien de Saint-Souplet » dispose des rapports de service et des rapports mensuels indiquant : - Les interventions réalisées sur site ; - Le descriptif des actions correctives réalisées ; - Les arrêts mensuels par éolienne.  Le registre sera fourni à l'inspecteur des installations classées.	OUI
20	Gestion des déchets	Lors de la maintenance préventive, le constructeur fait installer des containers appelés Eolainer. Les déchets engendrés par les maintenances y sont ramenés et triés dans les différents compartiments puis collectés pour leur traitement/valorisation. Des bordereaux de suivi des déchets sont ensuite transmis à l'exploitant.	Les déchets seront triés et stockés de manière à éviter toute contamination du sol. Lors de la production de déchets dangereux, un Bordereau de Suivi des Déchets (BSD) sera émis.  EDF Renouvelables, qui assistera le « Parc éolien de Saint-Souplet » dans le chantier, utilise une charte de suivi de chantier afin de prévenir la gestion des déchets tout au long de cette phase. De plus, en conformité avec ses procédures qualité internes, et en accord avec les statuts de la FEE (France Energie Eolienne), le Maître d'Ouvrage mettra en œuvre sa charte "chantier propre" avec l'ensemble de ses prestataires".	OUI
21	Elimination des déchets non dangereux	Lors de maintenance préventive, le constructeur fait installer des containers appelés Eolainer. Les déchets engendrés par les maintenances y sont ramenés et triés dans les différents compartiments puis collectés pour leur traitement/valorisation. Des bordereaux de suivi des déchets sont ensuite transmis à l'exploitant.	Les déchets provenant de la zone d'implantation du parc éolien sont gérés par Nordex. Ils sont traités par incinération avec valorisation énergétique.	OUI
22	Des consignes de sécurité sont établies et portées à la connaissance du personnel en charge de l'exploitation et de la maintenance. Les consignes de sécurité indiquent également les mesures à mettre en œuvre afin de maintenir les installations en sécurité.	Nordex fournit à ses employés un manuel de sécurité et un plan d'évacuation et participe aux formations annuelles du personnel. Un plan de prévention annuel comprenant une analyse des risques et les moyens mis en œuvre pour les éviter est également lu au personnel	EDF Renouvelables et la société « Parc éolien de Saint-Souplet » s'engagent à former son personnel sur les consignes de sécurité du site. Un plan de prévention annuel comprenant une analyse des risques et les moyens mis en œuvre pour les éviter est également lu au personnel. Un plan d'évacuation est affiché en pied d'éolienne (intérieur).	OUI
23	Mise en place d'un système de détection d'incendie ou de survitesse. Transmission de l'alerte dans un délai de 15 minutes. Opération de maintenance de ce système de détection.	Compatibilité couverture GSM : un système d'alerte automatique équipe chaque éolienne et permet d'alerter les secours ainsi que l'exploitant de l'installation en cas de danger. Les communications et en particulier les signaux d'alarme sont assurés en cas d'urgence.	Chaque aérogénérateur est doté d'un système de détection qui permet d'alerter, à tout moment, l'exploitant ou un opérateur qu'il aura désigné, en cas d'incendie ou d'entrée en survitesse de l'aérogénérateur.  EDF Renouvelables, qui assistera la société du Parc éolien de Saint-Souplet dans l'exploitation du parc, justifie sa capacité d'alerter les services d'urgence dans un délai de 15 minutes suivant l'entrée en fonctionnement anormal de l'aérogénérateur grâce à son contrat de maintenance 24h/24 et 7j/7 ainsi que grâce à la supervision en temps réel.	OUI

24	Moyens de lutte contre l'incendie à disposition dans chaque aérogénérateur (système d'alarme et deux extincteurs)	-	En cas d'accident, des procédures d'urgence permettent au personnel présent sur le site ou au centre de conduite de prendre les mesures nécessaires à l'évacuation de la nacelle, à l'extinction d'un début d'incendie, ... Sur site, le personnel dispose d'au minimum 2 extincteurs visibles et facilement accessibles (1 situé en bas du mât et 1 situé dans la nacelle) adaptés aux risques à combattre, et d'une trousse de premiers secours. Une fois le permis de construire et les différentes autorisations administratives nécessaires obtenus, un plan d'intervention sera réalisé avec les services de secours afin de lister : - Les noms et numéros des services secours à contacter ; - Les procédures à mettre en place (périmètre de sécurité, moyens de lutte incendie externe pouvant être mis en œuvre...); - La réalisation régulière d'exercices d'entraînement. Pour faciliter l'accès aux secours, le stationnement des véhicules des techniciens sera réalisé sur une zone de stationnement dédiée et les voies d'accès seront régulièrement entretenues. L'accès sera donc en permanence dégagé.	OUI
25	Mise en place d'un système de détection de formation de glace sur les pales de l'aérogénérateur	Le système de détection de glace (sui équipe toutes les éoliennes) repose sur une comparaison entre différentes données (températures, vitesse de vent et production). Si une différence entre les productions réelle et attendue est mesurée, sous certaines conditions de température et de vent, l'éolienne s'arrête automatiquement. La remise en route est automatique, après disparition des conditions de givre.	L'exploitant garantit la conservation du système opérationnel et l'utilisation de la procédure d'exploitation conforme à la réglementation en vigueur.	OUI
26-27-28	Emergence contrôlée du bruit, limitation sonore des engins de chantier et suivi des mesures	Nordex fournit à EDF Renouvelables et à la société du parc éolien de Saint-Souplet la courbe de bruit des éoliennes N117	L'adéquation en termes d'urgence sonore de la machine avec le site sera à la charge du Maître d'Ouvrage. Les seuils réglementaires maximum à proximité des éoliennes seront respectés, de jour comme de nuit. Et le bruit total chez les riverains ne comportera pas de tonalité marquée au sens de la réglementation ICPE. La réception acoustique du parc éolien sera conforme aux prévisions acoustiques de l'étude d'impact. Les règles de chantier imposées aux sous-traitants suivent les prescriptions de l'article 27 du 26/08/11.	OUI

Tableau 27 : Conformité à l'arrêté du 26 août 2011 relatif aux ICPE



## Système de fermeture de la porte

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

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

## Balissage des éoliennes

Le balissage des éoliennes est défini par l'arrêté du 13 Novembre 2009 et du 7 Décembre 2010. **Les éoliennes N117 sont conformes à cet arrêté.**

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

Les feux de balissage d'obstacles font l'objet d'un certificat de conformité, délivré par le Service Technique de l'Aviation Civile de la direction générale de l'aviation civile (STAC), en fonction des spécifications techniques correspondantes.

Les balisages sont conformes aux articles L.6351-6 et L.6352-1 du code des transports et R.243-1 et R.244-1 du code de l'aviation civile. Et conformité avec IEC 61 400-1 et 3 et 61 400-22. (cf. Annexe 10.8 ; 10.9 et 10.11 « type certificates »)

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

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

### Balissage lumineux de jour

Chaque éolienne est dotée d'un balissage 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°).

### Balissage lumineux de nuit

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

## Protection contre le risque incendie

### Système de détection et d'alarme

Un système d'alarme est couplé avec un système de détection qui informe l'exploitant à tout moment d'un départ de feu dans une éolienne, via le système SCADA. La détection se fait selon deux zones indépendantes, la base du mât et la nacelle. Le départ d'un feu entraîne l'arrêt d'urgence de l'éolienne, sa mise en sécurité, l'arrêt des ventilations et déclenche une alarme sonore et lumineuse dans l'éolienne.

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

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

### Système de lutte contre l'incendie

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

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

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

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

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

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

Une fois le permis unique et les différentes autorisations administratives nécessaires obtenus, un plan d'intervention sera réalisé avec les services de secours afin :

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

## Protection contre le risque foudre

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

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

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

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

## Protection contre la survitesse

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

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

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

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

En cas d'intervention, des équipes de techniciens sont réparties sur le territoire afin de pouvoir réagir rapidement. Le centre de maintenance Nordex le plus proche de la zone d'étude pour le parc éolien de Saint-Souplet est situé à Laon à environ 50 km au Sud du projet de parc. Le centre de maintenance d'EDF Renouvelables Service est situé à Rouvroy près de Saint-Quentin à environ 30 km du site

La supervision en temps réel est assurée par les équipes d'EDF Renouvelables Services ou les équipes de maintenance du fabricant de l'éolienne retenue, sociétés assistant l'exploitant, dans la gestion et le suivi de l'exploitation du parc.

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

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

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

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

En cas d'accident, nécessitant des moyens externes, l'alerte est donnée au SDIS 59. Le temps d'intervention de ce service dépendra de l'activité opérationnelle et de la typologie de l'intervention.

Les centres de secours les plus proches de la commune de Saint-Souplet sont :

- Le centre de secours principal de Cambrai, à 24 km au Nord-Ouest ;
- Le centre de secours du Cateau-Cambrésis à 6 km au Nord.

### Protection contre la tempête

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

En cas de dépassement de la vitesse du vent de coupure, si la valeur moyenne sur 10 minutes est supérieure à 25 m/s pour les N117 ou si la valeur moyenne sur 3 secondes est supérieure à 59,5 m/s, l'éolienne s'arrête. Dans ce cas, des codes d'état associés à des alarmes sont activés et peuvent, le cas échéant, entraîner un ralentissement de la machine (bridage préventif) voire un arrêt de la machine.

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

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

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

Après l'arrêt et pour des raisons de sécurité, un délai d'attente doit être respecté avant de procéder au redémarrage de l'éolienne. Ce délai d'attente n'est décompté qu'une fois que la vitesse du vent reste inférieure à 23 m/s pour la N117 pendant plus de 10 minutes.

### Protection contre l'échauffement

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

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

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

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

### Protection contre la glace

Durant les mois d'hiver et au début du printemps, du givre puis de la glace peuvent se former sur les pales et la nacelle des éoliennes entraînant un surpoids, un déséquilibre du rotor et des risques de projection de cette glace. La glace sur les pales de l'éolienne diminue sa puissance et augmente les efforts sur la machine. Le balourd, créé, déséquilibre la rotation du rotor. A noter qu'en cas de formation importante de glace, la mise à l'arrêt de la machine concernée est effectuée sous un délai maximum de 60 minutes.

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

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

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

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

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

### Protection contre le risque électrique

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

Les installations électriques extérieures à l'éolienne sont conformes aux normes NFC 15-100 (version compilée de 2008), NFC 13-100 (version de 2001) et NFC 13-200 (version de 2009). Ces installations sont entretenues et maintenues en bon état et sont contrôlées avant la mise en service industrielle puis à une fréquence annuelle, après leur installation ou leur modification par une personne compétente. La périodicité, l'objet et l'étendue des vérifications des installations électriques ainsi que le contenu des rapports relatifs aux dites vérifications sont fixés par l'arrêté du 10 octobre 2000. (cf. Annexe 10.8 « Spécifications de performance des machines »).

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

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

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

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

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

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

### Gestion à distance du fonctionnement des éoliennes (SCADA)

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

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

Il permet également de **relancer aussitôt les éoliennes** si les paramètres requis sont validés et les alarmes traitées. C'est notamment le cas lors des arrêts de l'éolienne par le système normal de commande (en cas de vent faible, de vent fort, de température extérieure trop élevée ou trop basse, de perte du réseau public,...).

Par contre, en cas d'arrêt lié à un déclenchement de capteur de sécurité (déclenchement VOG, déclenchement détecteur d'arc électrique, température haute, pression basse huile, ...), une intervention humaine sur l'éolienne est nécessaire pour examiner l'origine du défaut avant de pouvoir relancer un démarrage.

#### Dans le cas où le système SCADA est défectueux

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

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

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

Dans le cas d'un dysfonctionnement du système de SCADA central, le contrôle de commande des éoliennes à distance est maintenu puisque ces machines disposent d'un SCADA qui leur est propre.

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

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

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

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

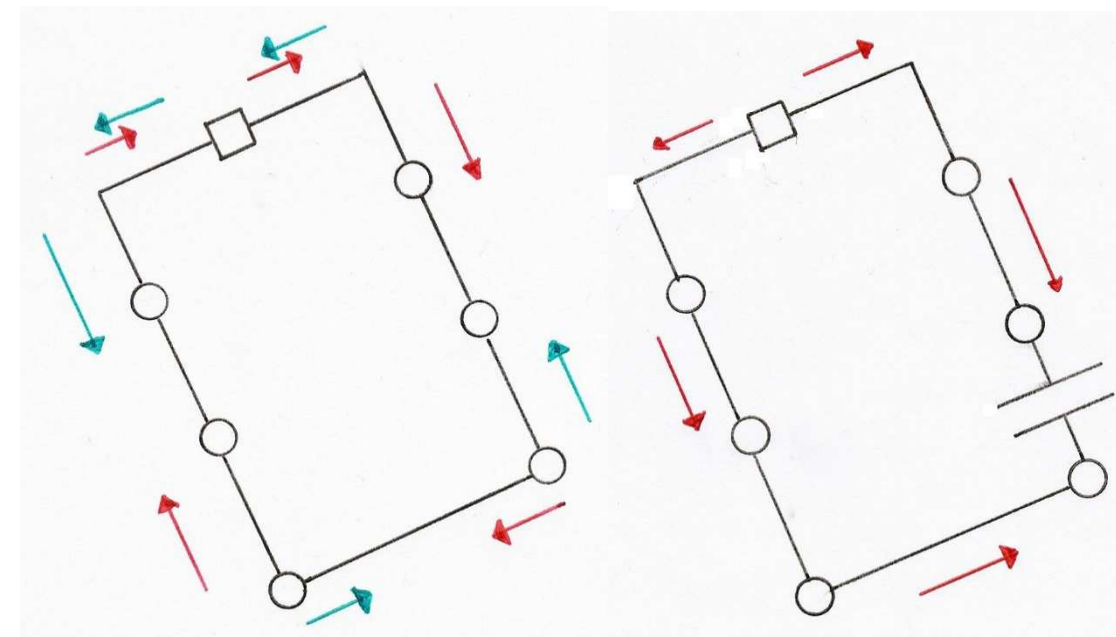


Figure 5 : Illustration du système en anneau garantissant une communication continue des éoliennes

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

### Conception des éoliennes

#### Certification de la machine

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

Les éoliennes sont mises à la terre et l'installation répond aux dispositions de la norme IEC 61 400-22. (cf. Annexe 10.8 « Spécifications de performance des machines »)

La société « Parc éolien de Saint-Souplet » tient à disposition de l'Inspection des Installations Classées les rapports des organismes compétents attestant de la conformité des aérogénérateurs à la norme précitée.

## 4 - 2c Opération de maintenance de l'installation

La maintenance de l'installation sera réalisée soit par les équipes du fabricant des éoliennes retenus après l'appel d'offres, soit par EDF Renouvelables SERVICES pour le compte de la Société « Parc éolien de Saint-Souplet ».

### Personnel qualifié et formation continue

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

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

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

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

### Planification de la maintenance

#### Préventive

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

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

Trois mois, puis un an après la mise en service industrielle, puis suivant une périodicité qui ne peut excéder trois ans, la Société « Parc éolien de Saint-Souplet » procède à un contrôle de l'aérogénérateur consistant en un contrôle des brides de fixations, des brides de mât, de la fixation des pales et un contrôle visuel du mât.

Selon une périodicité qui ne peut excéder un an, la Société « Parc éolien de Saint-Souplet » procède également à un contrôle des systèmes instrumentés de sécurité.

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

#### Curative

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

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

## Prise en compte du retour d'expérience

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

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

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

## 4 - 2d Stockage et flux de produits dangereux

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

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

## 4 - 2e Contrôles réglementaires périodiques

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

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

## 5 IDENTIFICATION DES POTENTIELS DE DANGERS DE L'INSTALLATION

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

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

### 5 - 1 Potentiels de dangers 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 de Saint-Souplet sont utilisés pour le bon fonctionnement des éoliennes, leur maintenance et leur entretien :

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

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

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

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

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

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

Tableau 28 : Produits sortants de l'installation

## 5 - 2 Potentiels de dangers liés aux équipements et aux opérations

Les dangers liés au fonctionnement du parc éolien de Saint-Souplet sont de cinq types :

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

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

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

Tableau 29 : 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 - 3a Principales actions préventives

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

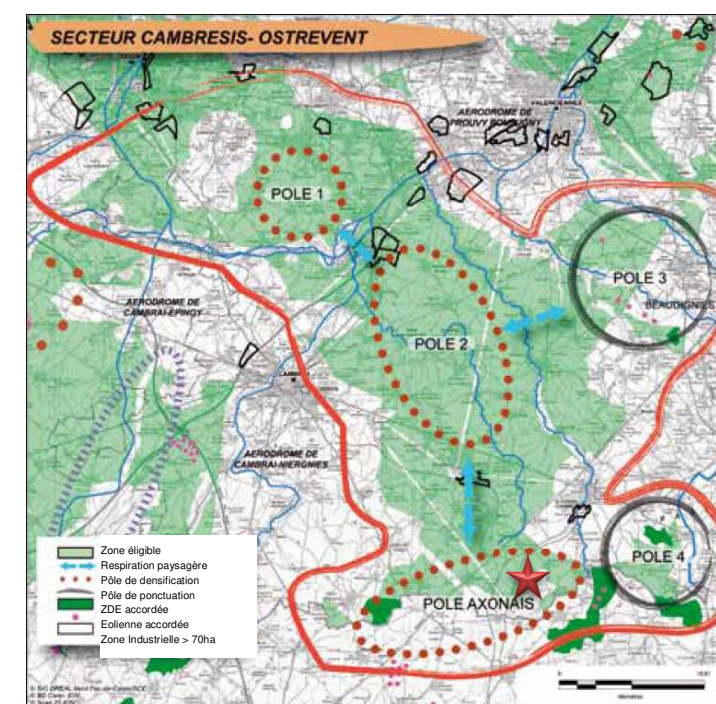
#### Intégration dans le Schéma Régional Eolien

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

L'arrêté approuvant le Schéma Régional Eolien a été annulé le 19 avril 2016. Toutefois, et en application de l'article L.553-1 du code de l'environnement :

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

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



Carte 12 : Orientations stratégiques du secteur Cambrésis - Ostrevent – Etoile rouge : localisation du projet (source : SRE, 2012)

## 5 - 3b Utilisation des meilleures techniques disponibles

Le périmètre d'étude de dangers se situe sur les communes de Saint-Souplet, de Saint-Martin-Rivière et de Molain, territoires inscrits à la liste des communes favorables au développement de l'énergie éolienne dans les SRE de l'ancienne région Nord-Pas-de-Calais et Picardie.

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

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

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

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

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

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

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

### Etude itérative de limitation des impacts

Dans la limite du périmètre de la zone d'implantation, un travail important d'itérations conduisant au choix de l'implantation a été engagé, faisant intervenir plusieurs spécialistes (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. Toute solution retenue résulte alors d'un compromis et cette question doit être prise en compte pour définir des variantes réalistes.

**L'implantation finale est composée de 8 éoliennes.**

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

Pour l'essentiel, la directive 2010/75/UE relative aux émissions industrielles, dite IED, du 24/11/2010 vise à minimiser la pollution émanant de différentes sources industrielles dans toute l'Union Européenne. Les exploitants des installations industrielles relevant de l'annexe I de la directive IPPC doivent obtenir des autorités des États-membres une autorisation environnementale avant leur mise en service.

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





## 6 ANALYSE DES RETOURS D'EXPERIENCE

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

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

L'analyse des retours d'expérience vise donc ici à faire émerger des typologies d'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 - 1a Base de données

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

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

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

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

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

#### 6 - 1b Bilan accidentologie matériel

Selon la base ARIA recensant les accidents technologiques, un total de 62 incidents a pu être recensé entre 2000 et 2017 (voir tableau ci-après listant les accidents survenus en France). Ce tableau de travail a été validé par les membres du groupe de travail précédemment mentionné.

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

Le graphique ci-après montre la répartition des événements accidentels et de leurs causes premières sur le parc d'aérogénérateur français entre 2000 et 2011. Cette synthèse exclut les accidents du travail (maintenance, chantier de construction, 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.

Répartition des événements accidentels et de leurs causes premières sur le parc d'aérogénérateurs français entre 2000 et 2011

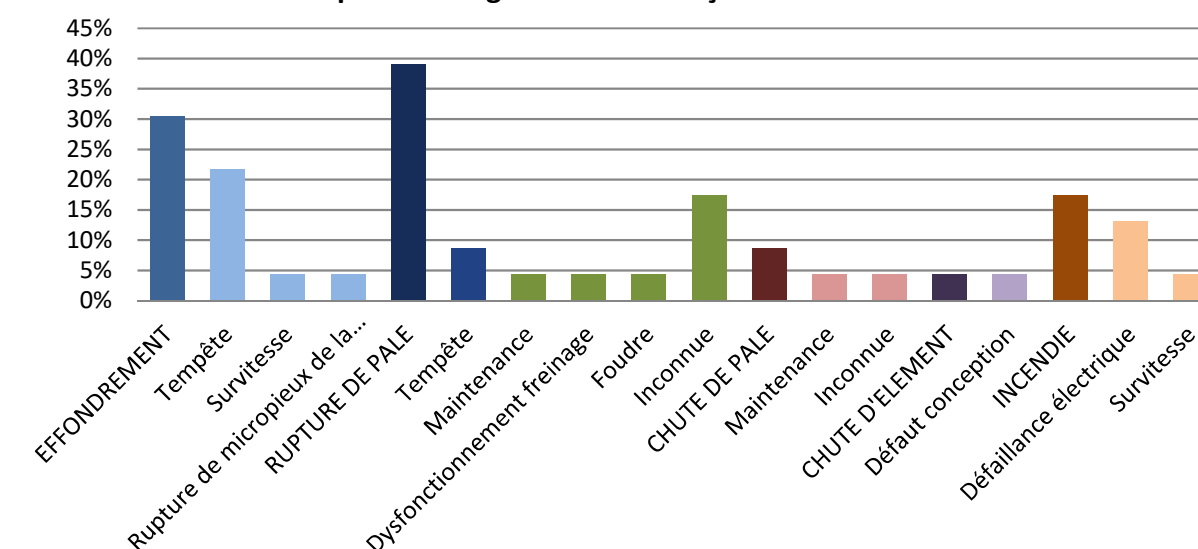


Figure 6 : Répartition des événements accidentels et de leurs causes premières sur le parc éolien français entre 2000 et 2011 (source : SER/FEE/INERIS, 2012)

Date	Localisation	Incident
2000	Port la Nouvelle (Aude)	Le mât d'une machine de la ferme éolienne s'est plié lors d'une tempête, suite à la perte d'une pale
2001	Sallèles-Limousis (Aude)	Bris de pale dont la cause n'est pas connue
01/02/2002	Wormhout (Nord)	Bris de pale et mat plié à la suite d'une tempête
25/02/2002	Sallèles-Limousis (Aude)	Bris de pale sur une éolienne bipale, lors d'une tempête
01/07/2002	Port la Nouvelle – Sigean (Aude)	Electrocution et brûlures d'un opérateur par contact avec une partie sous haute tension d'un transformateur
28/12/2002	Nevian (Aude)	Effondrement d'une éolienne suite au dysfonctionnement du système de freinage lors d'une tempête
05/11/2003	Sallèles-Limousis (Aude)	Bris de pales sur 3 éoliennes lié à un dysfonctionnement du système de freinage
2004	Escales-Conilhac (Aude)	Bris des trois pales
02/01/2004	Le Portel - Boulogne-sur-mer (Pas de Calais)	Cassure du mât d'une éolienne et chute de plusieurs pales - Défaut de serrage des boulons servant à relier 2 tronçons du mât (défaillance d'entretien)
20/03/2004	Loon Plage - port de Dunkerque	Une éolienne est abattue par le vent : le mât et une partie de sa fondation ont été arrachés. Cause non identifiée.
22/06/2004	Pleyber-Christ (Finistère)	Premier incident : une pale se brise par vent fort
08/07/2004	Pleyber-Christ (Finistère)	Deuxième incident : une autre pale se brise par vent fort
2005	Wormhout (Nord)	Bris de pale
22/12/2005	Montjoyer-Rochefort (Drôme)	Bris des trois pales et début d'incendie sur une éolienne en raison de vents forts et d'un dysfonctionnement du système de freinage.
07/10/2006	Pleyber-Christ (Finistère)	Troisième incident : une éolienne perd une pale
18/11/2006	Roquetaillade (Aude)	Incendie de 2 éoliennes – Acte de malveillance
03/12/2006	Bondues (Nord)	Effondrement d'une éolienne en zone industrielle, relatif à une tempête
31/12/2006	Ally (Haute-Loire)	Chute de pale lors de la maintenance visant à remplacer les rotors
02/03/2007	Clitours (Manche)	Bris de pale de 4 m de long, projeté à plus de 200 mètres
11/10/2007	Plouvien (Finistère)	Chute d'un élément de la nacelle (la trappe de visite)
Mars 2008	Dinéault (Finistère)	Emballement de l'éolienne (sans bris de pale associé) lors d'une tempête – dysfonctionnement du système de freinage
Avril 2008	Plouguin (Finistère)	Collision d'un petit avion avec une éolienne, sans gravité pour le pilote amateur, vraisemblablement à cause des mauvaises conditions météo l'obligeant à voler au-dessous de l'altitude autorisée
19/07/2008	Erizée-la-Brulée (Meuse)	Chute de pale et projection de morceaux de pale suite à un coup de foudre et un défaut de pale
28/08/2008	Vauvillers (Somme)	Incendie de la nacelle relatif à problème au niveau d'éléments électroniques
26/12/2008	Raival (Meuse)	Chute de pale – cause inconnue
26/01/2009	Clastres (Aisne)	Accident électrique ayant entraîné la brûlure de deux agents de maintenance suite à l'explosion d'un convertisseur
08/06/2009	Bollène (Vaucluse)	Bout de pale éolienne ouverte liée à un coup de foudre
21/10/2009	Froidfond – Espinassière (Vendée)	Incendie de la nacelle – cause inconnue
30/10/2009	Freyssenet (Ardèche)	Incendie de la nacelle relatif à court-circuit faisant suite à une opération de maintenance
20/04/2010	Toufflers (Nord)	Décès d'un technicien (crise cardiaque) au cours d'une opération de maintenance
30/05/2010	Port la Nouvelle (Aude)	Effondrement d'une éolienne – Rotor endommagé par survitesse
19/09/2010	Rochefort-en-Valdaine (Drôme)	Emballement de deux éoliennes et incendie des nacelles lors d'une tempête et relatif à un dysfonctionnement du système de freinage
15/12/2010	Pouillé-les-Côteaux (Loire-Atlantique)	Chute de 3 m d'un technicien de maintenance. Aucune blessure grave
31/05/2011	Mesvres (Saône-et-Loire)	Collision entre train régional et un convoi exceptionnel transportant une pale d'éolienne. Aucun blessé
14/12/2011	Non communiqué	Rupture de pale liée à la foudre
03/01/2012	Non communiqué	Acte de vandalisme : départ de feu au pied de tour
05/01/2012	Widehem (Pas-de-Calais)	Bris de pales – Projection à 380 m
06/02/2012	Lehaucourt (Aisne)	Opération de maintenance dans la nacelle - un arc électrique (690V) blesse deux sous-traitants (brûlure sérieuse au visage et aux mains)
18/05/2012	Fresnay l'Evêque (Eure)	Chute d'une pale au pied d'une éolienne et rupture du roulement qui raccordait la pale au hub
30/05/2012	Port-la-Nouvelle (Aude)	Chute d'une éolienne liée à des rafales de vent de 130 km/h – Eolienne de 1991, tour en treillis (200 kW)

Date	Localisation	Incident
01/11/2012	Vieillespesse (Cantal)	Projection d'un élément de la pale à 70 m du mât pour une éolienne de 2,5 MW
05/11/2012	Sigean (Aude)	Feu sur une éolienne de 660 KW entraînant une chute de pale et enflammant 80 m <sup>2</sup> de garrigue environnante
06/03/2013	Conihac-de-la-Montagne (Aude)	Chute d'une pale liée à un problème de fixation entraînant un arrêt automatique de l'éolienne (détection d'échauffement + vitesse de rotation excessive)
17/03/2013	Euvy (Marne)	Incendie dans une nacelle conduisant à la chute d'une pale et une fuite de 450 L d'huile en provenance du multiplicateur. L'origine du feu est liée à une défaillance électrique. Le feu a été maîtrisé en 1 heure
01/07/2013	Cambon-et-Salvergues (34)	Un opérateur remplissant un réservoir d'azote sous pression dans une éolienne est blessé par la projection d'un équipement. Ses voies respiratoires ont également été atteintes lors de l'accident
03/08/2013	Moreac (Morbihan)	Perte de 270 L d'huile hydraulique d'une nacelle élévatrice intervenant sur une éolienne – pollution du sol sur 80 m <sup>2</sup>
09/01/2014	Anthény (Ardennes)	Feu dans une nacelle au niveau de la partie moteur
20/01/2014	Sigean (Aude)	Chute d'une pale au pied d'une éolienne suite à un défaut de vibration
14/11/2014	Saint-Cirgues-en-Montagne (Ardèche)	Chute d'une pale d'éolienne
05/12/2014	Fitou (Aude)	Chute d'une pale d'éolienne
29/01/2015	Remigny (Aisne)	Feu d'éolienne
06/02/2014	Lusseray (Deux-Sèvres)	Feu d'éolienne
24/08/2015	Santilly (Eure-et-Loir)	Incendie d'une éolienne
10/11/2015	Mesnil-la-Horgne (Meuse)	Chute du rotor
07/02/2016	Aude (Conilhac-Corbières)	Chute de l'aéofrein d'une pale
08/02/2016	Finistère (Dineault)	Chute d'une pale et déchirement d'une autre lors d'une tempête
07/03/2016	Côtes-d'Armor (Calanhel)	Chute d'une pale
28/05/2016	Eure-et-Loir (Janville)	Défaillance d'un raccord sur le circuit de refroidissement de l'huile de la boîte de vitesse de l'éolienne entraînant une fuite d'huile
27/02/2017	Meuse (Lavallée)	Rupture d'une pale d'éolienne
27/02/2017	Deux-Sèvres (Trayes)	Chute d'un élément d'une pale d'éolienne
03/08/2017	Priez (Aisne)	Détachement d'une pale du parc éolien de l'Osière
26/10/2017	Vaux-les-Mouzon (Ardennes)	Décès d'un technicien (circonstances encore non établies) au cours d'une opération de maintenance

Tableau 30 : Liste des incidents intervenus en France entre 2000 et septembre 2017 (source : [aria.developpement-durable.gouv.fr](http://aria.developpement-durable.gouv.fr), 01/10/2017)

## 6 - 1c Bilan accidentologie humaine

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

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

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

*Tableau 31 : Liste des accidents humains inventoriés*

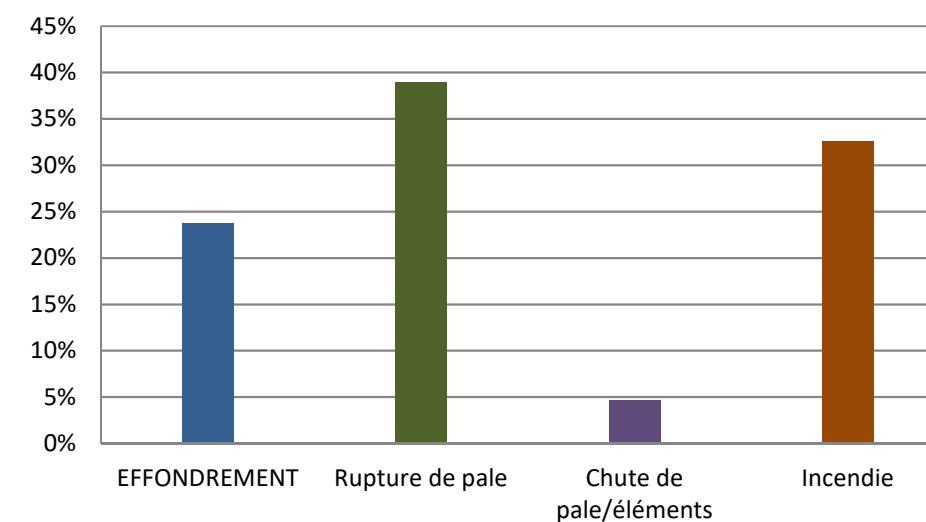
⇒ A ce jour, en France, aucun accident affectant des tiers ou des biens appartenant à des tiers n'est à déplorer. Les seuls accidents de personne recensés en France relèvent de la sécurité du travail dans des locaux où des appareils à haute tension sont en service ou lors de phases de construction et 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 se base lui aussi sur le retour d'expérience de la filière éolienne fin 2010.

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

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



*Tableau 32 : Répartition des événements accidentels dans le monde entre 2000 et 2011 (source : SER/FEE/INERIS, 2012)*

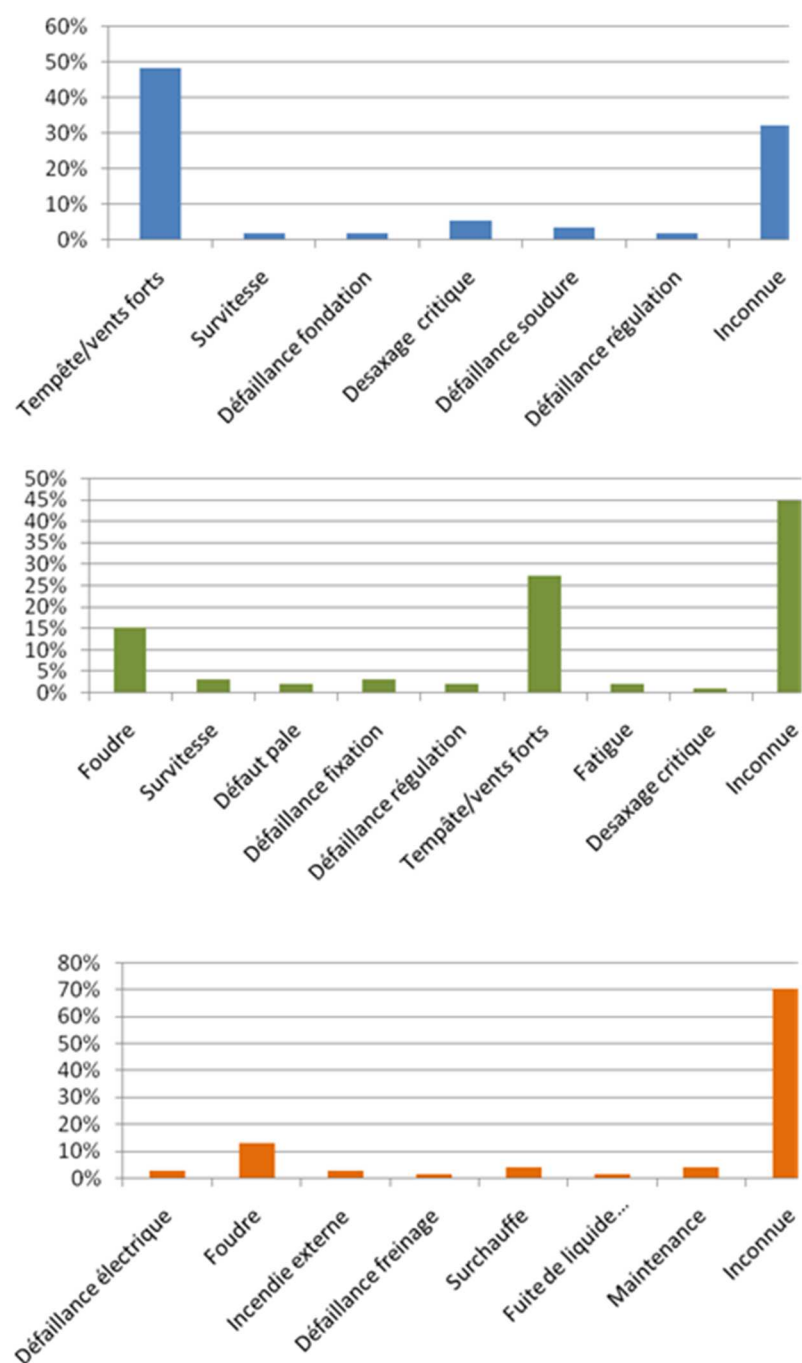


Tableau 33 : Répartition des causes premières d'accident pour le parc éolien mondial (source : SER/FEE/INERIS, 2012)

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

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

## 6 - 3 Synthèse des phénomènes dangereux redoutés issus du retour d'expérience

### 6 - 3a Analyse de l'évolution des accidents en France

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

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

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

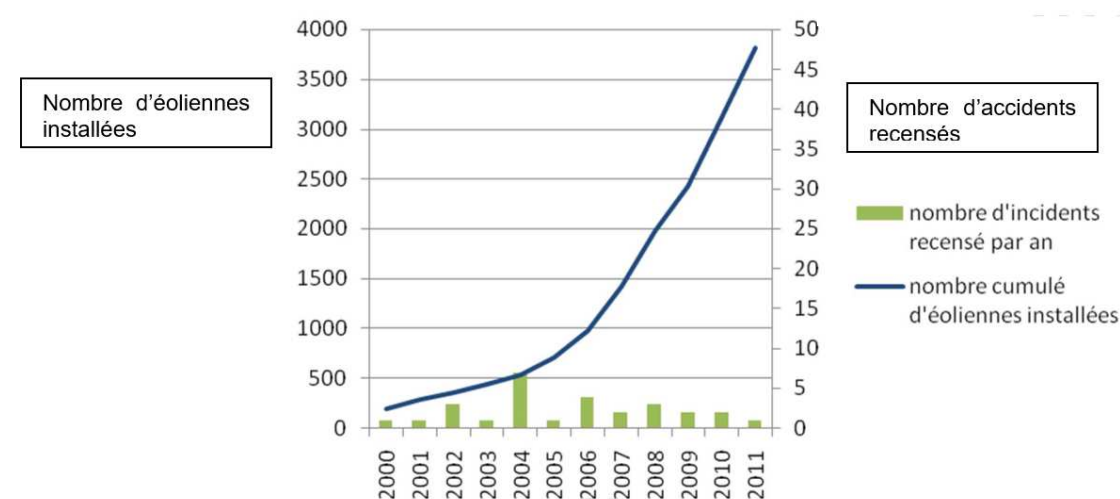


Figure 7 : Evolution du nombre d'incidents annuels en France et nombre d'éoliennes installées (source : INERIS/SER/FEE, 2012)

### 6 - 3b Analyse des typologies d'accidents les plus fréquents

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

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

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

## 6 - 4 Limites d'utilisation de l'accidentologie

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

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

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



## 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) basée sur un questionnement systématique des causes et conséquences possibles des événements accidentels, ainsi que sur le retour d'expérience disponible.

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

### 7 - 2 Recensement des 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 ;
- Évènements 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 - 3a Agressions externes liées aux activités humaines

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

**Remarque :** Aucun aérodrome n'est présent dans un rayon de 2 km. Aucune ligne électrique Très Haute Tension (THT) ni canalisation (gaz, oléoduc) n'est présente à moins de 200 m des éoliennes projetées. Aucune éolienne d'un parc éolien riverain (construit ou autorisé) n'est située dans un périmètre de 500 m.

Eolienne	RD67	RD77p	Chemin rural, communal ou chemin d'exploitation
E1	-	-	54 m Cc5 70 m Cc6 200 m Cc4
E2	-	-	69 m Cc3 160 m Cc4 180 m Cc6 180 m Cc9
E3	160 m	-	38 m Cc3 75 m Cc2 110 Cc1
E4	-	-	70 m Cc1
E5	-	190 m	-
E6	-	-	120 m Cc9
E7	-	-	185 m Cc8
E8	-	-	65 m Cc13

Tableau 34 : Liste des agressions externes liées aux activités humaines (source : INERIS/SER/FEE, 2012)

7 - 3b Agressions externes liées aux phénomènes naturels

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

Agression externe	Intensité
Vents et tempête	<ul style="list-style-type: none"> <li>Evènement probable en raison des tempêtes de 1995 et de 1999. Le DDRM du Nord qualifie ce risque comme possible</li> </ul>
Foudre	<ul style="list-style-type: none"> <li>Densité de foudroiement : inférieure à 1,5 impacts de foudre par an et par km<sup>2</sup>, inférieure à la moyenne nationale</li> <li>Respect de la norme IEC 61 400-22 ou EN 62 305-3 (Décembre 2006)</li> </ul>
Glissement de sols / affaissement minier	<ul style="list-style-type: none"> <li>Aléa faible de retrait et gonflement des argiles ;</li> <li>Cavité : Absence de cavité de localisation connue au sein du périmètre d'étude de dangers.</li> </ul>

Tableau 35 : Liste des agressions externes liées aux phénomènes naturels (source : INERIS/SER/FEE, 2012)

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

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

7 - 4 Tableau d'analyse générique des risques

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

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

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

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

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

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

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



N°	Evénement initiateur	Evénement intermédiaire	Evénement redouté central	Fonction de sécurité (intitulé générique)	Phénomène dangereux	Qualification de la zone d'effet
I03	Survitesse	Echauffement des parties mécaniques et inflammation	Incendie de tout ou partie de l'éolienne	Prévenir l'échauffement significatif des pièces mécaniques (N°3) Prévenir la survitesse (N°4)	Chute/projection d'éléments enflammés Propagation de l'incendie	2
I04	Désaxage de la génératrice / Pièce défectueuse / Défaut de lubrification	Echauffement des parties mécaniques et inflammation	Incendie de tout ou partie de l'éolienne	Prévenir l'échauffement significatif des pièces mécaniques (N°3)	Chute/projection d'éléments enflammés Propagation de l'incendie	2
I05	Conditions climatiques humides	Surtension	Court-circuit	Prévenir les Courts-circuits (N°5) Protection et intervention incendie (N°7)	Incendie poste de livraison (flux thermiques + fumées toxiques SF6) Propagation de l'incendie	2
I06	Rongeur	Surtension	Court-circuit	Prévenir les Courts-circuits (N°5) Protection et intervention incendie (N°7)	Incendie poste de livraison (flux thermiques + fumées toxiques SF6) Propagation de l'incendie	2
I07	Défaut d'étanchéité	Perte de confinement	Fuites d'huile isolante	Prévention et rétention des fuites (N°8)	Incendie au poste de transformation Propagation de l'incendie	2
F01	Fuite système de lubrification Fuite convertisseur Fuite transformateur	Ecoulement hors de la nacelle et le long du mât, puis sur le sol avec infiltration	Infiltration d'huile dans le sol	Prévention et rétention des fuites (N°8)	Pollution environnement	1
F02	Renversement de fluides lors des opérations de maintenance	Ecoulement	Infiltration d'huile dans le sol	Prévention et rétention des fuites (N°8)	Pollution environnement	1
C01	Défaut de fixation	Chute de trappe	Chute d'élément de l'éolienne	Prévenir les erreurs de maintenance (N°10)	Impact sur cible	1
C02	Défaillance fixation anémomètre	Chute anémomètre	Chute d'élément de l'éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9)	Impact sur cible	1

N°	Evénement initiateur	Evénement intermédiaire	Evénement redouté central	Fonction de sécurité (intitulé générique)	Phénomène dangereux	Qualification de la zone d'effet
C3	Défaut fixation nacelle – pivot central – mât	Chute nacelle	Chute d'élément de l'éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9)	Impact sur cible	1
P01	Survitesse	Contraintes trop importantes sur les pales	Projection de tout ou partie pale	Prévenir la survitesse (N°4)	Impact sur cible	2
P02	Fatigue Corrosion	Chute de fragment de pale	Projection de tout ou partie pale	Prévenir la dégradation de l'état des équipements (N°11)	Impact sur cible	2
P03	Serrage inapproprié Erreur maintenance – desserrage	Chute de fragment de pale	Projection de tout ou partie pale	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9)	Impact sur cible	2
E01	Effets dominos autres installations	Agression externe et fragilisation structure	Effondrement éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9)	Projection/chute fragments et chute mât	2
E02	Glissement de sol	Agression externe et fragilisation structure	Effondrement éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9)	Projection/chute fragments et chute mât	2
E05	Crash d'aéronef	Agression externe et fragilisation structure	Effondrement éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9)	Projection/chute fragments et chute mât	2
E07	Effondrement engin de levage travaux	Agression externe et fragilisation structure	Effondrement éolienne	Actions de prévention mises en œuvre dans le cadre du plan de prévention (N°13)	Chute fragments et chute mât	2
E08	Vents forts	Défaillance fondation	Effondrement éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9) Prévenir les risques de dégradation de l'éolienne en cas de vent fort (N°12) Dans les zones cycloniques, mettre en place un système de prévision cyclonique et équiper les éoliennes	Projection/chute fragments et chute mât	2

N°	Événement initiateur	Événement intermédiaire	Événement redouté central	Fonction de sécurité (intitulé générique)	Phénomène dangereux	Qualification de la zone d'effet
				d'un dispositif d'abattage et d'arrimage au sol (N°13)		
E09	Fatigue	Défaillance mât	Effondrement éolienne	Prévenir la dégradation de l'état des équipements (N°11)	Projection/chute fragments et chute mât	2
E10	Désaxage critique du rotor	Impact pale – mât	Effondrement éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N°9) Prévenir les erreurs de maintenance (N°10)	Projection/chute fragments et chute mât	2

Tableau 36 : Analyse générique des risques (source : INERIS/SER/FEE, 2012)

## 7 - 5 Effets dominos

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

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

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

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

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

Une installation, hors aérogénérateurs, est recensée à proximité des éoliennes du parc éolien de Saint-Souplet. Il s'agit des postes de livraison.

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

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

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

- ⇒ Aucun effet domino n'est donc à prévoir ;
- ⇒ L'enjeu humain lié à ce risque est faible.

## 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 mises en œuvre sur les éoliennes du parc de Saint-Souplet. Dans le cadre de la présente étude de dangers, les fonctions de sécurité sont détaillées selon les critères suivants :

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

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

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

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

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

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

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

Fonction de sécurité	Prévenir la survitesse	N° de la fonction de sécurité	4
Mesures de sécurité	Détection de survitesse et système de freinage.		
Description	Systèmes de coupure s'enclenchant en cas de dépassement des seuils de vitesse prédéfinis (soit 25 m/s pour les éoliennes du gabarit retenu (comme pour le modèle N117 par exemple)), indépendamment du système de contrôle commande. NB : Le système de freinage est généralement constitué d'un frein aérodynamique principal (mise en drapeau des pales) et / ou d'un frein mécanique auxiliaire.		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	Temps de détection < 1 minute L'exploitant ou l'opérateur désigné sera en mesure de transmettre l'alerte aux services d'urgence compétents dans un délai de 15 minutes suivant l'entrée en fonctionnement anormal de l'aérogénérateur conformément aux dispositions de l'arrêté du 26 août 2011		
Efficacité	100 %		
Tests	Test d'arrêt simple, d'arrêt d'urgence et de la procédure d'arrêt en cas de survitesse avant la mise en service des aérogénérateurs conformément à l'article 15 de l'arrêté du 26 août 2011.		
Maintenance	Vérification du système au bout de 3 mois de fonctionnement puis contrôle annuel conformément à l'article 18 de l'arrêté du 26 août 2011 (notamment de l'usure du frein et de pression du circuit de freinage d'urgence.) Maintenance de remplacement en cas de dysfonctionnement de l'équipement.		

Fonction de sécurité	Prévenir les courts-circuits	N° de la fonction de sécurité	5
Mesures de sécurité	Coupure de la transmission électrique en cas de fonctionnement anormal d'un composant électrique.		
Description	Les organes et armoires électriques de l'éolienne sont équipés d'organes de coupures et de protection adéquats et correctement dimensionnés. Tout fonctionnement anormal des composants électriques est suivi d'une coupure de la transmission électrique et de la transmission d'un signal d'alerte vers l'exploitant qui prend alors les mesures appropriées. La remise sous tension puis le recouplage de la machine ne peuvent être faits qu'après inspection visuelle des éléments HT de la nacelle, puis du réarmement du détecteur d'arc et de l'acquiescement manuel du défaut.		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	De l'ordre de la seconde		
Efficacité	100 %		
Tests	Test des détecteurs d'arc à la mise en service puis périodiquement après la mise en service.		
Maintenance	Des vérifications de tous les composants électriques ainsi que des mesures d'isolement et de serrage des câbles sont intégrées dans la plupart des mesures de maintenance préventive mises en œuvre. Les installations électriques sont contrôlées avant la mise en service du parc puis à une fréquence annuelle, conformément à l'article 10 de l'arrêté du 26 août 2011.		

Fonction de sécurité	Prévenir les effets de la foudre	N° de la fonction de sécurité	6
Mesures de sécurité	Mise à la terre et protection des éléments de l'aérogénérateur.		
Description	Respect de la norme IEC 61 400 – 22 Dispositif de capture et mise à la terre Parasurtenseurs sur les circuits électriques		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	Immédiat, dispositif passif		
Efficacité	100 %		
Tests	Avant la première mise en route de l'éolienne, une mesure de mise à la terre est effectuée.		
Maintenance	Contrôle visuel des pales et des éléments susceptibles d'être impactés par la foudre inclus dans les opérations de maintenance, conformément à l'article 9 de l'arrêté du 26 août 2011.		

Fonction de sécurité	Protection et intervention incendie	N° de la fonction de sécurité	7
Mesures de sécurité	Capteurs de températures sur les principaux composants de l'éolienne pouvant permettre, en cas de dépassement des seuils, la mise à l'arrêt de la machine. Système de détection incendie relié à une alarme transmise à un poste de contrôle. Intervention des services de secours.		
Description	Détecteurs d'incendie qui lors de leur déclenchement conduisent à la mise en arrêt de la machine et au découplage du réseau électrique. De manière concomitante, un message d'alarme est envoyé au centre de télésurveillance.  Les éoliennes sont équipées par défaut d'un système autonome de détection composé de plusieurs capteurs de fumée et de chaleur disposés aux possibles points d'échauffements tels que : - La chambre du transformateur ; - Le générateur ; - La cellule haute tension ; - Le convertisseur ; - Les armoires électriques principales ; - Le système de freinage.  Le système de détection incendie est alimenté par le réseau secouru (UPS).  L'éolienne est également équipée d'extincteurs qui peuvent être utilisés par les personnels d'intervention (cas d'un incendie se produisant en période de maintenance)		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	Le couplage des éléments de détection de fumée au système SCADA permet l'envoi en temps réel d'alertes par SMS/par courriel, selon les instructions de l'exploitant. L'exploitant ou l'opérateur désigné sera ainsi en mesure de transmettre l'alerte aux services d'urgence compétents dans un délai de 15 minutes suivant l'entrée en fonctionnement anormal de l'aérogénérateur, conformément à l'article 23 de l'arrêté du 26 août 2011. Le temps d'intervention des services de secours est quant à lui dépendant de la zone géographique.		
Efficacité	100 %		
Tests	Test des détecteurs de fumée à la mise en service puis tous les ans.		
Maintenance	Vérification du système au bout de 3 mois de fonctionnement puis contrôle annuel conformément à l'article 18 de l'arrêté du 26 août 2011. Le matériel incendie (type extincteurs) est contrôlé périodiquement par le fabricant du matériel ou un organisme extérieur. Maintenance curative suite à une défaillance du matériel.		

Fonction de sécurité	Prévention et rétention des fuites	N° de la fonction de sécurité	8
Mesures de sécurité	Détecteurs de niveau d'huiles et capteurs de pression Capteurs de niveau du circuit de refroidissement (niveau bas alarmé avec arrêt après temporisation) Procédure d'urgence Kit antipollution et bacs de rétention		
Description	Le circuit hydraulique est équipé de capteurs de pression (une mesure de pression dans le bloc hydraulique de chaque pale) permettant de s'assurer de son bon fonctionnement. Toute baisse de pression en-dessous d'un seuil préalablement déterminé, conduit au déclenchement de l'arrêt du rotor (mise en drapeau des pales). Afin de pouvoir assurer la manœuvre des pales en cas de perte du groupe de mise en pression ou en cas de fuite sur le circuit, chaque bloc hydraulique (situé au plus près du vérin de pale) est équipé d'un accumulateur hydropneumatique (pressurisé à l'azote) qui permet la mise en drapeau de la pale. La pression du circuit de lubrification du multiplicateur fait également l'objet d'un contrôle, asservissant le fonctionnement de l'éolienne.		

Fonction de sécurité	Prévention et rétention des fuites	N° de la fonction de sécurité	8
	Les niveaux d'huile sont surveillés d'une part au niveau du multiplicateur et d'autre part au niveau du groupe hydraulique. L'atteinte du niveau bas sur le multiplicateur ou sur le groupe hydraulique, déclenche une alarme et conduit à la mise à l'arrêt du rotor. Le circuit de refroidissement (eau glycolée) est équipé d'un capteur de niveau bas qui, en cas de déclenchement, conduit à l'arrêt de l'éolienne. Les opérations de vidange font l'objet de procédures spécifiques. Dans tous les cas, le transfert des huiles s'effectue de manière sécurisée via un système de tuyauterie et de pompes directement entre l'élément à vidanger et le camion de vidange. Des kits de dépollution d'urgence composés de grandes feuilles de textile absorbant pourront être utilisés afin : - de contenir et arrêter la propagation de la pollution ; - d'absorber jusqu'à 20 litres de déversements accidentels de liquides (huile, eau, alcools ...) et produits chimiques (acides, bases, solvants ...) ; - de récupérer les déchets absorbés. Si ces kits de dépollution s'avèrent insuffisants, une société spécialisée récupérera et traitera le gravier souillé via les filières adéquates, puis le remplacera par un nouveau revêtement.		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	Dépendant du débit de fuite		
Efficacité	100 %		
Tests	Tests des systèmes hydrauliques à la mise en service, au bout de 3 mois de fonctionnement puis tous les ans suivant les manuels de maintenance.		
Maintenance	Inspection des niveaux d'huile plusieurs fois par an. Les vérifications d'absence de fuites sont effectuées à chaque service planifié. Surveillance des niveaux d'huile via des outils d'analyses instantanées ou hebdomadaires. Inspection et maintenance curative en fonction du type de déclenchement d'alarme.		

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

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

Fonction de sécurité		Prévenir les risques de dégradation de l'éolienne en cas de vent fort	N° de la fonction de sécurité	11
Mesures de sécurité	Classe d'éolienne adaptée au site et au régime de vents. Détection et prévention des vents forts et tempêtes. Arrêt automatique et diminution de la prise au vent de l'éolienne (mise en drapeau progressive des pales) par le système de conduite (Pitch system).			
Description	L'éolienne est mise à l'arrêt si la vitesse de vent mesurée dépasse la vitesse maximale pour laquelle elle a été conçue (soit une valeur moyenne sur 10 minutes supérieure à 25 m/s pour les éoliennes du gabarit retenu (comme le modèle N117 par exemple) ou une valeur moyenne sur 3 secondes supérieure à 59,5 m/s.			
Indépendance	Oui			
Temps de réponse	< 1 min			
Efficacité	100 %. NB : En fonction de l'intensité attendue des vents, d'autres dispositifs de diminution de la prise au vent de l'éolienne peuvent être envisagés.			
Tests	Pitch system testé tous les ans lors des maintenances préventives.			
Maintenance	Tous les ans.			

Tableau 37 : 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 <sup>2</sup> n'est pas atteinte. Dans le cas d'un incendie au niveau du mât les effets sont également mineurs et l'arrêté du 26 Août 2011 encadre déjà largement la sécurité des installations. Ces effets ne sont donc pas étudiés dans l'étude détaillée des risques.  Néanmoins il peut être redouté que des chutes d'éléments (ou des projections) interviennent lors d'un incendie. Ces effets sont étudiés avec les projections et les chutes d'éléments.
Incendie du poste de livraison ou du transformateur	En cas d'incendie de ces éléments, les effets ressentis à l'extérieur des bâtiments (poste de livraison) seront mineurs ou inexistant du fait notamment de la structure en béton. De plus, la réglementation encadre déjà largement la sécurité de ces installations (l'arrêté du 26 août 2011 impose le respect des normes NFC 15-100, NFC 13-100 et NFC 13-200)
Chute et projection de glace dans les cas particuliers où les températures hivernales ne sont pas inférieures à 0°C	Lorsqu'un aérogénérateur est implanté sur un site où les températures hivernales ne sont pas inférieures à 0°C, il peut être considéré que le risque de chute ou de projection de glace est nul.  Des éléments de preuves doivent être apportés pour identifier les implantations où de telles conditions climatiques sont applicables.
Infiltration d'huile dans le sol	En cas d'infiltration d'huile dans le sol, les volumes de substances libérées dans le sol restent mineurs.  Ce scénario peut ne pas être détaillé dans le chapitre de l'étude détaillée des risques sauf en cas d'implantation dans un périmètre de protection rapprochée d'une nappe phréatique.

Tableau 38 : Scénarios exclus (source : INERIS/SER/FEE, 2012)

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

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

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

## 8 ETUDE DETAILLEE DES RISQUES

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

### 8 - 1 Rappel des 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 substances toxiques.

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

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

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

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

#### 8 - 1a 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 - 1b Intensité

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

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

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

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

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

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

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

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

Tableau 39 : 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 - 1d **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 40 : Critères permettant d'apprécier les conséquences de l'événement (source : arrêté du 29 septembre 2005)

8 - 1e **Probabilité**

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

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

Tableau 41 : Grille de criticité du scénario redouté (source : arrêté du 29 septembre 2005)

Dans le cadre de l'étude de dangers des parcs éoliens, la probabilité de chaque événement accidentel identifié pour une éolienne est déterminée en fonction :

- de la bibliographie relative à l'évaluation des risques pour des éoliennes ;
- du retour d'expérience français ;
- des définitions qualitatives de l'arrêté du 29 Septembre 2005.

Il convient de noter que la probabilité qui sera évaluée pour chaque scénario d'accident correspond à la probabilité qu'un événement redouté se produise sur l'éolienne (probabilité de départ) et non à la probabilité que cet événement produise un accident suite à la présence d'un véhicule ou d'une personne au point d'impact (probabilité d'atteinte). En effet, l'arrêté du 29 septembre 2005 impose une évaluation des probabilités de départ uniquement.

Cependant, on pourra rappeler que la probabilité qu'un accident sur une personne ou un bien se produise est très largement inférieure à la probabilité de départ de l'événement redouté.

La probabilité d'accident est en effet le produit de plusieurs probabilités :

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

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

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

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

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

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

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



## 8 - 1f Matrice de criticité

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

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

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

GRAVITÉ Conséquences	Classes de Probabilité				
	E	D	C	B	A
Désastreux	Jaune	Rouge	Rouge	Rouge	Rouge
Catastrophique	Jaune	Jaune	Rouge	Rouge	Rouge
Important	Jaune	Jaune	Jaune	Rouge	Rouge
Sérieux	Vert	Vert	Jaune	Jaune	Rouge
Modéré	Vert	Vert	Vert	Vert	Jaune

Légende de la matrice :

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

Tableau 42 : Matrice de criticité de l'installation (source : INERIS/SER/FEE, 2012)

## 8 - 2 Caractérisation des scénarios retenus

### 8 - 2a Rappel des caractéristiques des modèles retenus

Les caractéristiques techniques des éoliennes étudiées pour les calculs de risques dans la suite du document sont les suivantes :

Nom de la machine	N117
Constructeur	Nordex
Puissance nominale	3,6 MW
Hauteur au moyeu	91 m
Diamètre de rotor	116,8 m
Hauteur totale machine	149,4 m
Longueur de pale	57,3 m
Largeur base pale	4 m
Diamètre base mât	5 m

Tableau 43 : Rappel des caractéristiques techniques des éoliennes (source : Nordex, 2017)

L'étude détaillée des risques engendrés par le projet éolien de Saint-Souplet présentée dans les paragraphes suivants est basée sur les caractéristiques de machines conduisant au scénario le plus impactant, permettant d'étudier la criticité maximale de chacun des évènements redoutés. Le détail de calcul des périmètres d'étude les plus impactants est présenté chapitre 3.5.a.

### 8 - 2b 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 150 mètres maximum pour les éoliennes du parc éolien de Saint-Souplet.

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

#### Intensité

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

Le tableau ci-dessous permet d'évaluer l'intensité du phénomène d'effondrement de l'éolienne dans le cas du parc éolien de Saint-Souplet. Les machines N117 présentent une hauteur maximale envisagée de 150 m. soit une zone d'effet totale du phénomène la plus impactante. De la même façon, la zone d'impact de l'effondrement de l'éolienne est calculée en adéquation avec le rayon de rotor de la machine Nordex N117, dans l'optique d'analyser le scénario le plus impactant. Le degré d'exposition est calculé dans le tableau suivant. Une intensité d'exposition est ainsi défini.

$Z_I$  est la zone d'impact,  $Z_E$  est la zone d'effet,  $d$  le degré d'exposition,  $R$  est le rayon du rotor ( $R = 58,5$  m pour la N117 par exemple),  $H$  la hauteur au moyeu ( $H = 91$  m),  $L$  la largeur du mat ( $L = 5$  m) et  $LB$  la largeur de la base de la pale ( $LB = 4$  m).

Effondrement de l'éolienne (dans un rayon inférieur ou égal à la hauteur totale de l'éolienne en bout de pale)				
Eolienne étudiée	Zone d'impact en m <sup>2</sup>	Zone d'effet du phénomène étudié en m <sup>2</sup>	Degré d'exposition du phénomène étudié en %	Intensité
		$Z_I = (H \times L) + (3 \times R \times LB/2)$	$Z_E = \pi \times (H+R)^2$	
N117	805,4 m <sup>2</sup>	70 121 m <sup>2</sup>	1,15 % (5 % > d > 1 %)	Exposition forte

Tableau 44 : Evaluation de l'intensité dans le scénario de l'effondrement

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

### Gravité

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

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

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

Effondrement de l'éolienne						
Eolienne	Terrains non aménagés et très peu fréquentés 1 personne / 100 ha		Terrains aménagés mais peu fréquentés 1 personne / 10 ha		Nombre total de personnes exposées	Gravité
	Surface exposée en ha	Nombre de personnes exposées	Surface exposée en ha	Nombre de personnes exposées		
E1	6,83	0,07	0,24	0,02	0,09	Sérieuse
E2	6,93	0,07	0,14	0,01	0,08	Sérieuse
E3	6,84	0,07	0,23	0,02	0,09	Sérieuse
E4	6,94	0,07	0,13	0,01	0,08	Sérieuse
E5	7,07	0,07	-	-	0,07	Sérieuse
E6	6,98	0,07	0,09	0,01	0,08	Sérieuse
E7	7,07	0,07	-	-	0,07	Sérieuse
E8	6,94	0,07	0,13	0,01	0,08	Sérieuse

Tableau 45 : Evaluation de la gravité dans le scénario de l'effondrement de l'éolienne

Remarque : le calcul du nombre de personnes permanentes est défini dans le chapitre 3-4.

### Probabilité

Pour l'effondrement d'une éolienne, les valeurs retenues dans la littérature sont détaillées dans le tableau suivant :

Source	Fréquence	Justification
Guide for risk based zoning of wind turbine	4,5 x 10 <sup>-4</sup>	Retour d'expérience
Specification of minimum distances	1,8 x 10 <sup>-4</sup> (effondrement de la nacelle et de la tour)	Retour d'expérience

Tableau 46 : Fréquence d'effondrement d'une éolienne dans la littérature (source : INERIS/SER/FEE, 2012)

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

Le retour d'expérience français montre également une classe de probabilité « C ». En effet, il a été recensé seulement 7 événements pour 15 667 années d'expérience<sup>1</sup>, soit une probabilité de 4,47 x 10<sup>-4</sup> par éolienne et par an.

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

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

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

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

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

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

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

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

## Acceptabilité

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

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

Tableau 47 : Détermination de l'acceptabilité du risque du scénario « effondrement de l'éolienne »

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

## 8 - 2c Chute de glace

### Considérations générales

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

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

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

### Zone d'effet

Le risque de chute de glace est cantonné à la zone de survol des pales, soit un disque de rayon égal à un demi-diamètre de rotor autour du mat de l'éolienne. Pour le parc éolien de Saint-Souplet, **la zone d'effet a donc un rayon maximal de 58,5 mètres, en considérant le rayon de rotor de la machine N117**. Cependant, il convient de noter que, lorsque l'éolienne est à l'arrêt, les pales n'occupent qu'une faible partie de cette zone.

### Intensité

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

Le tableau ci-dessous permet d'évaluer l'intensité du phénomène de chute de glace dans le cas du parc éolien de Saint-Souplet.  $Z_I$  est la zone d'impact,  $Z_E$  est la zone d'effet,  $d$  le degré d'exposition,  $R$  est le rayon du rotor ( $R = 58,5$  m),  $SG$  est la surface du morceau de glace majorant ( $SG = 1$  m<sup>2</sup>).

Chute de glace (dans un rayon inférieur ou égal à $1/D =$ zone de survol)			
Zone d'impact en m <sup>2</sup>	Zone d'effet du phénomène étudié en m <sup>2</sup>	Degré d'exposition du phénomène étudié en %	Intensité
$Z_I = SG$	$Z_E = \pi \times R^2$	$d = (Z_I/Z_E) \times 100$	Exposition modérée
1	10 715	0,01 % ( $d < 1$ %)	

Tableau 48 : Evaluation de l'intensité dans le scénario de chute de glace

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

## Gravité

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

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

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

Chute de glace						
Eolienne	Terrains non aménagés et très peu fréquentés 1 personne / 100 ha		Terrains aménagés mais peu fréquentés 1 personne / 10 ha		Nombre total de personnes exposées	Gravité
	Surface exposée en ha	Nombre de personnes exposées	Surface exposée en ha	Nombre de personnes exposées		
E1	1,05	0,011	0,02	0,002	0,013	Modérée
E2	1,07	0,011	-	-	0,011	Modérée
E3	1,02	0,010	0,05	0,005	0,015	Modérée
E4	1,07	0,011	-	-	0,011	Modérée
E5	1,07	0,011	-	-	0,011	Modérée
E6	1,07	0,011	-	-	0,011	Modérée
E7	1,07	0,011	-	-	0,011	Modérée
E8	1,07	0,011	-	-	0,011	Modérée

Tableau 49 : Evaluation de la gravité dans le scénario « chute de glace »

## Probabilité

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

## Acceptabilité

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

Il convient également de rappeler que, conformément à l'article 14 de l'arrêté du 26 août 2011 relatif aux installations éoliennes soumises à autorisation, un panneau informant le public des risques (et notamment des risques de chute de glace) sera installé sur le chemin d'accès de chaque aérogénérateur, c'est-à-dire en amont de la zone d'effet de ce phénomène. Cette mesure permettra de réduire les risques pour les personnes potentiellement présentes sur le site lors des épisodes de grand froid.

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

Tableau 50 : Détermination de l'acceptabilité du risque du scénario « chute de glace »

⇒ Ainsi, pour le parc éolien de Saint-Souplet, le phénomène de chute de glace des éoliennes constitue un risque acceptable pour les personnes.

## 8 - 2d 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 (58,5 m), en considérant le rayon de rotor de la machine N117** (voir paragraphe 3.4.1).

### Intensité

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

Le tableau ci-dessous permet d'évaluer l'intensité du phénomène de chute d'éléments de l'éolienne, dans le cas du parc éolien de Saint-Souplet ; pour la machine N117. Z<sub>I</sub> est la zone d'impact, Z<sub>E</sub> la zone d'effet, d le degré d'exposition, R le rayon du rotor (R= 58,5 m) et LB la largeur de la base de la pale (LB= 4 m).

Chute d'éléments de l'éolienne			
Zone d'impact en m <sup>2</sup>	Zone d'effet du phénomène étudié en m <sup>2</sup>	Degré d'exposition du phénomène étudié en %	Intensité
$Z_I = R \times LB/2$	$Z_E = \pi \times R^2$	$d = (Z_I/Z_E) \times 100$	Exposition forte
117	10 715	1,09 % (5 % > d > 1 %)	

Tableau 51 : Evaluation de l'intensité dans le scénario de chute d'éléments

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

## Gravité

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

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

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

Chute d'éléments de l'éolienne						
Eolienne	Terrains non aménagés et très peu fréquentés 1 personne / 100 ha		Terrains aménagés mais peu fréquentés 1 personne / 10 ha		Nombre total de personnes exposées	Gravité
	Surface exposée en ha	Nombre de personnes exposées	Surface exposée en ha	Nombre de personnes exposées		
E1	1,05	0,011	0,02	0,002	0,013	Sérieuse
E2	1,07	0,011	-	-	0,011	Sérieuse
E3	1,02	0,010	0,05	0,005	0,015	Sérieuse
E4	1,07	0,011	-	-	0,011	Sérieuse
E5	1,07	0,011	-	-	0,011	Sérieuse
E6	1,07	0,011	-	-	0,011	Sérieuse
E7	1,07	0,011	-	-	0,011	Sérieuse
E8	1,07	0,011	-	-	0,011	Sérieuse

Tableau 52 : Evaluation de la gravité dans le scénario « chute d'éléments de l'éolienne »

## Probabilité

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

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

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

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

## Acceptabilité

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

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

Tableau 53 : Détermination de l'acceptabilité du risque du scénario « chute d'éléments de l'éolienne »

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

## 8 - 2e Projection de pales et de fragments de pales

### Zone d'effet

Dans l'accidentologie française rappelée en annexe, la distance maximale relevée et vérifiée par le groupe de travail précédemment mentionné pour une projection de fragment de pale est de 380 mètres par rapport au mât de l'éolienne (source : Trame type INERIS, Mai 2012). On constate que les autres données disponibles dans cette accidentologie indiquent des distances d'effet inférieures.

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

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

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

### Intensité

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

Le tableau ci-dessous permet d'évaluer l'intensité du phénomène projection de pales et de fragments de pale dans le cas du parc éolien de Saint-Souplet, pour la machine N117 la plus impactante.  $Z_I$  est la zone d'impact,  $Z_E$  la zone d'effet,  $d$  le degré d'exposition,  $R$  le rayon du rotor ( $R = 58,5$  m) et  $LB$  la largeur de la base de la pale ( $LB = 4$  m).

$R_{E^2}$  correspond au rayon de la zone d'effet, soit 500 mètres. Il n'est pas à confondre avec le  $R$  du rayon du rotor.

Projection de pales ou de fragments de pales Zone de 500 m autour de chaque éolienne			
Zone d'impact en m <sup>2</sup>	Zone d'effet du phénomène étudié en m <sup>2</sup>	Degré d'exposition du phénomène étudié en %	Intensité
$Z_I = R \times LB/2$	$Z_E = \pi \times R_{E^2}$	$d = (Z_I/Z_E) \times 100$	Exposition modérée
117	785 398	0,015 % ( $d < 1$ %)	

Tableau 54 : Evaluation de l'intensité dans le scénario « projection de pales ou de fragments de pales »

### Gravité

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

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

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

Eolienne	Projection de pales ou de fragments de pales					Nombre total de personnes exposées	Gravité
	Terrains non aménagés et très peu fréquentés 1 personne / 100 ha		Terrains aménagés mais peu fréquentés 1 personne / 10 ha		Terrains aménagés et potentiellement fréquentés ou très fréquentés		
	Surface exposée en ha	Nombre de personnes exposées	Surface exposée en ha	Nombre de personnes exposées	Nombre de personnes exposées		
E1	76,92	0,77	1,58	0,16		0,93	Modérée
E2	77,04	0,77	1,46	0,15		0,92	Modérée
E3	76,71	0,77	1,79	0,18		0,95	Modérée
E4	76,92	0,77	1,58	0,16		0,93	Modérée
E5	76,54	0,77	1,96	0,20	300	300,96	Catastrophique
E6	77,03	0,77	1,47	0,15		0,92	Modérée
E7	77,89	0,78	0,61	0,06		0,84	Modérée
E8	76,54	0,77	1,96	0,2		0,96	Modérée

Tableau 55 : Evaluation de la gravité dans le scénario « projection de pale ou de fragment de pale »

### Probabilité

Les valeurs retenues dans la littérature pour une rupture de tout ou partie de pale sont détaillées dans le tableau suivant :

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

Tableau 56 : 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 61 400-22 et EN 62 305-3 relatives à la foudre ;
- Le système de détection des survitesses et un système redondant de freinage ;
- Le système de détection des vents forts et un système redondant de freinage et de mise en sécurité des installations – un système adapté est installé en cas de risque cyclonique ;
- Utilisation de matériaux résistants pour la fabrication des pales (fibre de verre, de carbone, résines, etc.).

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

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

### Acceptabilité

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

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

Tableau 57 : Détermination de l'acceptabilité du risque du scénario « projection de pales ou de fragments de pales »

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

## 8 - 2f Projection de glace

### Zone d'effet

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

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

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

**La zone d'effet calculée pour le projet de Saint-Souplet est de 312 m en retenant le cas le plus impactant (machine N117, voir chapitre 3.4.1).**

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

### Intensité

Pour le phénomène de projection de glace, le degré d'exposition correspond au ratio entre la surface d'un morceau de glace (cas majorant de 1 m<sup>2</sup>) et la superficie de la zone d'effet du phénomène.

Le tableau ci-dessous permet d'évaluer l'intensité du phénomène de projection de glace dans le cas du parc éolien de Saint-Souplet, pour la machine N117, la plus impactante. Z<sub>I</sub> est la zone d'impact, Z<sub>E</sub> la zone d'effet, d le degré d'exposition, R le rayon du rotor (R= 58,5 m), H la hauteur au moyeu (H= 91 m), 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 <sup>2</sup>	Zone d'effet du phénomène étudié en m <sup>2</sup>	Degré d'exposition du phénomène étudié en %	Intensité
Z <sub>I</sub> = SG	$Z_E = \pi \times [1,5 \times (H+2 \times R)]^2$	$d = (Z_I/Z_E) \times 100$	Exposition modérée
1	305 227	0,0003% (d < 1%)	

Tableau 58 : Evaluation de l'intensité dans le scénario « projection de glace »

### Gravité

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

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

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

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

Projection de morceaux de glace						
Eolienne	Terrains non aménagés et très peu fréquentés 1 personne / 100 ha		Terrains aménagés mais peu fréquentés 1 personne / 10 ha		Nombre total de personnes exposées	Gravité
	Surface exposée en ha	Nombre de personnes exposées	Surface exposée en ha	Nombre de personnes exposées		
E1	29,89	0,30	0,71	0,07	0,37	Modérée
E2	30,01	0,30	0,59	0,06	0,36	Modérée
E3	29,6	0,30	1,04	0,10	0,40	Modérée
E4	30,04	0,30	0,56	0,06	0,36	Modérée
E5	29,96	0,30	0,64	0,06	0,36	Modérée
E6	30,20	0,30	0,45	0,05	0,35	Modérée
E7	30,16	0,30	0,44	0,04	0,35	Modérée
E8	30,24	0,30	0,36	0,04	0,34	Modérée

Tableau 59 : Evaluation de la gravité dans le scénario « projection de morceaux de glace »

### Probabilité

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

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

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

### Acceptabilité

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

Projection de morceaux de glace			
Eolienne	Gravité	Présence de système d'arrêt en cas de déduction de glace et procédure de redémarrage	Niveau de risque
E1	Modérée	oui	Acceptable
E2	Modérée	oui	Acceptable
E3	Modérée	oui	Acceptable
E4	Modérée	oui	Acceptable
E5	Modérée	oui	Acceptable
E6	Modérée	oui	Acceptable
E7	Modérée	oui	Acceptable
E8	Modérée	oui	Acceptable

Tableau 60 : Détermination de l'acceptabilité du risque du scénario « projection de morceaux de glace »

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



## 8 - 3 Synthèse de l'étude détaillée des risques

### 8 - 3a Tableaux de synthèse des scénarios étudiés

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

Scénario	Zone d'effet	Cinétique	Intensité	Probabilité	Gravité
<b>Effondrement de l'éolienne</b>	Disque dont le rayon correspond à une hauteur totale de la machine en bout de pale (150 m)	Rapide	Exposition forte	D	<u>Sérieuse</u> E1, E2, E3, E4, E5, E6, E7 et E8
<b>Chute de glace</b>	Zone de survol (58,5 m)	Rapide	Exposition modérée	A	<u>Modérée</u> E1, E2, E3, E4, E5, E6, E7 et E8
<b>Chute d'éléments de l'éolienne</b>	Zone de survol (58,5 m)	Rapide	Exposition forte	C	<u>Sérieuse</u> E1, E2, E3, E4, E5, E6, E7 et E8
<b>Projection de pale</b>	500 m autour de l'éolienne	Rapide	Exposition modérée	D	<u>Modérée</u> E1, E2, E3, E4, E6, E7 et E8  <u>Catastrophique</u> E5
<b>Projection de glace</b>	1,5 x (H+2R) autour de l'éolienne (312 m)	Rapide	Exposition modérée	B	<u>Modérée</u> E1, E2, E3, E4, E5, E6, E7 et E8

Tableau 61 : Synthèse des scénarios étudiés pour l'ensemble des éoliennes du parc

### 8 - 3b Synthèse de l'acceptabilité des risques

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

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

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

- Effondrement des éoliennes E1 à E8 (scénarios Ef1 à Ef8) ;
- Chute de glace des éoliennes E1 à E8 (scénarios Cg1 à Cg8) ;
- Chute d'éléments des éoliennes E1 à E8 (scénarios Ce1 à Ce8) ;
- Projection de pale des éoliennes E1 à E8 (scénarios Pp1 à Pp8) ;
- Projection de glace des éoliennes à E1 à E8 (scénarios Pg1 à Pg8).

Conséquence / Gravité	Classes de Probabilité				
	E	D	C	B	A
Désastreuse					
Catastrophique		Pp5			
Importante					
Sérieuse		E1, E2, E3, E4, E5, E6, E7, E8,	Ce1, Ce2, Ce3, Ce4, Ce5, Ce6, Ce7, Ce8		
Modérée		Pp1, Pp2, Pp3, Pp4, Pp6, Pp7, Pp8		Pg1, Pg2, Pg3, Pg4, Pg5, Pg6, Pg7, Pg8	Cg1, Cg2, Cg3, Cg4, Cg5, Cg6, Cg7, Cg8

E1 : Effondrement éolienne ; Cg : Chute de glace ; Ce : Chute d'éléments ; Pp : Projection de pales ; Pg : Projection de glace

Légende de la matrice :

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

Figure 8 : Matrice de criticité de l'installation (source : INERIS/SER/FEE, 2012)

Il apparaît au regard de la matrice ainsi complétée que :

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

### 8 - 3c Cartographie des risques

La carte de synthèse Carte 13 fait apparaître, pour les scénarios les plus critiques :

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

# Synthèse des risques

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

Septembre 2017

Sources : Scan25® et Route500® ©IGN -  
Copie et reproduction interdites.



**Légende :**

*Limites administratives :*

- Limite communale de Saint-Souplet
- Limite de département (Nord - Aisne)

*Parc éolien de Saint-Souplet :*

- Eolienne
- Poste de livraison

*Infrastructures routières :*

- Route départementale
- Chemin communal (Cc)

*Captage d'eau potable :*

- Localisation des captages d'au potable
- Périmètre de protection immédiat
- Périmètre de protection rapproché
- Périmètre de protection éloigné

*Chemins de randonnée inscrits aux PDIPR 59 et 02 :*

- Chemins ruraux
- Autour de Saint-Souplet

*Terrains aménagés et fréquentés :*

- Cimetière

*Présentation des scénarios étudiés :*

- Risque de chute de glace ou autre élément (58,5 m)
- Risque d'effondrement (150 m)
- Risque de projection de glace (312 m)
- Risque de projection de pale (500 m)

*Personnes exposées :*

- Moins de 1 personne
- Entre 100 et 1000 personnes

*Intensité d'exposition :*

- Modérée
- Forte

Carte 13 : Synthèse des risques sur le périmètre de dangers

## 9 CONCLUSION

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

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

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

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

Dans la zone de surplomb des éoliennes, là où s'observent la chute de glace et d'éléments, l'enjeu humain est compris entre 0,011 et 0,015 personne, engendrant une gravité qualifiée de modérée pour la chute de glace et sérieuse pour la chute d'éléments. Sur cette zone, des champs sont présents ainsi qu'un chemin rural. L'enjeu humain restera inférieur à 1 personne. Toutefois, la gravité est qualifiée de sérieuse en raison d'une intensité d'exposition forte due aux caractéristiques de la machine.

Dans la zone d'effondrement de la machine (dite également zone de ruine), l'enjeu humain est évalué de 0,07 à 0,09 personne. Sur cette zone, sont présents des champs et des portions de chemins ruraux. Toutefois, la gravité est qualifiée de sérieuse en raison d'une intensité d'exposition forte due aux caractéristiques de la machine.

Dans la zone de projection de glace, l'enjeu humain est compris entre 0,34 et 0,40 personne. Sur cette zone, sont présents des champs, des routes départementales non structurantes et des chemins ruraux, des chemins de randonnées inscrits aux PDIPR de l'Aisne et du Nord ainsi qu'un périmètre de protection éloigné du captage d'eau potable de « Lamerie ». Toutefois, l'enjeu humain reste nettement inférieur à 1 personne, la gravité est qualifiée de modérée.

Enfin, sur le reste de la zone, l'enjeu humain reste modéré puisqu'il s'agit, pour l'essentiel, de champs pour lesquels l'enjeu est compris entre 0,84 et 300,96 personnes. Sur cette zone des chemins ruraux, des routes départementales non structurantes, des chemins de randonnée inscrits aux PDIPR du Nord et de l'Aisne ainsi que le cimetière de Molain et les périmètres de protection éloigné et rapproché du captage d'eau potable de « Lamerie ». La gravité est qualifiée de modérée pour l'ensemble des éoliennes du parc excepté pour l'éolienne E5 pour laquelle la gravité est catastrophique.

La société « Parc éolien de Saint-Souplet », de par sa démarche en amont, a réussi à limiter les risques. En effet, elle a choisi de s'éloigner des habitations et les distances aux différentes infrastructures (ERP, routes) sont suffisantes pour avoir un risque acceptable au niveau des 5 accidents majeurs identifiés.

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

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

Numéro de la fonction de sécurité	Fonction de sécurité	Mesures de sécurité
1	Prévenir la mise en mouvement de l'éolienne lors de la formation de glace	- Système de déduction de la formation de glace sur les pales de l'aérogénérateur - Arrêt préventif en cas de déséquilibre du rotor ou en cas de givrage de l'anémomètre - Procédure adéquate de redémarrage
2	Prévenir l'atteinte des personnes par la chute de glace	- Signalisation en pied de machine - Éloignement des zones habitées et fréquentées
3	Prévenir l'échauffement significatif des pièces mécaniques	- Capteurs de température des pièces mécaniques - Définition de seuils critiques de température pour chaque type de composant avec alarme - Mise à l'arrêt ou bridage jusqu'à refroidissement
4	Prévenir la survitesse	- Détection de survitesse du générateur et système de freinage
5	Prévenir les courts-circuits	- Coupure de la transmission électrique en cas de fonctionnement anormal d'un composant électrique
6	Prévenir les effets de foudre	- Mise à la terre et protection des éléments de l'aérogénérateur
7	Protection et intervention incendie	- Capteurs de températures sur les principaux composants de l'éolienne pouvant permettre, en cas de dépassement des seuils, la mise à l'arrêt de la machine - Système de détection incendie relié à une alarme transmise à un poste de contrôle - Intervention des services de secours : SDIS 02. L'équipe d'intervention peut partir de Laon si ce sont les pompiers qui interviennent (31 min) ou de Marle si les pompiers volontaires sont sollicités (12 min).
8	Prévention et rétention des fuites	- Détecteurs de niveaux d'huiles - Procédure de gestion des situations d'urgence - Kits antipollution associés à une procédure de gestion des situations d'urgence - Sensibilisation des opérateurs aux bons gestes d'utilisation des produits
9	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction-exploitation)	- Contrôles réguliers des fondations et des différentes pièces d'assemblages (ex : brides, joints, etc.) - Procédures qualités - Attestation du contrôle technique (procédure permis de construire)
10	Prévenir les erreurs de maintenance	- Procédure maintenance
11	Prévenir la dégradation de l'état de l'équipement	- Procédure de contrôle des équipements - Suivi de données mesurées par les capteurs et sondes présentes dans les éoliennes
12	Prévenir les risques de dégradation de l'éolienne en cas de vent fort	- Classe d'éolienne adaptée au site et au régime de vents - Détection et prévention des vents forts et tempêtes - Arrêt automatique et diminution de la prise au vent de l'éolienne (mise en drapeau progressive des pales) par le système de conduite

Tableau 62 : Mesures de sécurité (source : ATER Environnement, 2017)

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

- Des barrières de prévention ;
- Une maintenance préventive régulière avec des vérifications étendues ;
- Un personnel formé ;
- Des machines certifiées.

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

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

## 10 ANNEXES

### 10 - 1 Scénarios génériques issus de l'analyse

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

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

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

#### 10 - 1a Scénarios relatifs aux risques liés à la glace (G01 et G02)

##### Scénario G01

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

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

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

##### Scénario G02

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

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

#### 10 - 1b Scénarios relatifs aux risques d'incendie (I01 à I07)

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

#### 10 - 1c Scénarios relatifs aux risques de fuites (F01 à F02)

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

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

## Scénario F01

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

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

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

Deux événements peuvent être aggravants :

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

## Scénario F02

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

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

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

Ce scénario est à adapter en fonction des produits utilisés.

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

## 10 - 1d Scénarios relatifs aux risques de chute d'éléments (C01 à C03)

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

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

## 10 - 1e Scénarios relatifs aux risques de projection de pales ou de fragments de pales (P01 à P03)

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

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

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

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

### Scénario P01

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

### Scénario P02

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

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

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

### Scénario P03

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

## 10 - 1f Scénarios relatifs aux risques d'effondrement des éoliennes (E01 à E10)

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

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

## 10 - 2 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 :

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

## 10 - 3 Glossaire

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

**SER :** Syndicat des Energies Renouvelables

**FEE :** France Energie Eolienne

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

**EDD :** Etude De Dangers

**APR :** Analyse Préliminaire des Risques

**ERP :** Etablissement Recevant du Public

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

DDT du Nord et de l'Aisne (2012) – Dossier Départemental des Risques Majeurs

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

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

Régions Picardie et Nord Pas-de-Calais (2012) – Schéma Régional Eolien ;

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



## 10 - 4 Bibliographie

- L'évaluation des fréquences et des probabilités à partir des données de retour d'expérience (réf DRA-11-117406-04648A), INERIS, 2011 ;
- NF EN 61400-1 Eoliennes – Partie 1 : Exigences de conception, Juin 2006 ;
- Wind Turbine Accident data to 31 March 2011, Caithness Windfarm Information Forum ;
- Site Specific Hazard Assessment for a wind farm project – Case study – Germanischer Lloyd, Windtest ;
- Kaiser-Wilhelm-Koog GmbH, 2010/08/24 ;
- Guide for Risk-Based Zoning of wind Turbines, Energy research centre of the Netherlands (ECN), H. Braam, G.J. van Mulekom, R.W. Smit, 2005 ;
- Specification of minimum distances, Dr-ing. Veenker ingenieurgesellschaft, 2004 ;
- Permitting setback requirements for wind turbine in California, California Energy Commission – Public ;
- Interest Energy Research Program, 2006 ;
- Omega 10: Evaluation des barrières techniques de sécurité, INERIS, 2005 ;
- Arrêté du 26 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., Leteurtrois J.-P. - juillet 2004 ;
- Risk analysis of ice throw from wind turbines, Seifert H., Westerhellweg A., Kroning J. - DEWI, avril 2003 ;
- Wind energy in the BSR: impacts and causes of icing on wind turbines, Narvik University College, novembre 2005 ;
- DDT de l'Aisne (2015) – Dossier Départemental des Risques Majeurs ;
- DDT du Nord (2012) – Dossier Départemental des Risques Majeurs ;

- INERIS/SER/FEE (2012) - Trame Type de l'étude de dangers dans le cadre de parcs éoliens.

### Sites internet consultés :

- [www.argiles.fr](http://www.argiles.fr);
- [www.asn.fr](http://www.asn.fr);
- [www.cartes-topographiques.fr](http://www.cartes-topographiques.fr) ;
- [www.inondationsnappes.fr](http://www.inondationsnappes.fr) ;
- [www.planseisme.fr](http://www.planseisme.fr)
- [www.prim.net](http://www.prim.net) ;
- [www.nordex-online.com](http://www.nordex-online.com)
- [www.statistiques-locales.insee.fr](http://www.statistiques-locales.insee.fr)

## 10 - 5 Table des illustrations

### 10 - 5a Liste des figures

Figure 1 : Illustration des températures moyennes de 2011 à 2015 – Station de Cambrai-Epinoy (source : infoclimat.fr, Station de Cambrai-Epinoy)	14
Figure 2 : Illustration des précipitations moyennes de 1981 à 2010 – Station de Cambrai-Epinoy (source : infoclimat.fr, Station de Cambrai-Epinoy)	15
Figure 3 : Schéma simplifié d'un aérogénérateur (à gauche) - Illustration des emprises au sol d'une éolienne (à droite) (Les dimensions sont données à titre d'illustration pour une éolienne d'environ 150 m de hauteur totale) (source : INERIS/SER/FEE, 2012)	27
Figure 4 : Composants d'une nacelle	29
Figure 5 : Illustration du système en anneau garantissant une communication continue des éoliennes	35
Figure 6 : Répartition des événements accidentels et de leurs causes premières sur le parc éolien français entre 2000 et 2011 (source : SER/FEE/INERIS, 2012)	41
Figure 7 : Evolution du nombre d'incidents annuels en France et nombre d'éoliennes installées (source : INERIS/SER/FEE, 2012)	44
Figure 8 : Matrice de criticité de l'installation (source : INERIS/SER/FEE, 2012)	65

### 10 - 5b Liste des tableaux

Tableau 1 : Nomenclature ICPE pour l'éolien terrestre (source : décret n°2011-984 du 23 août 2011)	6
Tableau 2 : Données machines (source : Nordex, 2017)	6
Tableau 3 : Références administratives de la société du Parc éolien de Saint-Souplet (source : EDF Renouvelables, 2017)	7
Tableau 4 : Référence du signataire pouvant engager la société (source : EDF Renouvelables, 2017)	7
Tableau 5 : Identification des parcelles cadastrales (source : EDF Renouvelables, 2017)	7
Tableau 6 : Indicateurs de population et de logement (source : Insee, RP 2011)	11
Tableau 7 : Liste des établissements ICPE présents sur les communes du périmètre d'étude de dangers (source : Basias, 2017)	13
Tableau 8 : Caractéristiques principales des exploitations agricoles des communes du périmètre d'étude de dangers (source : AGRESTE, 2010)	14
Tableau 9 : Synthèse des risques majeurs sur le territoire d'implantation du parc projeté (source : DDRM 59, 2011)	16
Tableau 10 : Synthèse des risques majeurs sur le territoire d'implantation du parc projeté (source : DDRM 02, 2015)	16
Tableau 11 : Inventaire des arrêtés de catastrophe naturelle (source : prim.net, 2017)	16
Tableau 12 : Inventaire des cavités sur le territoire d'étude et localisation de celles-ci vis-à-vis des éoliennes (source : georisques.gouv.fr, 2017)	17
Tableau 13 : Distance des éoliennes par rapport aux infrastructures routières intégrant le périmètre d'étude de dangers	19
Tableau 14 : Définition de l'enjeu humain relatif aux terrains non urbanisés	22
Tableau 15 : Définition de l'enjeu humain relatif aux terrains aménagés mais peu fréquentés – Eolienne E1	23
Tableau 16 : Définition de l'enjeu humain relatif aux terrains aménagés mais peu fréquentés – Eolienne E2	23
Tableau 17 : Définition de l'enjeu humain relatif aux terrains aménagés mais peu fréquentés – Eolienne E3	23
Tableau 18 : Définition de l'enjeu humain relatif aux terrains aménagés mais peu fréquentés – Eolienne E4	23
Tableau 19 : Définition de l'enjeu humain relatif aux terrains aménagés mais peu fréquentés – Eolienne E5	23
Tableau 20 : Définition de l'enjeu humain relatif aux terrains aménagés mais peu fréquentés – Eolienne E6	23
Tableau 21 : Définition de l'enjeu humain relatif aux terrains aménagés mais peu fréquentés – Eolienne E7	24
Tableau 22 : Définition de l'enjeu humain relatif aux terrains aménagés mais peu fréquentés – Eolienne E8	24
Tableau 23 : Synthèse des enjeux humains dans le périmètre d'étude de dangers	25
Tableau 24 : Coordonnées géographiques du parc éolien (source : EDF Renouvelables, 2017)	28
Tableau 25 : Vitesses de vent (source : Nordex, 2017)	28
Tableau 26 : Synthèse du fonctionnement des aérogénérateurs selon le tableau type de l'INERIS/SER/FEE, 2012	30

Tableau 27 : Conformité à l'arrêté du 26 août 2011 relatif aux ICPE	32
Tableau 28 : Produits sortants de l'installation	37
Tableau 29 : Potentiels de dangers liés au fonctionnement de l'installation (source : guide INERIS/SER/FEE, 2012)	38
Tableau 30 : Liste des incidents intervenus en France entre 2000 et septembre 2017 (source : aria.developpement-durable.gouv.fr, 01/10/2017)	42
Tableau 31 : Liste des accidents humains inventoriés	43
Tableau 32 : Répartition des événements accidentels dans le monde entre 2000 et 2011 (source : SER/FEE/INERIS, 2012)	43
Tableau 33 : Répartition des causes premières d'accident pour le parc éolien mondial (source : SER/FEE/INERIS, 2012)	44
Tableau 34 : Liste des agressions externes liées aux activités humaines	47
Tableau 35 : Liste des agressions externes liées aux phénomènes naturels (source : INERIS/SER/FEE, 2012)	48
Tableau 36 : Analyse générique des risques (source : INERIS/SER/FEE, 2012)	50
Tableau 37 : Ensemble des fonctions de sécurité (Source : INERIS/SER/FEE, 2012)	54
Tableau 38 : Scénarios exclus (source : INERIS/SER/FEE, 2012)	54
Tableau 39 : Degré d'exposition (source : INERIS/SER/FEE, 2012)	55
Tableau 40 : Critères permettant d'apprécier les conséquences de l'événement (source : arrêté du 29 septembre 2005)	56
Tableau 41 : Grille de criticité du scénario redouté (source : arrêté du 29 septembre 2005)	56
Tableau 42 : Matrice de criticité de l'installation (source : INERIS/SER/FEE, 2012)	57
Tableau 43 : Rappel des caractéristiques techniques des éoliennes (source : Nordex, 2017)	57
Tableau 44 : Evaluation de l'intensité dans le scénario de l'effondrement	58
Tableau 45 : Evaluation de la gravité dans le scénario de l'effondrement de l'éolienne	58
Tableau 46 : Fréquence d'effondrement d'une éolienne dans la littérature (source : INERIS/SER/FEE, 2012)	58
Tableau 47 : Détermination de l'acceptabilité du risque du scénario « effondrement de l'éolienne »	59
Tableau 48 : Evaluation de l'intensité dans le scénario de chute de glace	59
Tableau 49 : Evaluation de la gravité dans le scénario « chute de glace »	60
Tableau 50 : Détermination de l'acceptabilité du risque du scénario « chute de glace »	60
Tableau 51 : Evaluation de l'intensité dans le scénario de chute d'éléments	60
Tableau 52 : Evaluation de la gravité dans le scénario « chute d'éléments de l'éolienne »	61
Tableau 53 : Détermination de l'acceptabilité du risque du scénario « chute d'éléments de l'éolienne »	61
Tableau 54 : Evaluation de l'intensité dans le scénario « projection de pales ou de fragments de pales »	62
Tableau 55 : Evaluation de la gravité dans le scénario « projection de pale ou de fragment de pale »	62
Tableau 56 : Fréquence de rupture de tout ou partie de pale dans la littérature (source : INERIS/SER/FEE, 2012)	62
Tableau 57 : Détermination de l'acceptabilité du risque du scénario « projection de pales ou de fragments de pales »	63
Tableau 58 : Evaluation de l'intensité dans le scénario « projection de glace »	63
Tableau 59 : Evaluation de la gravité dans le scénario « projection de morceaux de glace »	64
Tableau 60 : Détermination de l'acceptabilité du risque du scénario « projection de morceaux de glace »	64
Tableau 61 : Synthèse des scénarios étudiés pour l'ensemble des éoliennes du parc	65
Tableau 62 : Mesures de sécurité (source : ATER Environnement, 2017)	67

## 10 - 5c Liste des cartes

Carte 1 : Localisation géographique de l'installation .....	8
Carte 2 : Périmètre d'étude de dangers .....	10
Carte 3 : Distance des machines par rapport aux habitations .....	12
Carte 4 : Densité d'énergie du Nord Pas-de-Calais à 50 m de hauteur du sol et vitesse des vents à 40 m de hauteur du sol en Picardie— Légende : Etoile rouge / Localisation de la zone d'implantation du projet (sources : Schéma Régional Eolien Nord-Pas-de-Calais et Picardie) .....	15
Carte 5 : Sensibilité du projet aux phénomènes d'inondations par remontée de nappe (source. inondationsnappes.fr, 2017) .....	16
Carte 6 : Localisation du PPRi de la Selle sur le périmètre d'étude de dangers (source : Préfecture du Nord) .....	17
Carte 7 : Aléa retrait-gonflement des argiles sur le projet (source : www.argiles.fr, 2017).....	17
Carte 8 : Zonage sismique en Hauts-de-France – Légende : Etoile rouge / localisation de la zone d'implantation (source : planseisme.fr, 2017) .....	18
Carte 9 : Densité de foudroiement / Légende : Etoile rouge – Localisation de la zone d'implantation (source : citel, 2014) .....	18
Carte 10 : Enjeux matériels dans le périmètre d'étude de dangers .....	20
Carte 11 : Enjeux humains dans le périmètre d'étude de dangers .....	26
Carte 12 : Orientations stratégiques du secteur Cambrésis - Ostrevent – Etoile rouge : localisation du projet (source : SRE, 2012) .....	38
Carte 13 : Synthèse des risques sur le périmètre de dangers .....	66

## 10 - 6 Coordonnées des éoliennes et postes de livraison

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

Éolienne	Parcelle d'implantation	Lambert 93		CC 50		WGS84 (DMS)		WGS84 (décimal)	
		X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
E1	ZE 13	737 955,83	6 994 149,91	1 737	9 205	3°31'45.7536" E	50°2'40.6248" N	3,529376	50,044618
E2	ZE 9	737 603,20	6 994 281,38	1 737	9 205	3°31'28.0920" E	50°2'44.9520" N	3,52447	50,04582
E3	ZE 5	737 260,77	6 994 568,22	1 737	9 205	3°31'10.9920" E	50°2'54.2976" N	3,51972	50,048416
E4	ZK 16	736 890,62	6 994 845,92	1 736	9 205	3°30'52.4988" E	50°3'3.3552" N	3,514583	50,050932
E5	ZH89	737 835,39	6 993 331,80	1 737	9 204	3°31'39.4320" E	50°2'14.1972" N	3,52762	50,037277
E6	ZH41	737 464,33	6 993 587,74	1 737	9 204	3°31'20.8884" E	50°2'22.5528" N	3,522469	50,039598
E7	ZH32	737 077,60	6 993 819,57	1 737	9 204	3°31'1.5492" E	50°2'30.1308" N	3,517097	50,041703
E8	ZI 27	736 244,87	6 994 370,66	1 736	9 205	3°30'19.9188" E	50°2'48.1236" N	3,505533	50,046701
PDL 1	ZH 1	737 163,52	6 994 585,85	1 737	9 205	3°31'6.1176" E	50°2'54.8916" N	3,518366	50,048581
PDL 2	ZH 1	737 172,53	6 994 579,51	1 737	9 205	3°31'6.5676" E	50°2'54.6828" N	3,518491	50,048523
PDL 3	ZI 30	736 561,18	6 994 119,57	1 736	9 205	3°30'35.7192" E	50°2'39.9408" N	3,509922	50,044428

## 10 - 7 KBIS de la société « Parc éolien de Saint-Souplet »

### PARC EOLIEN DE SAINT-SOUPLET

Mise à jour 30.09.2017

RAISON SOCIALE PARC EOLIEN DE SAINT-SOUPLET

CREATION 10.02.2017  
 FORME JURIDIQUE Société par actions simplifiée  
 SIEGE SOCIAL Cœur Défense - Tour B - 100, Esplanade du Général de Gaulle - 92932 Paris la Défense Cedex  
 R.C.S. Nanterre 827.867.383.  
 DATE IMMATRICULATION 21.02.2017  
 DUREE 99 ans  
 SIRET 827.867.383.00016  
 CODE NAF/APE 3511Z (Production d'électricité)

CAPITAL SOCIAL 5 000 Euros (entièrement libéré)  
 NOMBRE DE TITRES 500 actions  
 VALEUR NOMINALE 10 Euros

ETABLISSEMENTS SECONDAIRES **Lieu-dit "Le Chemin des Carbonniers 1" - 59360 Saint-Souplet Escaufourt**  
 Siret : 827.867.383.00024  
**Lieu-dit "Le Chemin des Carbonniers 2" - 59360 Saint-Souplet Escaufourt**  
 Siret : 827.867.383.00032

#### REPARTITION DU CAPITAL

ASSOCIES	TITRES DETENUS	%
<b>EDF EN France</b> S.A.S.U. au capital de 100 500 000 Euros - R.C.S. Nanterre 434 689 915 Cœur Défense - 100, Esp. du Gal de Gaulle - 92932 Paris la Défense Cedex représentée par sa Présidente, la S.A. EDF Energies Nouvelles	500	100%
<b>T O T A L</b>	500	100%

#### DIRECTION ET CONTROLE

DIRECTION	FONCTION	DATE DE NOMINATION	FIN DE MANDAT
<b>EDF EN France</b>	Président	Statutaire	Durée illimitée
CONTROLE	FONCTION	DATE NOMI. OU RENOUV.	FIN DE MANDAT
<b>KPMG Audit</b>	C.A.C. Titulaire	31.01.2017	Comptes 2022

#### EVENEMENTS SOCIAUX

DATE	EVENEMENTS

## 10 - 8 « Type Certificate » de la machine N117

**TÜV NORD**

## Type Certificate

**Registration-No.**  
44 220 14155683-TC-IEC-b, Rev. 0

**Name and address of customer**  
NORDEX Energy GmbH  
Langenhorner Chaussee 600  
22419 Hamburg  
GERMANY

**Wind Turbine**  
N117/3000

with the characteristic data given in the "Design Evaluation Conformity Statements" and the attached Annexes referenced below has been assessed by TÜV NORD concerning the design, testing and manufacture.

**Assessed according to**  
**IEC S A**  
(Based on IEC IIA with extended temperature range and altitude of installation)  
The Type Certification is based on the indicated documents as follows:

<b>44 220 13125677a-D-IEC, Rev. 1</b>	Design Evaluation Conformity Statement of the Wind Turbine NORDEX K08 Delta N117/3000, TÜV NORD, dated 2014-06-18
<b>44 220 14031330a-D-IEC, Rev. 0</b>	Design Evaluation Conformity Statement of the Wind Turbine NORDEX K08 Delta N117/3000 R141c, TÜV NORD, dated 2014-05-23
<b>44 220 12487041-M-IEC, Rev. 3</b>	Manufacturing Conformity Statement for the Wind Turbine Platform K08 Gamma/Delta, TÜV NORD, dated 2014-10-31.
<b>44 220 14155683-T-IEC-b, Rev. 0</b>	Type Test Conformity Statement for the Wind Turbine NORDEX K08 Delta N117/3000, TÜV NORD, dated 2014-10-31.
<b>8111155683-20 E II, Rev.0</b>	Final Evaluation Report NORDEX K08 Delta N117/3000, TÜV NORD, dated 2014-10-31

**Normative references:**  
**Certification scheme:**  
 IEC 61400-22 "Wind turbines – Part 22: Conformity testing and certification", First edition, 2010-05  
 in combination with  
 IEC 61400-1, Wind Turbines - Part 1: Design Requirements, Third Edition, 2005-08 and Amendment 1, 2010-10

Any change in the design has to be approved by TÜV NORD. Without approval the Type Certificate loses its validity.

**This Type Certificate is valid until: 2019-10-30.**  
 under the condition of regular maintenance according to chapter 6.5.2, IEC 61400-22

TÜV NORD CERT GmbH  
 Certification Body for  
 Wind Turbines  
  
 Dipl.-Ing. Christian Hering

 **DAKKS**  
 Deutsche  
 Akkreditierungsstelle  
 D-ZE-12007-01-02

Essen, 31<sup>st</sup> October 2014

Langemarckstraße 20 • 45141 Essen • email: windenergy@tuv-nord.de  
 Brainmark: 18898810-39

1 / 1