

# PROJET ÉOLIEN DES TROIS CANTONS

**DEMANDE D'AUTORISATION  
ENVIRONNEMENTALE**

**3. Etude de dangers**



**Département du Doubs**

**Communes :  
Colombier-Fontaine  
Ecot  
Etouvans**

Verso page de garde

# SOMMAIRE

<b>1</b>	<b>PREAMBULE</b>	<b>5</b>	<b>8</b>	<b>ETUDES DETAILLEES DES RISQUES</b>	<b>60</b>
1.1.	OBJECTIF DE L'ETUDE DE DANGERS	5	8.1.	RAPPEL DES DEFINITIONS	60
1.2.	CONTEXTE LEGISLATIF ET REGLEMENTAIRE	5	8.2.	DETERMINATION DES PARAMETRES POUR L'ETUDE DETAILLEE DES RISQUES	63
1.3.	NOMENCLATURE DES INSTALLATIONS CLASSEES	6	8.3.	SYNTHESE DE L'ETUDE DETAILLEE DES RISQUES	69
<b>2</b>	<b>INFORMATIONS GENERALES CONCERNANT L'INSTALLATION</b>	<b>7</b>	<b>9</b>	<b>CONCLUSIONS</b>	<b>71</b>
2.1.	RENSEIGNEMENT ADMINISTRATIF	7	<b>10</b>	<b>ANNEXES</b>	<b>73</b>
2.2.	LOCALISATION DU SITE	9	10.1.	SCENARIOS GENERIQUES ISSUS DE L'ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES	73
2.3.	DEFINITION DU PERIMETRE DE L'ETUDE	9	10.2.	PROBABILITE D'ATTEINTE ET RISQUE INDIVIDUEL	75
<b>3</b>	<b>DESCRIPTION DE L'ENVIRONNEMENT DE L'INSTALLATION</b>	<b>11</b>	10.3.	GLOSSAIRE	75
3.1.	ENVIRONNEMENT LIE A L'ACTIVITE HUMAINE	11	10.4.	BIBLIOGRAPHIE	77
3.2.	ENVIRONNEMENT NATUREL	16	10.5.	TABLE DES ILLUSTRATIONS	78
3.3.	ENVIRONNEMENT MATERIEL	21	10.6.	COORDONNEES WGS 84	79
3.4.	CARTOGRAPHIE DE SYNTHESE	25			
<b>4</b>	<b>DESCRIPTION DE L'INSTALLATION</b>	<b>31</b>			
4.1.	CARACTERISTIQUES DE L'INSTALLATION	31			
4.2.	FONCTIONNEMENT DE L'INSTALLATION	33			
4.3.	FONCTIONNEMENT DES RESEAUX DE L'INSTALLATION	38			
<b>5</b>	<b>IDENTIFICATION DES POTENTIELS DE DANGERS DE L'INSTALLATION</b>	<b>43</b>			
5.1.	POTENTIELS DE DANGERS LIES AUX PRODUITS	43			
5.2.	POTENTIELS DE DANGERS LIES AU FONCTIONNEMENT DE L'INSTALLATION	45			
5.3.	REDUCTION DES POTENTIELS DE DANGERS A LA SOURCE	45			
<b>6</b>	<b>ANALYSE DES RETOURS D'EXPERIENCE</b>	<b>47</b>			
6.1.	INVENTAIRE DES ACCIDENTS ET INCIDENTS EN FRANCE	47			
6.2.	INVENTAIRE DES ACCIDENTS ET INCIDENTS A L'INTERNATIONAL	49			
6.2.	INVENTAIRE DES ACCIDENTS ET INCIDENTS SURVENUS SUR LES SITES DE L'EXPLOITANT	50			
6.3.	SYNTHESE DES PHENOMENES DANGEREUX REDOUTES ISSUS DU RETOUR D'EXPERIENCE	50			
6.4.	LIMITES D'UTILISATION DE L'ACCIDENTOLOGIE	51			
<b>7</b>	<b>ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES</b>	<b>52</b>			
7.1.	OBJECTIF DE L'ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES	52			
7.2.	RECENSEMENT DES EVENEMENTS EXCLUS DE L'ANALYSE DES RISQUES	52			
7.3.	RECENSEMENT DES AGRESSIONS EXTERNES POTENTIELLES	52			
7.4.	SCENARIOS ETUDIES DANS L'ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES	53			
7.5.	EFFETS DOMINOS SUR LES ICPE	55			
7.6.	MISE EN PLACE DES MESURES DE SECURITE	56			
7.7.	CONCLUSION DE L'ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES	59			



**ATER Environnement –**

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

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

Tél : 03 60 40 67 16 – Mail : pauline.lemeunier@ater-environnement.fr

Rédacteur : Mme Pauline LEMEUNIER

# 1 PREAMBULE

## 1.1. OBJECTIF DE L'ETUDE DE DANGERS

La présente étude de dangers a pour objet de rendre compte de l'examen effectué par la société Trois Cantons EnR, Maître d'Ouvrage et futur exploitant du parc éolien des Trois Cantons, pour caractériser, analyser, évaluer, prévenir et réduire les risques du parc éolien, 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 des Trois Cantons. Le choix de la méthode d'analyse utilisée et la justification des mesures de prévention, de protection et d'intervention sont adaptés à la nature et la complexité des installations et de leurs risques.

Elle précise l'ensemble des mesures de maîtrise des risques mises en œuvre sur le parc éolien des Trois Cantons qui réduisent le risque à l'intérieur et à l'extérieur des éoliennes à un niveau jugé acceptable par l'exploitant.

Ainsi, cette étude permet une approche rationnelle et objective des risques encourus par les personnes ou l'environnement, en satisfaisant les principaux objectifs suivants :

- améliorer la réflexion sur la sécurité à l'intérieur de l'entreprise afin de réduire les risques et optimiser la politique de prévention ;
- favoriser le dialogue technique avec les autorités d'inspection pour la prise en compte des parades techniques et organisationnelles dans l'arrêté d'autorisation ;
- informer le public dans la meilleure transparence possible en lui fournissant des éléments d'appréciation clairs sur les risques.

Cette étude a été réalisée à partir du guide de l'étude de dangers de mai 2012 élaboré par l'INERIS, en étroite collaboration avec la DGPR, le SER et la FEE.

## 1.2. CONTEXTE LEGISLATIF ET REGLEMENTAIRE

Les objectifs et le contenu de l'étude de dangers sont définis dans la partie du code de l'environnement relative aux installations classées. Selon l'article L181-25 du code de l'environnement, l'étude de dangers expose les risques que peut présenter l'installation pour les intérêts visés à l'article L. 511-1 en cas d'accident, que la cause soit interne ou externe à l'installation.

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

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

Selon le principe de proportionnalité, le contenu de l'étude de dangers doit être en relation avec l'importance des risques engendrés par l'installation, compte tenu de son environnement et de sa vulnérabilité. Ce contenu est défini par l'article D 181-15-2 du code de l'environnement :

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

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

### 1.3. NOMENCLATURE DES INSTALLATIONS CLASSEES

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

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

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

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

Le parc éolien des Trois Cantons comprend au moins un aérogénérateur dont le mât a une hauteur supérieure ou égale à 50 m (la hauteur du moyeu pour ce site est de 145 m au maximum) : cette installation est donc soumise à autorisation (A) au titre des installations classées pour la protection de l'environnement et doit présenter une étude de dangers au sein de sa demande d'autorisation d'exploiter.

Pour mémoire : De manière plus précise, le projet du parc éolien des Trois Cantons est constitué de 6 éoliennes. Les aérogénérateurs envisagés ne sont pas connus précisément (nom du fournisseur, puissance unitaire précise) à la date du dépôt du présent dossier. Cependant, les données de vent sur le site ainsi que les contraintes et servitudes ont permis de définir une enveloppe dimensionnelle maximale (gabarit) à laquelle répondront les aérogénérateurs (tableau n°2) qui seront installés sur les positions précises.

Les caractéristiques dimensionnelles sont donc déterminées de façon à ce que la combinaison des éléments qui composent l'aérogénérateur ne dépasse pas les 200 m de hauteur, bout de pale en position verticale. Tout en respectant cette hauteur maximum, la hauteur maximale au moyeu sera de 145 m et le diamètre du rotor sera de 131 m au maximum. La puissance unitaire de chaque aérogénérateur est comprise entre 2,0 et 3,5 MW.

Ces caractéristiques dimensionnelles permettent d'englober les machines disponibles aujourd'hui sur le marché et qui seraient appropriées pour le site. Certains de ces modèles sont listés dans le tableau ci-après :

Liste non exhaustive des machines sélectionnées pour le projet des Trois Cantons						
Nom de l'aérogénérateur	Constructeur	Puissance (kW)	Hauteur au moyeu (m)	Diamètre rotor (m)	Hauteur en bout de pale (m)	Hauteur entre sol et bas de pale (m)
E-115	Enercon	3,0	135,4	115,0	193,4	78,4
V120	Vestas	2 ou 2,2	125,0	120,0	185,0	65,0
V126	Vestas	3 ou 3,3	137,0	126,0	200,0	74,0
G126	Gamesa	2,6	137,0	126,0	200,0	74,0
2,3M130-2300	Senvion	2,3	135,0	130,0	200,0	70,0
GE 3.0-130	GE	3 ou 3,2	131,0	130,0	196,0	66,0
N131	Nordex	3,0	134,0	131,0	200,0	69,0
N117	Nordex	2,4	141,0	117,0	199,0	82,0

Tableau 2 : Inventaire des éoliennes possibles (non exhaustif) pour le projet (source : Opale EN, 2018)

Ainsi, dans la présente étude, nous nous sommes placés de manière systématique dans les cas les plus contraignants (majorants) à savoir :

- Puissance unitaire nominale : 2 à 3,5 MW ;
- Hauteur maximale d'éolienne : 200 m ;
- Diamètre rotor maximal : 131 m ;
- Longueur de pale maximale : 65,5 m ;
- Diamètre à la base du mât maximal : 11 m ;
- Hauteur maximale au moyeu : 145 m ;
- Accroche de la pale : 5 m

⇒ Pour le parc éolien des Trois Cantons, la hauteur maximale de l'éolienne, en bout de pale, sera de 200 m pour une puissance totale du parc évoluant entre 12 MW et 21 MW.

## 2 INFORMATIONS GENERALES CONCERNANT L'INSTALLATION

### 2.1. RENSEIGNEMENT ADMINISTRATIF

#### 2.1.1. Présentation d'OPALE ENERGIES NATURELLES

La société OPALE ENERGIES NATURELLES (ci-après OPALE) est une société française implantée à proximité de Besançon, sur la commune de Fontain (Doubs). Elle a pour objet le développement et l'exploitation d'énergies renouvelables.

Créée en 2008, OPALE s'est très rapidement imposée comme un acteur régional incontournable dans le domaine de l'énergie et du développement des énergies renouvelables.

La structure regroupe 35 personnes, réparties dans trois agences, dans le Doubs, le Gard, et le Bas-Rhin, avec des spécialistes pour chaque thématique (environnement, urbanisme, aménagement du territoire, paysage, technique, juridique, etc.) et un réseau d'experts intervenant en sous-traitance.

Ses activités se concentrent dans deux domaines précis :

- **Le développement de projet d'unité de méthanisation agricole collective.**

La méthanisation collective agricole est un mode de production d'électricité par la valorisation des déchets agricoles d'élevages (effluents, lisiers). De tels projets participent aux objectifs de développement durable issus notamment de la loi 2015-992 du 18 août 2015 sur la Transition Energétique pour une Croissance Verte, et s'inscrivent dans une logique d'économie circulaire.

Deux unités de méthanisation développées par OPALE sont actuellement exploitées dans le Doubs (Commune de Rahon) et en Haute-Marne (Commune de Chalancey).

Outre le développement des projets de méthanisation qui consiste à concrétiser la faisabilité du projet, obtenir les autorisations de construction et d'exploitation et un financement, OPALE est également partie prenante dans l'exploitation des unités de méthanisation. Chaque unité de méthanisation est exploitée *via* une structure sociétale particulière qui réunit des agriculteurs et OPALE.

OPALE poursuit l'essor de l'activité de méthanisation à travers plusieurs projets dans le grand Est de la France, dont 4 projets en phase construction, 3 projets en phase de pré-construction, deux projets en phase d'instruction des demandes d'autorisations administratives et 10 projets en phase d'étude de faisabilité.

- **Le développement de projets éoliens terrestres**

Dans le domaine de l'éolien terrestre, OPALE intervient d'une part en qualité de cabinet de consultants indépendants pour le compte de tiers et d'autre part en tant que développeur de projets éoliens pour son propre compte. A ce titre, le projet éolien du Trois Cantons est développé directement par OPALE pour son propre compte.

L'équipe d'OPALE est composée de spécialistes pluridisciplinaires qui mènent le développement de projets éoliens. Les membres de l'équipe dirigeante exercent depuis plus de 20 ans dans l'éolien et sont à l'origine de plus de 500 MW d'autorisations de construire et d'exploiter obtenues.

Son activité consiste à concevoir le projet éolien, de sa phase initiale de prospection jusqu'à l'obtention des autorisations administratives définitives, et l'obtention des financements.

OPALE gère et maîtrise en amont des projets, les contraintes de construction et d'exploitation, les enjeux environnementaux et paysagers, les problématiques techniques et économiques et l'acceptation sociale par la population, afin de proposer un projet de moindre impact en adéquation avec les politiques locales d'aménagement et de valorisation du territoire.

Dans le cas d'un développement pour son propre compte, l'expertise d'OPALE se poursuit dans les phases de construction et d'exploitation, dans les conditions précisées aux chapitres 4.1.2 et 4.1.3 du dossier administratif.

A ce jour, les parcs éoliens développés par OPALE sont les suivants :

Parc éolien	Dépt.	Etape de développement	Nombre d'éoliennes	Puissance du parc éolien
Mont du Lomont (partie 1)	Doubs	En service (2015)	5	13,9 MW
Mont du Lomont (partie 2)	Doubs	Début de chantier et Mise en service 2018	6	19,2 MW
Rougemont - Baume	Doubs	En service (2017)	29	80,6 MW
Vaîte et Bussière	Doubs	En service (2017)	14	38,9 MW
Entre Tille et Venelle	Côte-d'Or	Début de chantier 2018 Mise en service 2019	16	44,4 MW
Vannier Amance	Haute Marne	Autorisation obtenue	17	47,3 MW
Jura Nord La Comtoise	Jura	Autorisation obtenue	11	27,5 MW
Les Hauts de la Rigotte	Haute-Saône	Autorisation obtenue	8	25,6 MW
Mont de Villey	Doubs	Autorisation obtenue	3	9,0 MW



## Localisation géographique

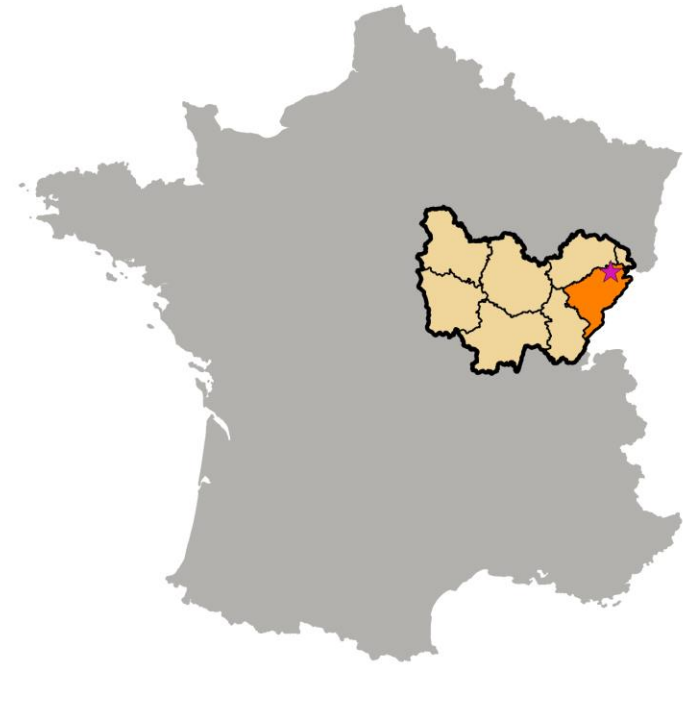
### Légende

Projet du parc éolien des Trois Cantons

- Eolienne
- Structure de livraison
- ★ Localisation générale

Limites territoriales

- Intercommunale



Carte 1 : Localisation géographique de l'installation



### 2.1.2. Identification de la société

L'identification détaillée des demandeurs est présentée dans le tableau ci-dessous.

<b>Raison sociale</b>	Trois Cantons EnR
<b>Forme juridique</b>	SAS
<b>Capital social</b>	10 000 €
<b>Siège social</b>	17 Rue du Stade 25660 FONTAIN
<b>Registre du Commerce</b>	BESANCON
<b>N° SIRET</b>	839 997 715 00017
<b>Code NAF</b>	3511 Z / Production d'électricité

Tableau 3 : Référence administrative de la société Trois Cantons EnR (source : Opale EN, 2018)

### 2.1.3. Identification du signataire

<b>Nom</b>	LAURENT
<b>Prénom</b>	Jean-Pierre
<b>Qualité</b>	Représentant Permanent du Président

Tableau 4 : Références du signataire pouvant engager la société (source : Opale EN, 2018)

## 2.2. LOCALISATION DU SITE

### 2.2.1. Localisation générale

Le parc éolien des Trois Cantons, composé de 6 aérogénérateurs et 2 structures de livraison, est localisé sur les territoires des communes de Colombier-Fontaine et d'Etouvans, dans la communauté de communes du Pays de Montbéliard Agglomération, en région Bourgogne – Franche-Comté / département du Doubs (cf. carte n°1).

Le parc éolien des Trois Cantons est situé à environ 10 km au Sud-Ouest de MONTBELIARD, 35 km au Nord-Est de BAUME-LES-DAMES, 60 km au Sud-Est de VESOUL et 75 km au Nord-Est de BESANCON.

### 2.2.2. Identification cadastrale

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

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

Eolienne	Commune	Section	Parcelle
E1	Colombier-Fontaine	B	222
E2	Colombier-Fontaine	B	229
E3	Colombier-Fontaine	B	366
E4	Etouvans	B	910
E5	Etouvans	B	910
E6	Etouvans	B	912
SDL1	Colombier-Fontaine	B	366
SDL2	Etouvans	B	912

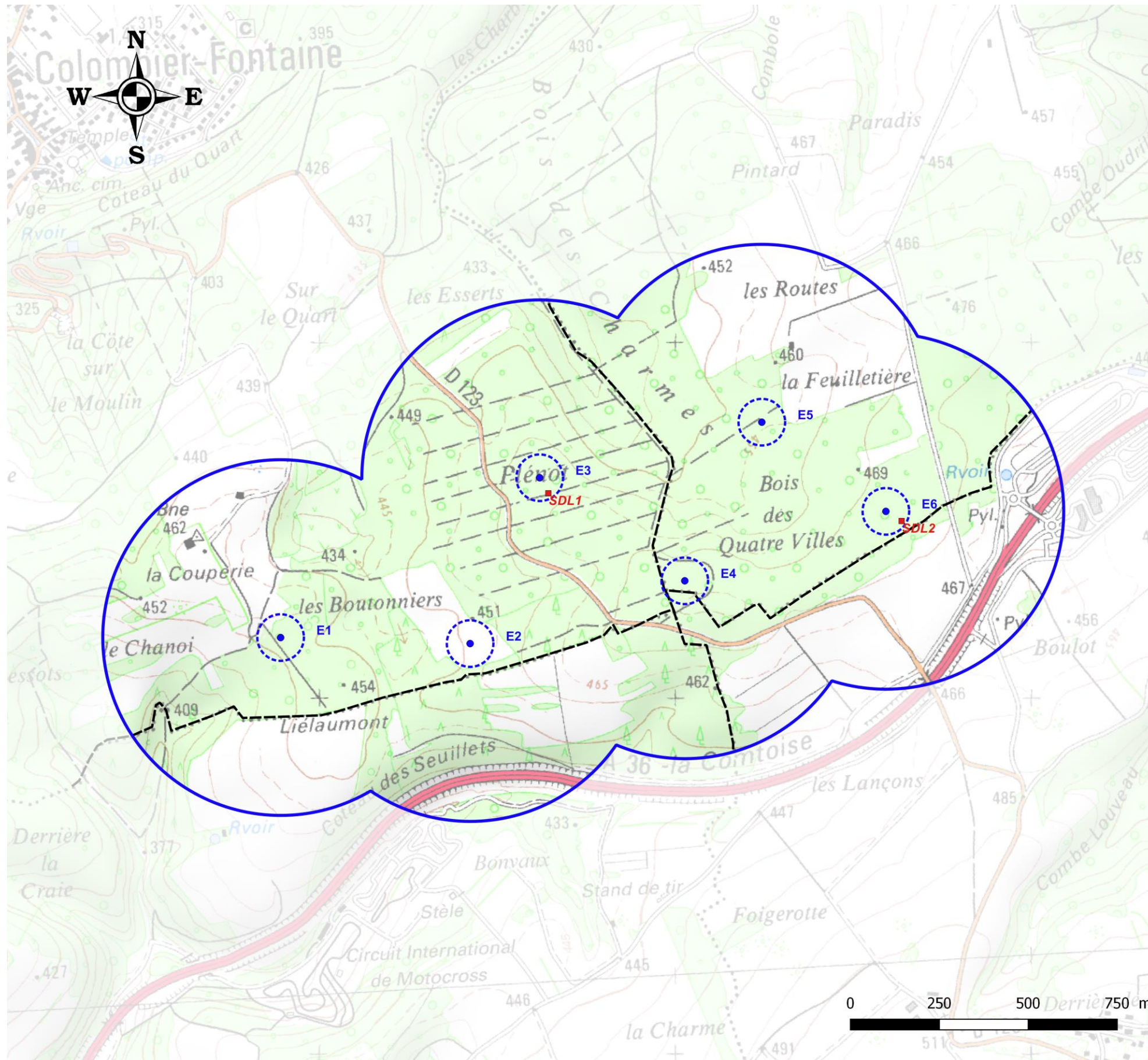
Tableau 5 : Identification des parcelles cadastrales (source : Opale EN, 2018)

## 2.3. DEFINITION DU PERIMETRE DE L'ETUDE

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

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

La zone d'étude n'intègre pas les environs des structures de livraison, qui seront néanmoins représentées sur la carte. Les expertises réalisées dans le cadre de la présente étude ont en effet montré l'absence d'effet à l'extérieur des postes 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

Source: SCAN25 ©IGN FRANCE  
Copie et reproduction interdites

**Légende**

Périmètre d'étude de dangers (500 m)

Projet du parc éolien des Trois Cantons

Eolienne

Structure de livraison

Zone de surplomb par les pales (65,5 m)

Limites territoriales

Limite communale

*Carte 2 : Définition du périmètre d'étude de dangers*

# 3 DESCRIPTION DE L'ENVIRONNEMENT DE L'INSTALLATION

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

## 3.1. ENVIRONNEMENT LIE A L'ACTIVITE HUMAINE

### 3.1.1. Zones urbanisées et urbanisables

L'habitat local est relativement concentré. Toutefois, quelques fermes peuvent également circonscrire le parc éolien envisagé. Ainsi, le parc projeté est éloigné des zones constructibles (construites ou urbanisables dans l'avenir) de (cf. carte 3) :

- Territoire de VILLARS-SOUS-ECOT :
  - ✓ Première habitation à 1480 m de l'éolienne E2 ;
- Territoire de COLOMBIER-FONTAINE :
  - ✓ Première habitation à 1350 m de l'éolienne E1 et 1340 m de l'éolienne E3 ;
- Territoire de ETOUVANS :
  - ✓ Première habitation à 1770 m de l'éolienne E5 ;
- Territoire de ECOT :
  - ✓ Premières habitations à 1400 m de l'éolienne E4 et 1410 m de l'éolienne E6 ;
  - ✓ Hameau isolé Les Rèpes à 1450 m de l'éolienne E6 ;
- Territoire de DAMPIERRE-SUR-LE-DOUBS :
  - ✓ Première habitation à 2230 m de l'éolienne E5 ;
- Territoire de MATHAY :
  - ✓ Ferme Le Sausson à 2030 m de l'éolienne E6.

Les abords du site d'étude se situent dans un contexte majoritairement forestier.

- ⇒ Aucune habitation, zone d'habitation ou zone destinée à accueillir des habitations n'est présente à moins de 500 m des éoliennes ;
- ⇒ La première habitation du centre-bourg de Colombier-Fontaine est située à environ 1340 m de l'éolienne E3, la plus proche.

### Focus démographique sur les communes intégrant le périmètre d'étude de dangers

Les territoires communaux intégrant le périmètre d'étude de dangers sont COLOMBIER-FONTAINE, ETOUVANS, communes d'accueil des installations, ainsi que les communes d'ECOT et VILLARS-SOUS-ECOT.

L'estimation de la population de ces communes est indiquée dans le tableau ci-dessous (Recensement Général de la Population, 2013).

Commune	Nb Habitant	Croissance démographique	Densité (Hab./km <sup>2</sup> )	Nb de logement	Maisons individuelles
COLOMBIER-FONTAINE	1 353	-0,5%	176,6	650	67,9%
VILLARS-SOUS-ECOT	359	-1,2%	31,3	158	92,5%
ETOUVANS	796	0,9%	121,3	368	94,2%
ECOT	500	1,3%	45,4	217	91,2%

Tableau 6 : Quelques indicateurs de la population et leur logement (source : Insee, 2018)

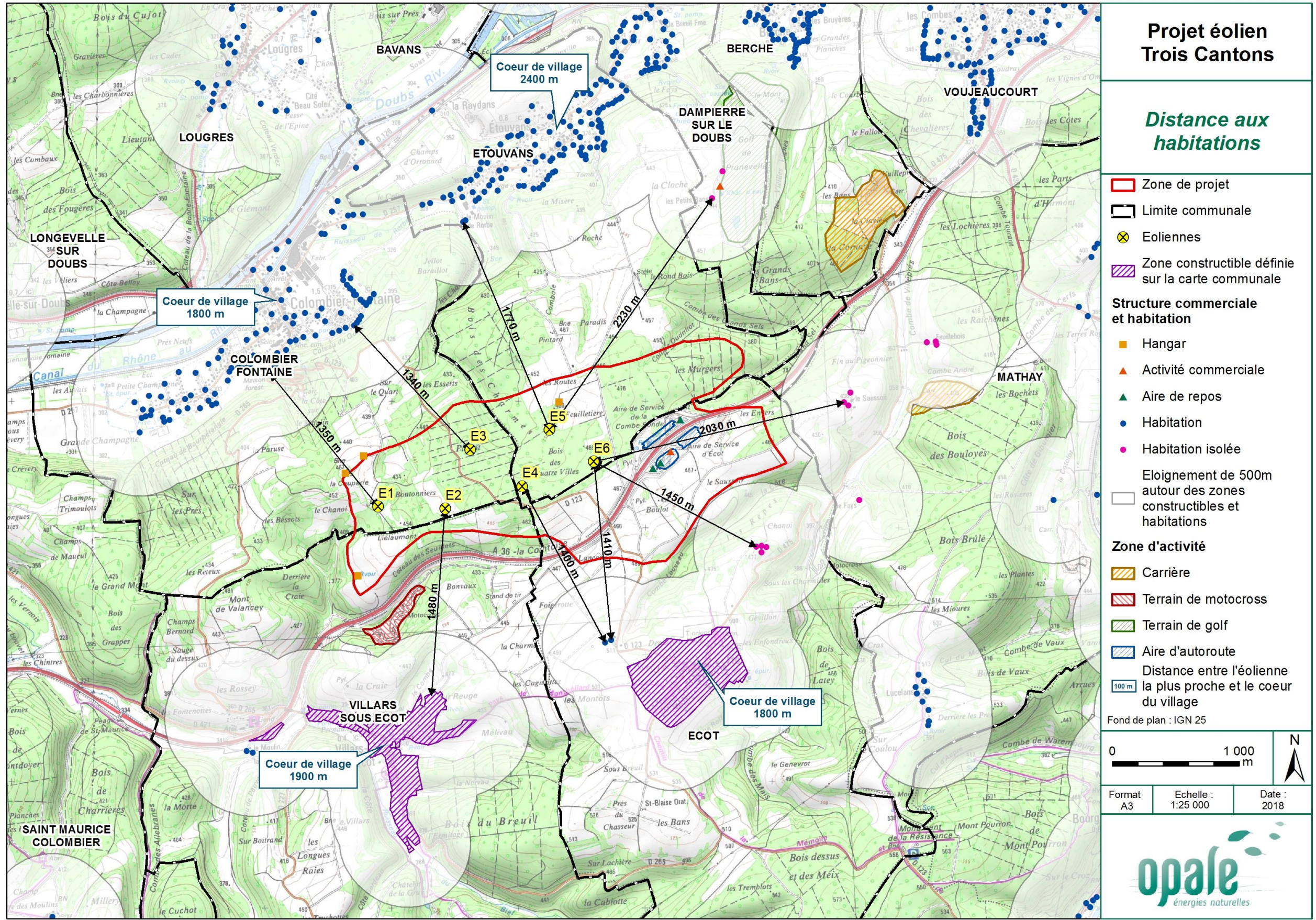
Les communes du périmètre d'étude de dangers sont des communes de moins de 1000 habitants, exceptée pour la commune de COLOMBIER-FONTAINE.

Les communes de COLOMBIER-FONTAINE et VILLARS-SOUS-ECOT possèdent une croissance démographique négative.

La densité de population estimée en 2013 des communes de VILLARS-SOUS-ECOT et ECOT est très nettement inférieure à celle du département et de la région (Doubs : 101,5 hab./km<sup>2</sup> / Bourgogne - Franche-Comté : 59,0 hab./km<sup>2</sup>), ce qui n'est pas le cas des communes de COLOMBIER-FONTAINE et ETOUVANS qui peuvent être qualifiées de centralité dans la ruralité environnante.

De manière générale, l'habitat est constitué en grande majorité de maisons individuelles (en moyenne 86 %). Notons que ces territoires comptent une à deux zones urbanisées. **L'habitat est donc plutôt concentré.**

**Le projet s'inscrit dans un contexte rural avec un habitat concentré sous forme de bourgs et très peu d'habitats isolés.**



Carte 3 : Distance aux premières zones urbanisées ou à urbaniser (source : OPALE EN, 2018)

### Documents locaux d'urbanisme

La commune d'ECOT est dotée d'une carte communale. Selon l'article L 161-4 du Code de l'Urbanisme, les cartes communales « délimitent les secteurs où les constructions sont autorisées et les secteurs où les constructions ne sont pas admises, à l'exception de l'adaptation, du changement de destination, de la réfection ou de l'extension des constructions existantes ou des **constructions et installations nécessaires à des équipements collectifs** dès lors qu'elles ne sont pas incompatibles avec l'exercice d'une activité agricole, pastorale ou forestière sur le terrain sur lequel elles sont implantées et qu'elles ne portent pas atteinte à la sauvegarde des espaces naturels et des paysages, à l'exploitation agricole ou forestière et à la mise en valeur des ressources naturelles ».

Le projet éolien se situe dans une zone non constructible de la carte communale de d'ECOT ; ce qui n'est pas contraire aux règles d'urbanisme puisque les éoliennes entrent dans la catégorie des installations nécessaires à des équipements collectifs.

Les communes d'ETOUVANS et COLOMBIER-FONTAINE ne disposent ni d'un Plan Local d'Urbanisme (PLU) rendu public ou approuvé, ni d'un document ayant la même fonction. Elles sont donc soumises au **Règlement National d'Urbanisme** (RNU).

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

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

- L'adaptation, le changement de destination, la réfection ou l'extension des constructions existantes ;
- Les constructions et installations nécessaires à des équipements collectifs, à la réalisation d'aires d'accueil ou de terrains de passage des gens du voyage, à l'exploitation agricole, à la mise en valeur des ressources naturelles et à la réalisation d'opérations d'intérêt national ;
- Les constructions et installations incompatibles avec le voisinage des zones habitées et l'extension mesurée des constructions et installations existantes ;
- Les constructions ou installations, sur délibération motivée du conseil municipal, si celui-ci considère que l'intérêt de la commune, en particulier pour éviter une diminution de la population communale, le justifie, dès lors qu'elles ne portent pas atteinte à la sauvegarde des espaces naturels et des paysages, à la salubrité et à la sécurité publique, qu'elles n'entraînent pas un surcroît important de dépenses publiques et que le projet n'est pas contraire aux objectifs visés à l'article L. 110 et aux dispositions des chapitres V et VI du titre IV du livre Ier ou aux directives territoriales d'aménagement précisant leurs modalités d'application. » - Article L. 111-1-2 du Code de l'Urbanisme.

### SCOT

Les communes intégrant le périmètre d'étude de dangers sont comprises dans le périmètre du **SCOT Nord Doubs**, qui s'étend sur le territoire de Pays de Montbéliard Agglomération, établissement public de coopération intercommunal créé le 1er janvier 2017 ; il couvre 72 communes.

Le SCOT du Nord Doubs a été arrêté le 27 novembre 2017.

Dans son Plan d'Aménagement et de Développement Durable (PADD), le SCoT Nord Doubs propose dans son « **Axe 2 – Mieux vivre dans le Nord Doubs**, 1. Conforter et orienter le développement en fonction des besoins - Diminuer la dépense énergétique « Le recours aux énergies renouvelables sera favorisé en valorisant davantage les Projets d'Aménagement et de Développement Durables - SCoT Nord-Doubs arrêté le 27 novembre 2017 potentiels des ressources hydrauliques, solaires et éoliennes tout particulièrement. Le développement de filières de méthanisation est également encouragé. »

Cet axe est repris dans le Documents d'Orientations et d'Objectifs (DOO) qui précise plusieurs prescriptions relatives au développement des énergies renouvelables, notamment :

#### ▪ **Prescription n°17 : Permettre l'implantation des équipements de production d'énergie renouvelable**

Par leurs dispositions, dans les secteurs construits ou amenés à devenir constructibles, les documents d'urbanisme communaux ou intercommunaux permettent l'implantation des équipements de production d'énergie renouvelable intégrés aux constructions ou isolés qui concourent aux objectifs nationaux et régionaux de la transition énergétique.

Lors de la création d'équipements et de nouveaux aménagements d'envergure, des études comparatives des sources d'énergie doivent être réalisées en intégrant les énergies renouvelables.

#### ▪ **Prescription n°18 : S'assurer de la bonne intégration paysagère des équipements de production d'énergie renouvelable**

Les équipements de production d'énergie renouvelable doivent bénéficier d'une intégration architecturale et paysagère. Une attention particulière doit être portée à la préservation des fenêtres paysagères repérées dans le document graphique n°10 p.48, aux coupures à l'urbanisation et aux vues sur les grands paysages depuis les points de vue repérés. De même, l'intégration des équipements dans les ensembles patrimoniaux (sites patrimoniaux remarquables, cités ouvrières, etc) doit être mise en œuvre.

Ainsi, le recours à l'utilisation d'énergies renouvelables doit être privilégié sauf contraintes spécifiques (Sites Patrimoniaux Remarquables, Monuments Historiques, etc.).

#### ▪ **Prescription n°19 : Définir les conditions de développement des nouvelles installations d'énergie renouvelables**

Les documents d'urbanisme communaux ou intercommunaux définissent les conditions de développement des nouvelles installations d'énergies renouvelables dans l'objectif de respecter a minima certains objectifs quantitatifs du PCAET :

En identifiant les potentiels de développement de réseaux de chaleur et d'équipements énergétiques (chaufferies bois...) permettant de valoriser la filière bois-énergie locale. Les documents mettent en place un modèle urbain favorable à ce développement (réflexion à l'échelle des quartiers).

En prévoyant le développement de projets d'énergie solaire photovoltaïque en dehors des espaces productifs agricoles et des espaces naturels identifiés sur le document graphique n°3 p.18. L'implantation de sites de production d'énergie photovoltaïque hors sol est autorisée et développée sur les façades (pare-soleil, brise-vent...), sur les toitures des bâtiments d'habitat ou d'activité (y compris bâtiments agricoles), en couverture de parcs de stationnements, sous réserve des autorisations ad hoc dans des ensembles patrimoniaux (sites classés, inscrits, sites patrimoniaux remarquables...).

En intégrant la possibilité d'implanter des éoliennes dans les secteurs présentant un potentiel. Le développement de nouveaux projets éoliens est conditionné à un examen approfondi des enjeux écologiques, paysagers et agricoles.

En intégrant la possibilité d'implanter des installations de méthanisation agricoles ou territoriales (déchets urbains).

En autorisant l'implantation de nouveaux sites de production d'énergie hydraulique compatibles avec des aménagements permettant la circulation de la faune (continuité écologique) et le transport des sédiments.

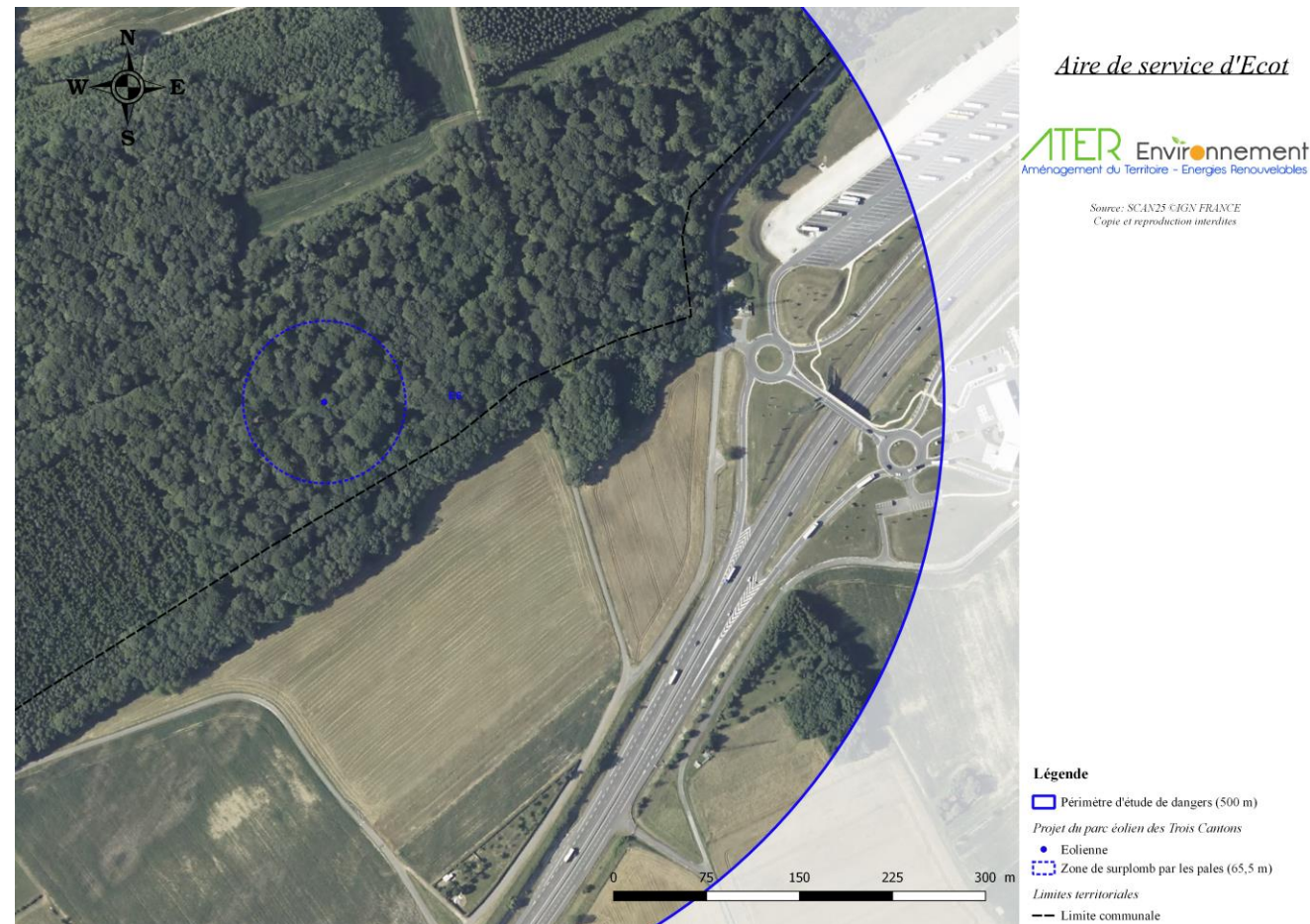
### 3.1.2. Etablissement recevant du public (ERP)

Dans le Guide de l'Ineris (p.18 Chapitre III.1.2), il est spécifié que : " L'étude de dangers doit recenser l'ensemble des ERP dans les limites de la zone d'étude. Ce paragraphe doit préciser également, si possible, les caractéristiques de chacun de ces ERP (distance par rapport aux éoliennes, capacité d'accueil, fréquentation, etc.)."

Dans le cas du projet des Trois Cantons, une partie de l'aire de service d'Ecot intègre le périmètre d'étude de dangers. En effet, une partie du parking réservé aux poids-lourd intègre le périmètre de l'étude de dangers soit 38 places. Également, 3 places du parking public, et 18 places du parking réservé au personnel, sont incluses dans le périmètre de l'aire d'étude. En estimant, de façon majorante, qu'un camion compte jusqu'à deux passagers, qu'une voiture de tourisme compte 4 passagers, et qu'une voiture d'employé compte un passager, **la capacité d'accueil maximale de la portion de l'aire de service intégrant le périmètre d'étude de dangers est de 106 personnes.**

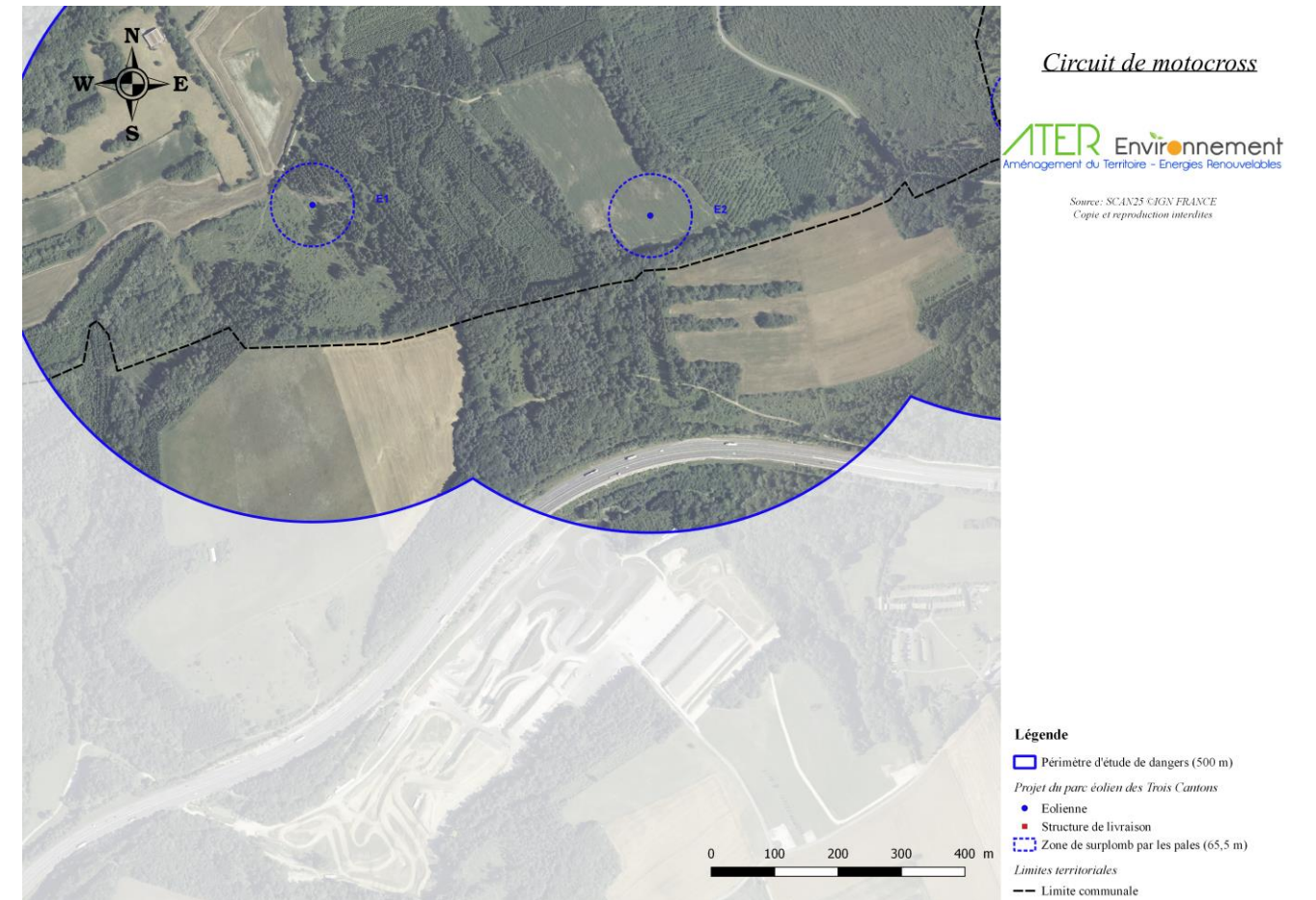
Ce nombre de personne concerne uniquement le risque de projection de pale et non le risque de projection de glace car son périmètre d'étude est moins grand (398m – cf §3.4.2 : Enjeux humains)

Concernant le reste de l'aire de service (à savoir les routes faisant partie de l'aire), les personnes exposées sont comptabilisées dans les personnes passant sur l'autoroute. En effet, toute personne comptabilisée sur l'aire n'est plus présente sur l'autoroute. Les zones enherbées sont considérées comme terrains aménagés et peu fréquentés.



Carte 4 : Aire de service d'Ecot

**NB** : Un circuit de motocross, accueillant du public de façon exceptionnelle (selon la météo, pendant les jours et horaires de compétition), est situé à proximité du projet éolien. Cela dit, celui-ci se trouvant à un peu plus de 500m de l'éolienne la plus proche (E2), aucun secteur permettant l'accueil du public du motocross n'intègre le périmètre de l'étude de dangers. Il n'est donc pas pris en compte dans la présente étude.



Carte 5 : Circuit de motocross

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

#### Installations nucléaires de base

Le risque nucléaire n'est pas évoqué dans le DDRM du Doubs. Aucun centre nucléaire de production d'électricité (CNPE) n'est implanté en région Bourgogne et Franche-Comté (source : asn.fr, 2018). La plus proche est celle de Fessenheim (en Alsace) à 100 km au Nord-Est.

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

#### Etablissement SEVESO

Le site SEVESO « seuil haut » le plus proche est situé à environ 70 km au sud-ouest de l'éolienne la plus proche. Il s'agit de l'entreprise BUTAGAZ située sur la commune de DELUZ.

Le site SEVESO « seuil bas » le plus proche est situé à 17 km au Sud-Ouest de l'éolienne la plus proche. Il s'agit de la société AIR LIQUIDE située sur la commune d'EXINCOURT.

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

#### Etablissement ICPE éolien

Un parc éolien construit est situé à 8,8 km au Sud de l'éolienne E2 la plus proche. Il s'agit du parc éolien « Du Lomont » constitué de 15 éoliennes de type Vestas V90 pour une puissance totale de 30MW.

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

#### Etablissement ICPE – hors éolien

Ci-dessous sont recensées les ICPE hors éolien présents sur les communes intégrant le périmètre d'étude de dangers (source : Basias, 2017).

Commune	ICPE			Distance au projet (km)
	Identifiant	Raison sociale / Nom usuel	Etat d'occupation du site	
COLOMBIER-FONTAINE	FRC2500911	Entretien et réparation de véhicules automobiles (ou autres)	Ne sait pas	1 600 m
	FRC2500912	Fabrication de charpentes et d'autres menuiseries	Ne sait pas	1 550 m
	FRC2500915	Station-service	En activité	1 550 m
	FRC2500916	Scierie	En activité	1 550 m
	FRC2500918	Fonderie	En activité	1 550 m
	FRC2500920	Scierie	Ne sait pas	1 500 m
	FRC2506568	Travail des métaux	Ne sait pas	1 660 m
	FRC2506574	Sablière	Ne sait pas	1 660 m
	FRC2506584	Transformateur au PCB	En activité	1 660 m
	FRC2506588	Décharge de déchets	Ne sait pas	1 660 m

		industriels		
	FRC2506590	Moulage de matières plastiques	Ne sait pas	1 500 m
	FRC2506594	Transformateur au PCB	En activité	1 500 m
	FRC2506988	Garage automobile	Ne sait pas	1 500 m
	FRC2508078	Récupération non ferreux	En activité	1 500 m
	FRC2508080	Mécanique, traitements des surfaces	En activité	2 000 m
	FRC2508084	Déchetterie	En activité	2 000 m
	FRC2508228	Station d'épuration	En activité	1 500 m
	VILLARS-SOUS-ECOT	FRC2502513	Génie civil, construction d'ouvrage, de bâtiment	Ne sait pas
FRC2503771		Société autoroutière d'enrobage	En activité	2 030 m
FRC2506717		Transformateur au PCB	En activité	1 785 m
ETOUVANS	FRC2506642	Fabrication de cartes de visites	Ne sait pas	2 800 m
ECOT	FRC2501034	Station-service	En activité	510 m
	FRC2501036	Station-service	En activité	540 m
	FRC2504622	Station d'épuration	En activité	2 090 m

Tableau 7 : Liste des ICPE en activité présentes sur les communes intégrant le périmètre d'étude de dangers (source : Basias, 2018)

⇒ Aucune ICPE hors éolien n'intègre le périmètre d'étude de dangers.

### 3.1.4. Autres activités

Le périmètre d'étude de dangers, recouvre essentiellement des zones de secteurs forestiers ainsi que quelques zones de pâtures, sur lesquelles une activité agricole est exercée.

A noter que deux hangars de stockage de matériel agricole et une cabane de chasse intègrent le périmètre d'étude de dangers assimilables à des terrains aménagés et peu fréquentés.

## 3.2. ENVIRONNEMENT NATUREL

### 3.2.1. Contexte climatique

De manière générale, le climat de Franche-Comté est soumis aux influences océaniques, continentales et même méditerranéennes par l'intermédiaire du couloir Rhône-Saône, ce qui lui vaut une variabilité importante.

Ainsi, lorsque les vents d'Ouest apportant une perturbation rencontrent les reliefs et libèrent d'importantes quantités d'eau, le climat local est assimilable à un climat océanique dégradé marqué par des précipitations importantes. Par régime de bise, en situation anticyclonique, s'installe un climat continental qui entraîne des périodes de froid et de sécheresse parfois prolongées. Enfin, les vents du Sud peuvent amener parfois une grande douceur sur la région, en particulier sur la frange Sud.

#### Températures

Les données ci-après proviennent de la station météorologique la plus représentative, celle de Maïche, située à 120 km au Sud-Est.

L'aire d'étude se caractérise par un **climat continental marqué**, caractérisé par une forte amplitude thermique. Le Doubs est un des départements les plus froids de France (la commune de Mouthe détient le record absolu de froid en France avec -41°C en janvier 1985), mais présente également des étés relativement chauds.

A Maïche les températures minimales absolues atteignent ainsi -26,8°C alors que les maximales s'élèvent à 34,0°C, soit une amplitude thermique de l'ordre de 60°C. Dans ce cadre, la température moyenne annuelle (7,6°C) est peu déterminante. L'écart entre les températures moyennes estivales et hivernales (plus de 15°C) est également fort.

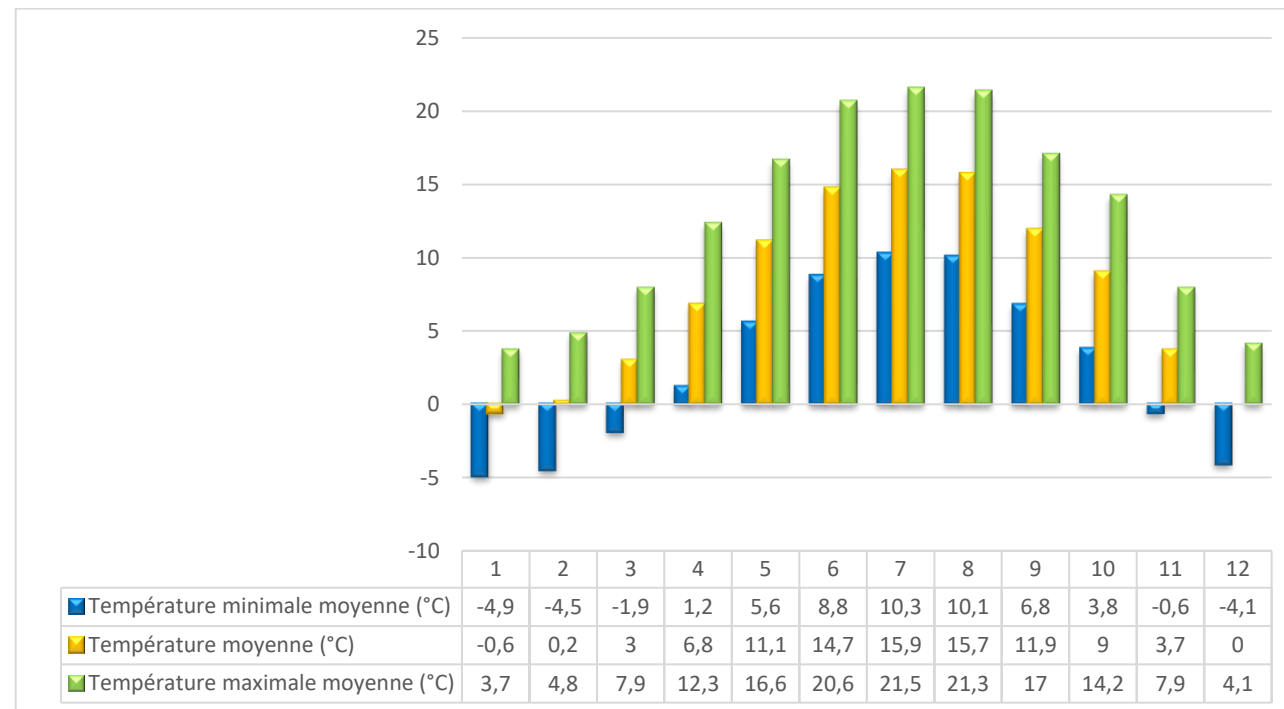


Figure 1 : Illustration des températures de 2000 à 2009 – Station de Maïche (Source : Météo France, 2018)

#### Pluviométrie

Avec 1406 millimètres de précipitations par an, la ville de Maïche a une pluviométrie supérieure à la moyenne nationale (770 mm/an).

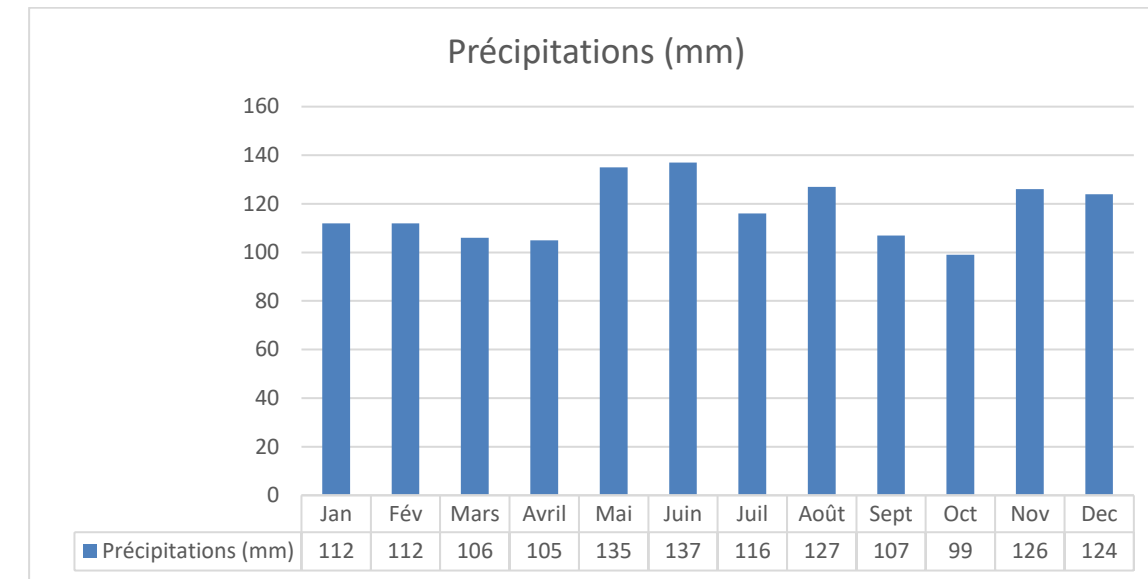


Figure 2 : Illustration des précipitations de 2000 à 2009 – Station de Maïche (Source : Météo France, 2018)

#### Neige / Gel

A noter que le nombre de jours de gel ( $T < 0^{\circ}\text{C}$ ) correspond à 124,1 jours /an avec une saison allant de novembre à mars où le nombre de jours de gel par mois est supérieur à 15.

En l'absence de données sur le nombre de jours de neige pour la station de Maïche, la station de Besançon située à 50 km à l'Ouest sera prise en considération.

La ville de Besançon compte 29 jours de neige par an contre 14 jours par an pour la moyenne nationale.

#### Orage, grêle, brouillard, tempête

La ville de Besançon compte 28 jours d'orage par an. Le climat est globalement orageux avec une densité de foudroiement (28) supérieur à la moyenne nationale (20). Elle connaît également 22 jours de brouillard contre 40 jours par an pour la moyenne nationale. Enfin, elle compte 2 jours de grêle par an en moyenne.

Le vent est dit fort lorsque les rafales dépassent 57 km/h. La ville de Besançon connaît 23 jours par an de vent fort.

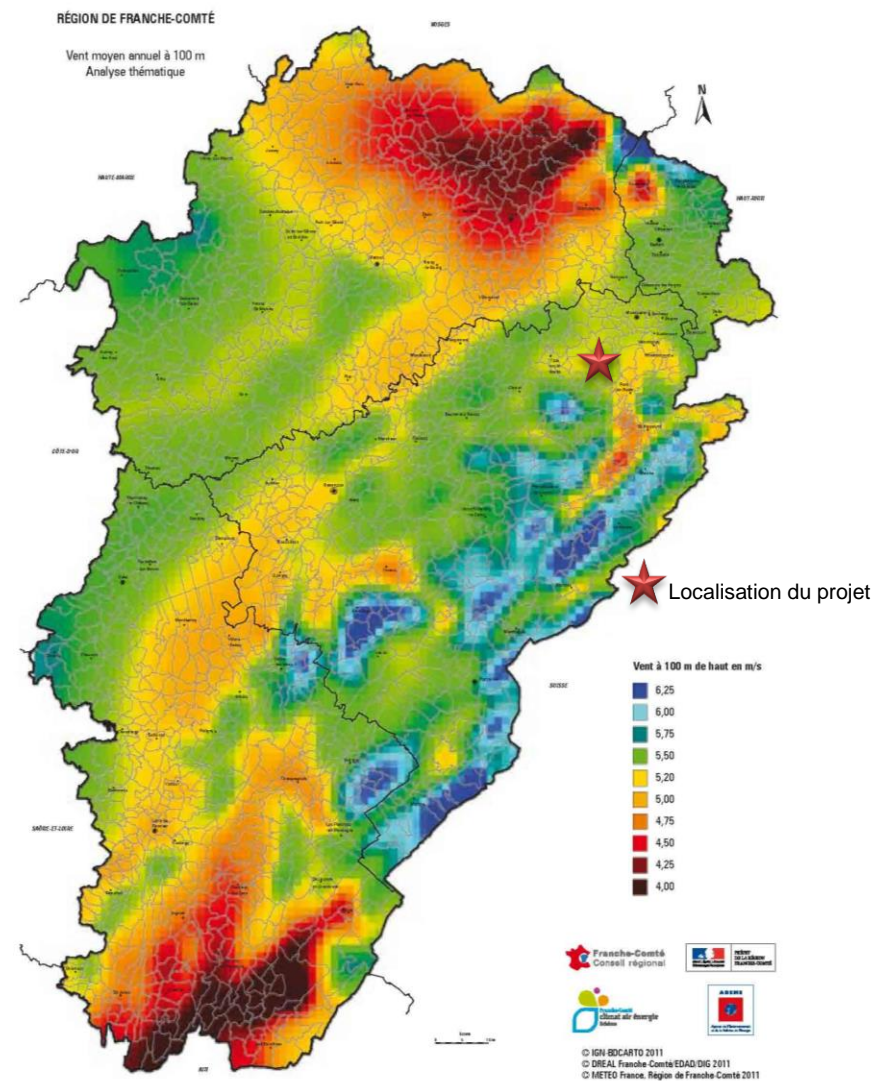
#### Ensoleillement

Le secteur d'étude bénéficie d'un ensoleillement nettement inférieur à la moyenne nationale : 1 797 h pour la station de Besançon contre 1973 h pour la moyenne française.

#### Vent

D'après le schéma éolien de la région Franche-Comté, la vitesse des vents du site, à 100 m d'altitude est d'environ 5,5 m/s (soit 20 km/h).





Carte 6 : Gisement éolien de la Franche Comté, à 100 m d'altitude – Légende : Etoile rouge / Localisation du site (source : Schéma Régional Eolien, 2012)

Les valeurs mentionnées dans ces atlas restent indicatives et doivent être complétées par des mesures de vents *in situ* qui permettent de qualifier précisément la ressource éolienne à l'échelle d'un site.

Un mât de mesure a été installé le 1<sup>er</sup> juin 2017. Il mesure à 101,5 m de haut et est équipé de cinq anémomètres et deux girouettes à différentes hauteurs. La vitesse moyenne de vent long terme sur le site est estimée entre 5,6 et 6,2 m/s à hauteur de moyeu.

Selon la rose des vents présentée ci-après, trois composantes se détachent : une composante Ouest-Sud-Ouest dont la fréquence est de l'ordre de 30%, une composante Ouest dont la fréquence est de l'ordre de 17% et une composante Est-Nord-Est dont la fréquence est de l'ordre de 15%.

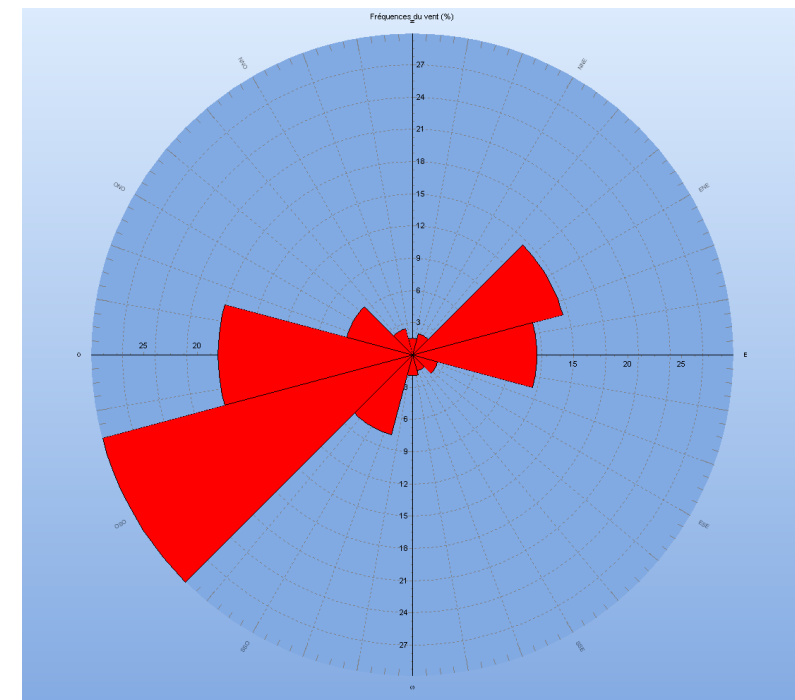


Figure 3 : Rose des vents établie avec un an de mesures sur site (source : OPALE EN, 2018)

- ⇒ Le site d'étude est soumis à un climat océanique dégradé. L'hiver est froid avec des épaisseurs de neige variables, et inversement, les températures atteignent jusqu'à 40 °C au soleil au plus fort de l'été ;
- ⇒ La vitesse des vents et la densité d'énergie observées sur le site définissent aujourd'hui ce dernier comme bien venté et parfaitement compatible avec l'installation d'éoliennes.

### 3.2.2. Risques naturels

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

Le droit à cette information, institué en France par la loi du 22 juillet 1987 et inscrit à présent dans le Code de l'Environnement, a conduit à la rédaction dans le Doubs d'un dossier Départemental des Risques Majeurs (DDRM) objet à nouveau d'une révision en 2012. C'est sur ce rapport que nous nous appuyons pour notre analyse.

⇒ Notons que l'arrêté préfectoral du Doubs, datant de 2012, fixant la liste des communes concernées par un ou plusieurs risques majeurs, indique que les communes intégrant le périmètre d'étude de dangers sont concernées par au moins un risque majeur (cf. tableau ci-dessous).

Commune	Risques majeurs
VILLARS SOUS ECOT	3
COLOMBIER FONTAINE	3
ETOUVANS	3
ECOT	3

LÉGENDE	
RISQUE INONDATION	
RISQUE SISMIOUE (ZONE 2)	
RISQUE SISMIOUE (ZONE 3)	
RISQUE SISMIOUE (ZONE 4)	
RISQUE MOUVEMENT DE TERRAIN (MOYEN)	
RISQUE MOUVEMENT DE TERRAIN (FORT)	
RISQUE AVALANCHE	
RISQUE SEVESO SEUIL BAS	
RISQUE SEVESO SEUIL HAUT	
RISQUE LIÉ AU TRANSPORT PAR CANALISATION	
RISQUE RUPTURE DE BARRAGE	

Tableau 8 : Synthèse des risques majeurs sur les communes intégrant le périmètre d'étude de dangers (source : DDRM 25, 2012)

### Arrêté de catastrophes naturelles

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

Commune	Nature de la catastrophe naturelle	Date arrêté
VILLARS-SOUS-ECOT	Inondations, coulées de boue et mouvements de terrain	29/12/1999
	Eboulements rocheux	27/07/1987
COLOMBIER-FONTAINE	Inondations, coulées de boue et mouvements de terrain	29/12/1999
		16/03/1990
	Inondations et coulées de boue	16/04/1999
		18/04/2008
ETOUVANS	Inondations, coulées de boue et mouvements de terrain	29/12/1999
ECOT	Inondations, coulées de boue et mouvements de terrain	29/12/1999

Tableau 9 : Inventaire des arrêtés de catastrophe naturelle sur les communes intégrant le périmètre d'étude de dangers (source : georisques.gouv.fr, 2018)

### Inondation

#### Définition

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

On distingue trois types d'inondations :

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

#### Sur le territoire d'étude

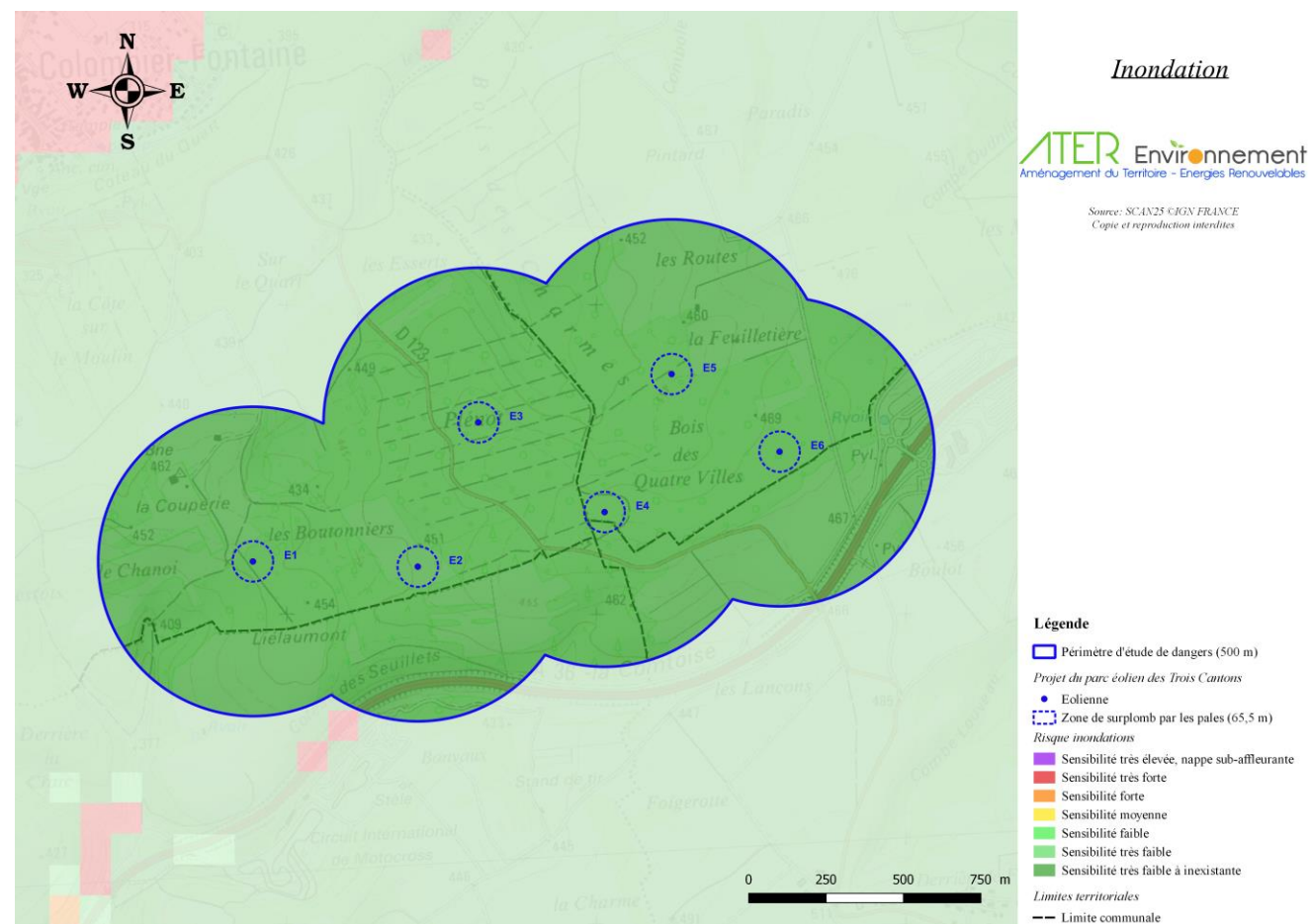
Aucune commune intégrant le périmètre d'étude de dangers ne présente un Atlas de Zone Inondable (AZI). En revanche, les communes de COLOMBIER-FONTAINE et ETOUVANS intègre un Plan de Prévention du Risque Inondation (PPRI), respectivement celui du Doubs Central et celui du Doubs et de l'Allan.

Néanmoins, le projet se situe en dehors de tout zonage réglementaire.

⇒ Deux PPRI ont été recensés sur les communes de Colombier-Fontaine et Etouvans : PPRI du Doubs Central et PPRI du Doubs et de l'Allan ;

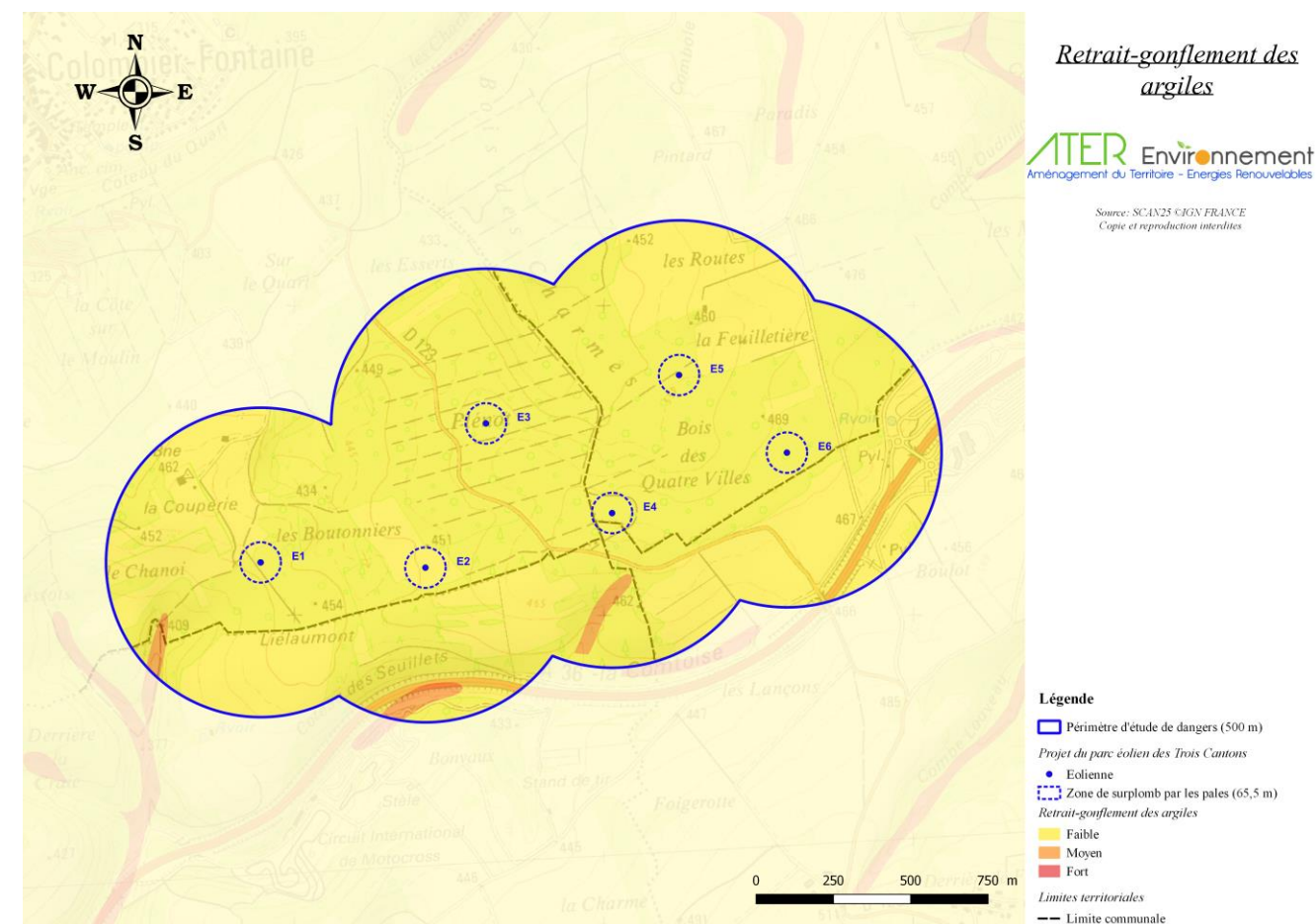
⇒ La sensibilité du projet au risque inondation est considérée comme très faible ;

⇒ De plus, le projet est situé sur un des points hauts de ces territoires. Le risque d'inondation est donc très faible.



Carte 7 : Sensibilité des territoires aux phénomènes d'inondations par remontée de nappe (source : inondationsnappes.fr, 2018)

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



Carte 8 : Aléa retrait-gonflement des argiles sur les communes intégrant le périmètre d'étude de dangers (source : georisques.gouv.fr, 2018)

## Mouvements de terrain

### Définition

Les mouvements de terrain regroupent un ensemble de déplacements, plus ou moins brutaux, du sol ou du sous-sol, d'origine naturelle ou anthropique. Les volumes en jeu sont compris entre quelques mètres cubes et plusieurs 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 :

#### Relatif aux cavités :

Les communes de VILLARS-SOUS-ECOT et COLOMBIER-FONTAINE présentent des cavités sur leur territoire. En revanche, aucune cavité n'intègre les territoires d'ETOUVANS et ECOT (source : georisques.gouv.fr, 2018)

Commune	Identifiant	Nom	Type	Distance au projet
VILLARS-SOUS-ECOT	FRCAA0001759	Aqueducs de la route de Goux	Ouvrage civil	1 265 m
COLOMBIER-FONTAINE	FRCAA0001761	Aqueduc de la côte sur le moulin	Ouvrage civil	1 130 m

Tableau 10 : Liste des cavités présentes sur les communes intégrant le périmètre d'étude de dangers (source : georisques.gouv.fr, 2018)

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

⇒ Le projet est soumis à un aléa qualifié de faible au risque mouvement de terrain.

## Risque sismique

### Définition

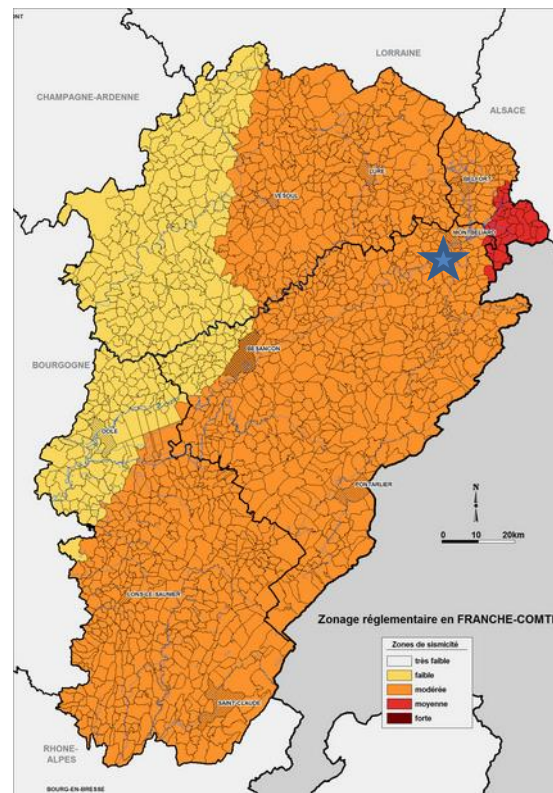
Un séisme est une fracturation brutale des roches en profondeur créant des failles dans le sol et parfois en surface, et se traduisant par des vibrations du sol transmises aux bâtiments. Les dégâts observés sont fonction de l'amplitude, de la durée et de la fréquence des vibrations.

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

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

### Sur le territoire d'étude

L'actuel zonage sismique classe les territoires d'accueil du projet en zone de sismicité modérée. Ce secteur présente des prescriptions parasismiques particulières pour les bâtiments.



Carte 9 : Zonages sismiques en Franche-Comté – Légende :  
Etoile bleue / localisation du site (source : [planseisme.fr](http://planseisme.fr), 2018)

- ⇒ Les territoires de la zone d'étude de dangers sont donc soumis à un risque sismique modéré ;
- ⇒ Les fondations des éoliennes seront adaptées à ce risque.

## Feux de forêt

### Définition

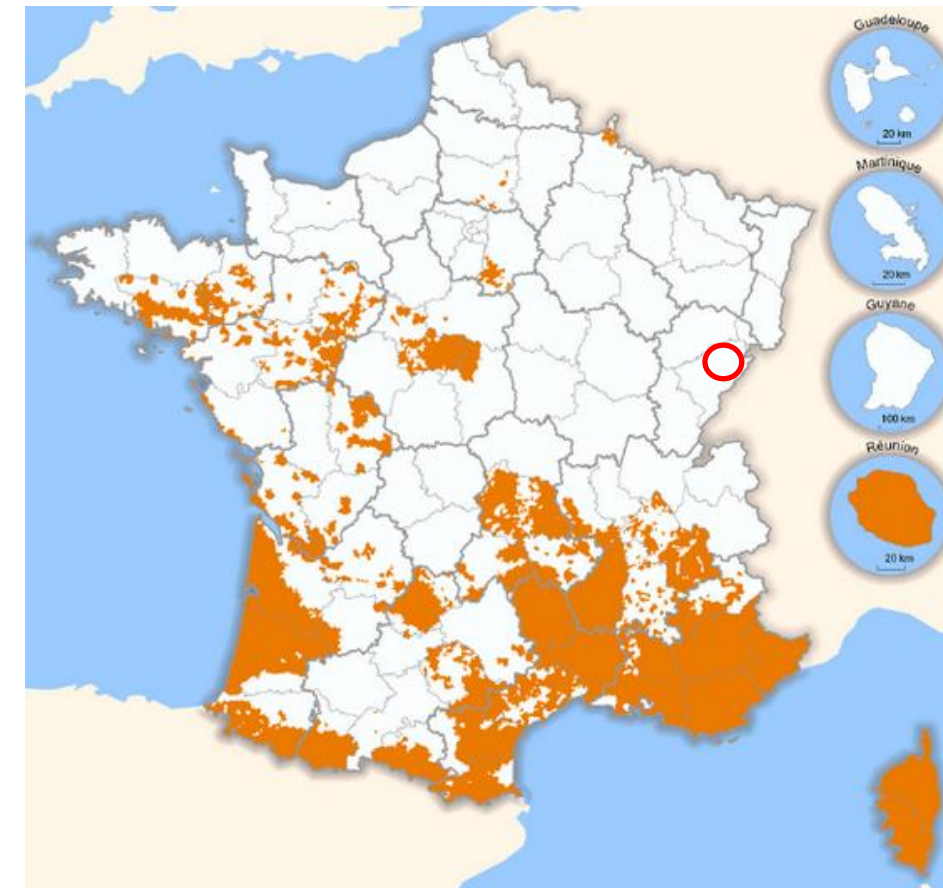
Les feux de forêts sont des incendies qui se déclarent et se propagent sur une surface d'au moins un demi-hectare de forêt, de lande, de maquis, ou de garrigue.

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

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

### Sur le territoire d'étude

Le Dossier Départemental des Risques Majeurs du Doubs ne qualifie pas ce risque. Il peut donc être qualifié de limité.



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

## Tempête

### Définition

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

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

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

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

### Sur le territoire d'étude

Le risque tempête n'est pas quantifié dans le dossier Départemental des Risques Majeurs du Doubs. Les éoliennes retenues pour ce projet sont adaptées aux caractéristiques de vent du site.

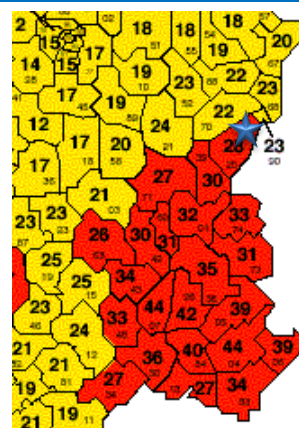
## Foudre

### Définition

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

### Sur le territoire d'étude

Le climat global du département est moyennement orageux (densité de foudroiement de 28 supérieure à la moyenne nationale, 20).



Carte 11 : Densité de foudroiement / Légende : Etoile bleue – localisation du site (source : Météo France)

## 3.3. ENVIRONNEMENT MATERIEL

### 3.3.1. Voies de communication

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

#### Infrastructure aéronautique

Les différents services techniques et administratifs ont été consultés sur la base d'une zone de projet et/ou de schémas d'implantation d'éoliennes, afin de connaître l'ensemble des servitudes sur la zone concernée par le projet éolien du Trois Cantons. Le détail concernant les servitudes aéronautiques est donné dans l'Etude d'Impact sur l'Environnement et les courriers de réponse y figurent en annexe.

- **Avis de la DGAC sur le projet**

Dans sa réponse du 18 mai 2018, la direction de l'aviation civile donne un avis favorable à la poursuite du projet.

- **Avis de l'Armée de l'Air sur le projet**

Dans sa réponse du 25 janvier 2018, la Direction de la Sécurité Aéronautique d'Etat indique que le projet ne fait l'objet d'aucune prescription locale, selon les principes actuellement appliqués.

Par ailleurs, il est indiqué qu'un balisage diurne et nocturne des installations devra être mis en place conformément à la réglementation.

⇒ Aucune servitude aéronautique de la DGAC et de l'Armée de l'Air n'interfère avec le projet éolien de Trois Cantons.

#### Infrastructure ferroviaire

Une voie ferrée est localisée au nord-est du projet, à 1,7 km de l'éolienne E1, la plus proche. Il s'agit de la ligne reliant Belfort à Besançon.

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

#### Infrastructure routière

Le domaine routier est confié au Conseil Général du Doubs.

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

- Départementale 126 reliant L'Isle-sur-Doubs à Montbéliard, située à 2 km au Nord-Est de l'éolienne E1 ;
- Départementale 53 reliant Pont-de-Roide à Mandeuve, située à 4,1 km à l'Est de l'éolienne E6.

#### Infrastructures routières présentes sur le périmètre d'étude de dangers :

Le périmètre d'étude de dangers recoupe les infrastructures routières suivantes (source : Données de comptage des routes du Doubs 2016, www.doubs.fr):

- L'Autoroute A36 comptabilise 15 100 véhicules par jour au niveau du projet ;
- La départementale D123 comptabilise 128 véhicules/jour en 2016 ;
- Des voies communales, identifiées Vc sur la carte ;
- Des chemins communaux, identifiés Cc sur la carte.

Numéro de l'éolienne	Distance à l'A36	Distance à la D123	Distance à la voie communale	Distance au chemin communal
E1	/	/	336 m Vc3	461 m Cc1 82 m Cc2 65 m Cc3 18 m Cc4 191 m Cc5 433 m Cc6
E2	357 m	290 m	440m Vc1 454 m Vc2	256 m Cc1 441 m Cc4 311 m Cc5 485 m Cc6
E3	/	110 m	/	460 m Cc7
E4	/	135 m	/	304 m Cc8
E5	/	/	456 m Vc6 472 m Vc7	379 m Cc10 237 m Cc11 252 m Cc12
E6	335 m	250 m	314 m Vc4 398 m Vc5 182 m Vc6	433 m Cc8 421 m Cc9 318 m Cc11

Tableau 11 : Distance des éoliennes par rapport aux infrastructures intégrant le périmètre d'étude de dangers

Aucune donnée n'est disponible concernant les voies communales et les chemins ruraux (ou communaux). Toutefois, d'après les communes, le trafic est estimé inférieur à 50 véhicules/jour.

⇒ Une infrastructure structurante (> 2000 véhicules/jour) intègre le périmètre d'étude de dangers : l'autoroute A36.

### Chemin de randonnées

Aucun chemin de randonnée n'intègre le périmètre d'étude de dangers.

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

Le risque de transport de marchandises dangereuses, ou risque TMD, est consécutif à un accident se produisant lors du transport de ces marchandises par voie routière, ferroviaire, voie d'eau.

Selon le DDRM du Doubs, les territoires communaux intégrant le périmètre d'étude de dangers ne sont pas concernés par le risque TMD.

## 3.3.2. Réseaux publics et privés

### Canalisation de gaz

Selon la réponse de GRTgaz en date du 22 février 2017, le projet des Trois Cantons se situe en dehors des Servitudes d'Utilité Publique des ouvrages GRTGaz.

### Pipeline et oléoduc

Selon le courrier réponse de SPSE, en date du 24 janvier 2017, les réseaux/ouvrages exploités par la SPSE ne sont pas concernés par le projet (distance > à 50m).

Selon le courrier réponse de la TRAPIL, en date du 01 février 2017, les communes du périmètre d'étude de dangers ne sont pas traversées par un de ses ouvrages.

### Météo France

Le futur parc éolien se trouve à 22 km du radar météorologique de Montancy (25). Cette distance est supérieure à la distance minimale d'éloignement de 20 km fixée par l'arrêté du 6/11/2014 relatif aux installations d'électricité utilisant l'énergie éolienne (source : Courrier réponse de Météo France, 01/02/2017).

### Faisceau hertzien

Selon TDF (source : courrier réponse du 27/01/2017), aucune servitude radioélectrique n'est à considérer dans la zone du projet.

Selon Bouygues Telecom (source : courrier réponse du 15/03/2018), le projet éolien n'impacte pas le réseau de transmission de Bouygues Telecom.

Selon SFR, deux faisceaux hertziens intègrent le périmètre d'étude de dangers. Ceux-ci ne sont pas impactés par des éoliennes à une distance de 110m (source : mail réponse du 02/03/2018, sur la base d'une ancienne implantation). L'implantation actuelle comprend, au plus proche, une éolienne à 157m, et n'impacte donc pas le réseau de transmission de SFR.

Selon le site carte-fh.lafibre, plusieurs faisceaux hertziens IFW (Free) intègrent le périmètre d'étude de dangers. Les éoliennes ont été placées de façon à ne pas impacter ces faisceaux. Un courrier a été envoyé, par recommandé avec accusé de réception, à IFW le 9 mars 2018, afin de valider leurs positions. Il reste à ce jour sans réponse malgré plusieurs relances.

⇒ Les éoliennes n'impactent pas les faisceaux hertziens traversant la zone de projet.

### Réseau électrique

Selon le courrier réponse de RTE du 20 mars 2017, aucune ligne, aérienne ou souterraine, appartenant au réseau public de transport d'énergie électrique ne traverse la zone de projet (ouvrage de tension supérieure à 50 000 Volts).

### Captage AEP

Les deux périmètres de protection, rapprochée et éloignée, du captage AEP de la Douve sont situés au sein du périmètre d'étude de dangers. Dans le cadre de l'étude d'impact, des études hydrogéologiques ont permis de préciser les conditions hydrogéologiques in situ et de calibrer les mesures à prendre en phase chantier. 2 éoliennes sont concernées (E1 et E2).

### Autres réseaux

Dans le cadre de la demande d'Autorisation Environnementale, des DT/DICT seront réalisées sur les emplacements prévus des éoliennes sur le guichet unique et seront suivies de consultations auprès des exploitants de réseaux.

## 3.3.3. Autres ouvrages publics

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

### 3.3.4. Patrimoine historique et culturel

---

#### *Monument historique*

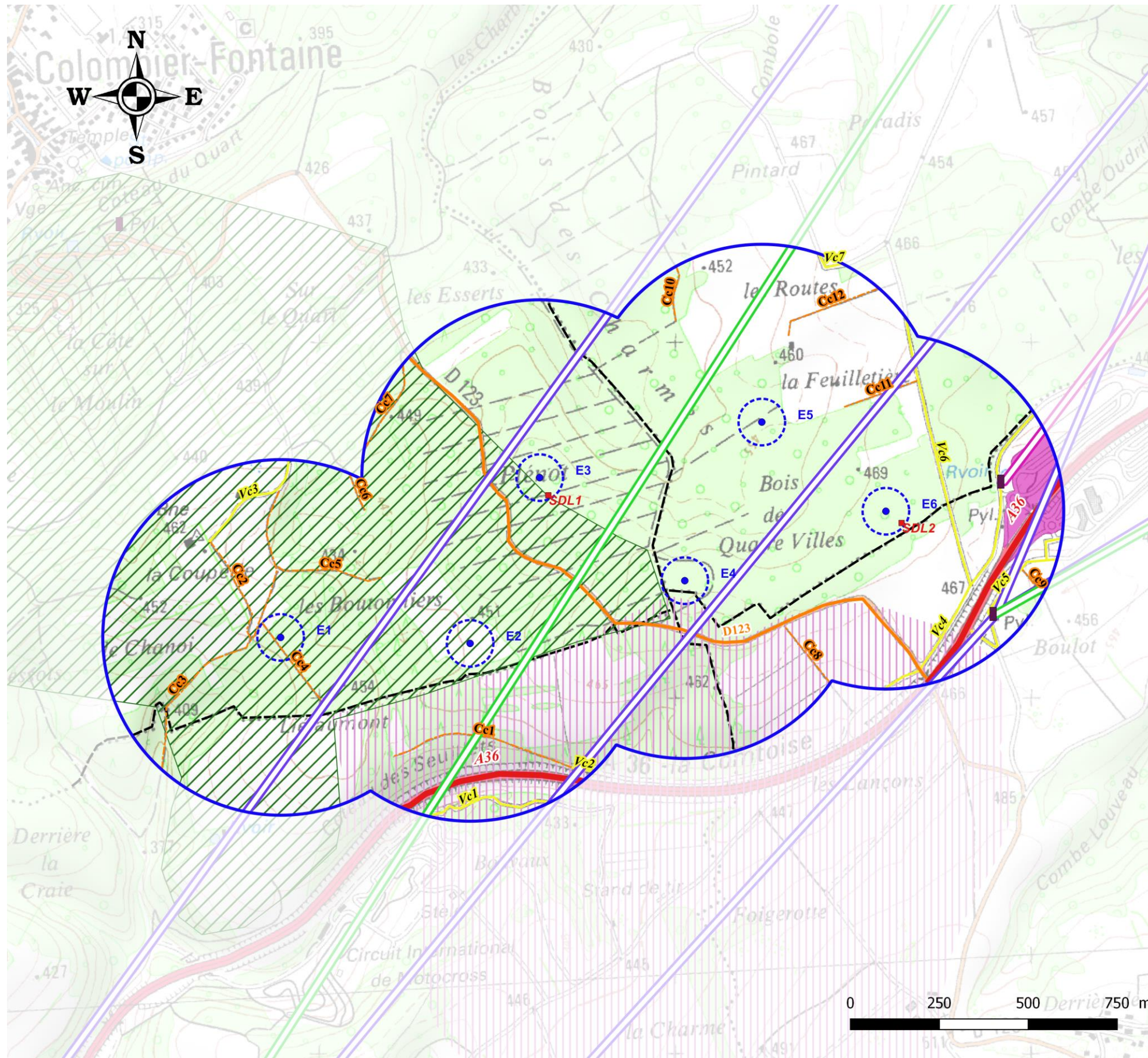
Aucun monument historique ne se trouve à l'intérieur du périmètre de l'étude de dangers. Le plus proche se situe à 5,7 km à l'Est de l'éolienne E6. Il s'agit du théâtre gallo-romain (vestiges) à Mandeure.

#### *Archéologie*

D'après la base de données consultable auprès des services de la DRAC, aucun vestige archéologique n'a été découvert sur le périmètre d'étude de dangers.

Les vestiges archéologiques recensés reflètent l'état actuel des connaissances et ne préjugent pas de découvertes futures. Toute découverte fortuite doit être déclarée sans délai au Service Régional de l'Archéologie et toutes mesures de conservation provisoire adoptées en attendant la visite des spécialistes compétents mandatés par celui-ci (article 14 de la loi validée du 24 septembre 1941).

En outre, conformément à l'article 1-5 du décret n°2002-89 du 16 janvier 2002 pris pour l'application de la loi n°2001-44 du 17 janvier 2001, le risque de rencontrer des vestiges enfouis non reconnus à ce jour demeurant non nul dans l'environnement du projet, le Service Régional de l'Archéologie doit se voir communiquer, le plus en amont possible, pour instruction, le projet définitif. Un diagnostic archéologique (études des sources archivistiques et de la documentation existante, prospections et sondages archéologiques de reconnaissance dans le sol) pourra en effet être prescrit en préalable à la réalisation du projet, conformément au Code du patrimoine (livre V, titre II) relatif à l'archéologie préventive. Ces investigations complémentaires viseront à permettre une analyse de l'existant et des effets du projet sur le patrimoine archéologique ainsi qu'à la présentation des mesures envisagées (fouille archéologique, conservation partielle du site) pour éviter, réduire ou compenser les conséquences dommageables du projet.



## Enjeux matériels

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

Source: SCAN25 ©IGN FRANCE  
Copie et reproduction interdites

### Légende

- Périmètre d'étude de dangers (500 m)
- Projet du parc éolien des Trois Cantons*
- Eolienne
- Structure de livraison
- Zone de surplomb par les pales (65,5 m)
- Etablissement recevant du public*
- Aire de service
- Faisceaux hertziens*
- Pylône
- Bouygues Telecom
- SFR
- IFW
- Captage AEP*
- Périmètre de protection rapprochée
- Périmètre de protection éloignée
- Infrastructures routières*
- Autoroute
- Départementale
- Voie communale
- Chemin rural
- Limites territoriales*
- Limite communale

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



### 3.4. CARTOGRAPHIE DE SYNTHÈSE

En conclusion de ce chapitre, une cartographie de synthèse permet d'identifier géographiquement les enjeux à protéger dans le périmètre d'étude de dangers (voir cartes 6 et 17). Les différents périmètres d'étude (zone de surplomb, d'effondrement, de projection de glace ou de pales) correspondent aux différents scénarios de risques développés dans le chapitre 8.

#### 3.4.1. Définitions des périmètres d'étude et surfaces d'impact

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

- **Zone de surplomb** (0 – 65,5 m) : elle correspond à la zone de risque de la chute d'éléments provenant de la machine ou de la chute de glace, par action de la gravité ;
- **Zone d'effondrement** (0 – 200 m) : aussi appelée zone de ruine de la machine, elle correspond à la zone où l'éolienne peut tomber au sol (0 – 200 m).

La surface d'impact de la machine, elle, est définie par la formule suivante :

$$(Hauteur\ moyeu \times Largeur\ mât) + (3 \times Longueur\ pale \times Largeur\ base\ pale / 2)$$

L'éolienne ne dépassant pas une hauteur de 200 m et en prenant un gabarit d'éolienne « maximisé » combinant la hauteur au moyeu et le diamètre du rotor représentant la plus grande surface, la surface d'impact pourra évoluer jusqu'à 2008 m<sup>2</sup>. Etant donné que l'on se place toujours dans le cas le plus défavorable, **la zone d'impact (Zi) sera définie à l'aide d'une hauteur au moyeu de 145 m et d'un diamètre de rotor de 110 m.**

H totale max Bout de pale	Moyeu (m)	Pale (m)	Rotor (m)	Surface max Effondrement (m <sup>2</sup> )
200m	134,5	65,5	131	1971
	135	65	130	1973
	136	64	128	1976
	137	63	126	1980
	138	62	124	1983
	139	61	122	1987
	140	60	120	1990
	141	59	118	1994
	142	58	116	1997
	143	57	114	2001
	144	56	112	2004
	<b>145</b>	<b>55</b>	<b>110</b>	<b>2008</b>

Tableau 12 : Définition de la zone d'impact maximale liée à l'effondrement de la machine

- **Zone de projection de glace** (0 – 398 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 :

$$1,5 \times (hauteur\ moyeu + diamètre\ rotor)$$

L'éolienne ne dépassant pas une hauteur de 200 m, et selon le gabarit envisagé par les machines du projet, le rayon de projection de glace pourra évoluer jusqu'à 398 m. Etant donné que l'on se place

toujours dans le cas le plus défavorable, **le rayon du périmètre de projection de glace est défini comme étant de 398 m, défini à l'aide d'une hauteur au moyeu de 134,5 m et d'un diamètre de rotor de 131 m.**

H totale max Bout de pale	Moyeu (m)	Pale (m)	Rotor (m)	Périmètre Projection Glace (m)
200 m	145	55	110	383
	144	56	112	384
	143	57	114	386
	142	58	116	387
	141	59	118	389
	140	60	120	390
	139	61	122	392
	138	62	124	393
	137	63	126	395
	136	64	128	396
	135	65	130	398
	<b>134,5</b>	<b>65,5</b>	<b>131</b>	<b>398</b>

Tableau 13 : Définition du rayon maximal de la zone de projection de glace

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

### 3.4.2. Les enjeux humains

La détermination du nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes) présentes dans chacune des zones d'effet se base sur la fiche n°1 de la circulaire du 10 mai 2010 relative aux règles méthodologiques applicables aux études 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. Pour chaque éolienne, la superficie a été calculée à partir de la formule suivante :  $Z_E = \pi \times R^2$

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

	Zone de surplomb	Zone de ruine	Zone de projection de glace	Intégralité du périmètre
<b>Rayon (m)</b>	65,5	200	398	500
<b>Superficie (ha)</b>	1,35	12,6	49,8	78,5
<b>Nombre d'individus</b>	0,014 personne	0,13 personne	0,50 personne	0,785 personne

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

#### 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).

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...

Eolienne E1				
Type de voie circulation	Périmètre concerné	Longueur de l'infrastructure (mètres)	Surface* en ha	Nombre d'individus exposés 1 personne / 10 ha
<b>Voie communale</b>	Zone de projection de glace	148	0,12	0,012
	Zone de projection de pale	342	0,27	0,027
<b>Chemin communal</b>	Zone de surplomb	146	0,07	0,007
	Zone d'effondrement	742	0,37	0,037
	Zone de projection de glace	1700	0,85	0,085
	Zone de projection de pale	1959	0,98	0,098

(\*) Considérant une largeur de 5 mètres de l'infrastructure pour les chemins communaux, 8 m pour les voies communales et 10 mètres pour les routes départementales.

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

Eolienne E2				
Type de voie circulation	Périmètre concerné	Longueur de l'infrastructure (mètres)	Surface* en ha	Nombre d'individus exposés 1 personne / 10 ha
<b>Route départementale</b>	Zone de projection de glace	455	0,46	0,046
	Zone de projection de pale	714	0,71	0,071
<b>Voie communale</b>	Zone de projection de pale	437	0,35	0,035
<b>Chemin communal</b>	Zone de projection de glace	561	0,28	0,028
	Zone de projection de pale	896	0,45	0,045

(\*) Considérant une largeur de 5 mètres de l'infrastructure pour les chemins communaux, 8 m pour les voies communales et 10 mètres pour les routes départementales.

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

Eolienne E3				
Type de voie circulation	Périmètre concerné	Longueur de l'infrastructure (mètres)	Surface* en ha	Nombre d'individus exposés 1 personne / 10 ha
<b>Route départementale</b>	Zone d'effondrement	315	0,32	0,032
	Zone de projection de glace	849	0,85	0,085
	Zone de projection de pale	1083	1,08	0,108
<b>Chemin communal</b>	Zone de projection de pale	267	0,13	0,013

(\*) Considérant une largeur de 5 mètres de l'infrastructure pour les chemins communaux, 8 m pour les voies communales et 10 mètres pour les routes départementales.

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

Eolienne E4				
Type de voie circulation	Périmètre concerné	Longueur de l'infrastructure (mètres)	Surface* en ha	Nombre d'individus exposés 1 personne / 10 ha
<b>Route départementale</b>	Zone d'effondrement	265	0,27	0,027
	Zone de projection de glace	879	0,88	0,088
	Zone de projection de pale	1098	1,10	0,110
<b>Chemin communal</b>	Zone de projection de glace	103	0,05	0,005
	Zone de projection de pale	207	0,10	0,010

(\*) Considérant une largeur de 5 mètres de l'infrastructure pour les chemins communaux, 8 m pour les voies communales et 10 mètres pour les routes départementales.

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

Eolienne E5				
Type de voie circulation	Périmètre concerné	Longueur de l'infrastructure (mètres)	Surface* en ha	Nombre d'individus exposés 1 personne / 10 ha
<b>Voie communale</b>	Zone de projection de pale	481	0,38	0,038
<b>Chemin communal</b>	Zone de projection de glace	371	0,19	0,019
	Zone de projection de pale	680	0,34	0,034

(\*) Considérant une largeur de 5 mètres de l'infrastructure pour les chemins communaux, 8 m pour les voies communales et 10 mètres pour les routes départementales.

[Tableau 19 : Définition de l'enjeu humain relatif aux terrains aménagés mais peu fréquentés – Eolienne E5](#)

Eolienne E6				
Type de voie circulation	Périmètre concerné	Longueur de l'infrastructure (mètres)	Surface* en ha	Nombre d'individus exposés 1 personne / 10 ha
<b>Route départementale</b>	Zone de projection de glace	392	0,39	0,039
	Zone de projection de pale	613	0,61	0,061
<b>Voie communale</b>	Zone d'effondrement	191	0,15	0,015
	Zone de projection de glace	1233	0,99	0,099
<b>Chemin communal</b>	Zone de projection de pale	2108	1,69	0,169
	Zone de projection de glace	214	0,11	0,011
<b>Chemin communal</b>	Zone de projection de pale	512	0,26	0,026

(\*) Considérant une largeur de 5 mètres de l'infrastructure pour les chemins communaux, 8 m pour les voies communales et 10 mètres pour les routes départementales.

[Tableau 20 : Définition de l'enjeu humain relatif aux terrains aménagés mais peu fréquentés – Eolienne E6](#)

#### Structurantes – Autoroute A36

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

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

Ainsi, les infrastructures routières identifiées ne présentant pas de bouchon, la formule suivante sera appliquée : 0,4 personne permanente par km exposé par tranche de 100 véhicules/jour, soit 60,4 personnes/km pour cette portion d'autoroute, accueillant 15100 véhicules par jour.

**NB :** Il a été observé dans la littérature disponible (cf page 68 du guide technique de l'Ineris sur l'élaboration de l'étude de dangers dans le cadre des parcs éoliens en date de Mai 2012) 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. Les personnes présentes sur l'autoroute et sur les routes de l'aire de service ne sont donc pas comptabilisées dans le scénario de projection de glace. En revanche, les superficies concernées sont incluses dans les terrains aménagés mais peu fréquentés. Ainsi, dans les tableaux suivants sont présentés le nombre d'individus par zone :

	Zone de surplomb	Zone de ruine	Zone de projection de glace	Intégralité du périmètre (R = 500m autour des éoliennes)
<b>E2</b>	Distance linéaire dans le périmètre	0	0	210 m
	Nombre de véhicules / jour	15 100		
	Nombre de personnes concernées	0	0	0,6
<b>E6</b>	Distance linéaire dans le périmètre	0	0	323 m
	Nombre de véhicules / jour	15 100		
	Nombre de personnes concernées	0	0	0,9

[Tableau 21 : Définition de l'enjeu humain relatif à l'A36 dans les différentes zones d'effet](#)

### Relatif aux chemins de randonnées

Pour les chemins de promenade, de randonnée, la circulaire du 10 mai 2010 indique de compter 2 personnes pour 1 km par tranche de 100 promeneurs/jour en moyenne. Or, malgré l'absence de données actuelles, nous pouvons confirmer, de par la connaissance du site, que la fréquentation des chemins de randonnées présents sur le site est inférieure à 50 personnes par jour.

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

### Etablissement recevant du public

Dans le Guide de l'Ineris (p.18 Chapitre III.1.2), il est spécifié que : " L'étude de dangers doit recenser l'ensemble des ERP dans les limites de la zone d'étude. Ce paragraphe doit préciser également, si possible, les caractéristiques de chacun de ces ERP (distance par rapport aux éoliennes, capacité d'accueil, fréquentation, etc.)."



Carte 13: Prise en compte de l'aire de service d'Ecot dans l'étude des dangers

Dans le cas du projet des Trois Cantons, une partie de l'aire de service d'Ecot intègre le périmètre d'étude de dangers. En effet, une partie du parking réservé aux poids-lourds est située dans le périmètre de l'étude de dangers. Il est possible de comptabiliser 38 places de parking réservés aux poids-lourds. Également, 3 places du parking public, et 18 places du parking réservé au personnel, sont incluses dans le périmètre de l'aire d'étude. Afin de considérer un cas maximisant, il est estimé qu'un camion compte jusqu'à deux passagers, une voiture publique compte 4 passagers, et une voiture d'employé compte un passager. Dans ce cadre, **la capacité d'accueil maximale de la partie de l'aire de service située dans le périmètre d'étude de dangers est de 106 équivalent personnes permanentes.**

Les différentes places de parking comptabilisées dans le périmètre d'étude de dangers sont situées entre 398m et 500m de l'emplacement de l'éolienne la plus proche (E6). Les 106 équivalent personnes permanentes comptabilisées sur les places de parking sont donc **uniquement concernés par le risque de projection de pale.**

Les différentes places de parking de l'aire d'autoroute ne sont pas concernées par le périmètre de risque de projection de glace.

Concernant le reste des voies d'accès et voies internes à l'aire de service, les personnes exposées sont comptabilisées parmi les personnes passant sur l'autoroute. En effet, les usagers, de passage dans l'aire de service, sont les mêmes que ceux circulant sur l'autoroute, il convient donc de ne les comptabiliser qu'une fois. Cette hypothèse concerne uniquement les voies d'accès et voies internes à l'aire de service.

Les zones de végétation et de repos sont quant à elles considérées comme des terrains non aménagés et très peu fréquentés

La station essence et les autres bâtiments n'intègrent pas le périmètre de l'étude de dangers. Les personnes utilisant ces infrastructures ne sont donc pas comptabilisées.

Ces différents zonages sont visibles sur la carte 13 présentée ci-contre.

Eolienne		Aire de service
E6	Zone de projection de glace	Assimilable à des terrains non aménagés et très peu fréquentés (pour les zones de végétation et de repos) 106 personnes
	Zone de projection de pale	

Tableau 22 : Personnes exposées par l'éolienne E6 pour les établissements recevant du public

### 3.4.3. Les enjeux matériels

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

- Aire de service ;
- Autoroute A36 ;
- Départementale D123 ;
- Les voies de circulation peu fréquentées ;
- Les chemins communaux.

### 3.4.4. Synthèse

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

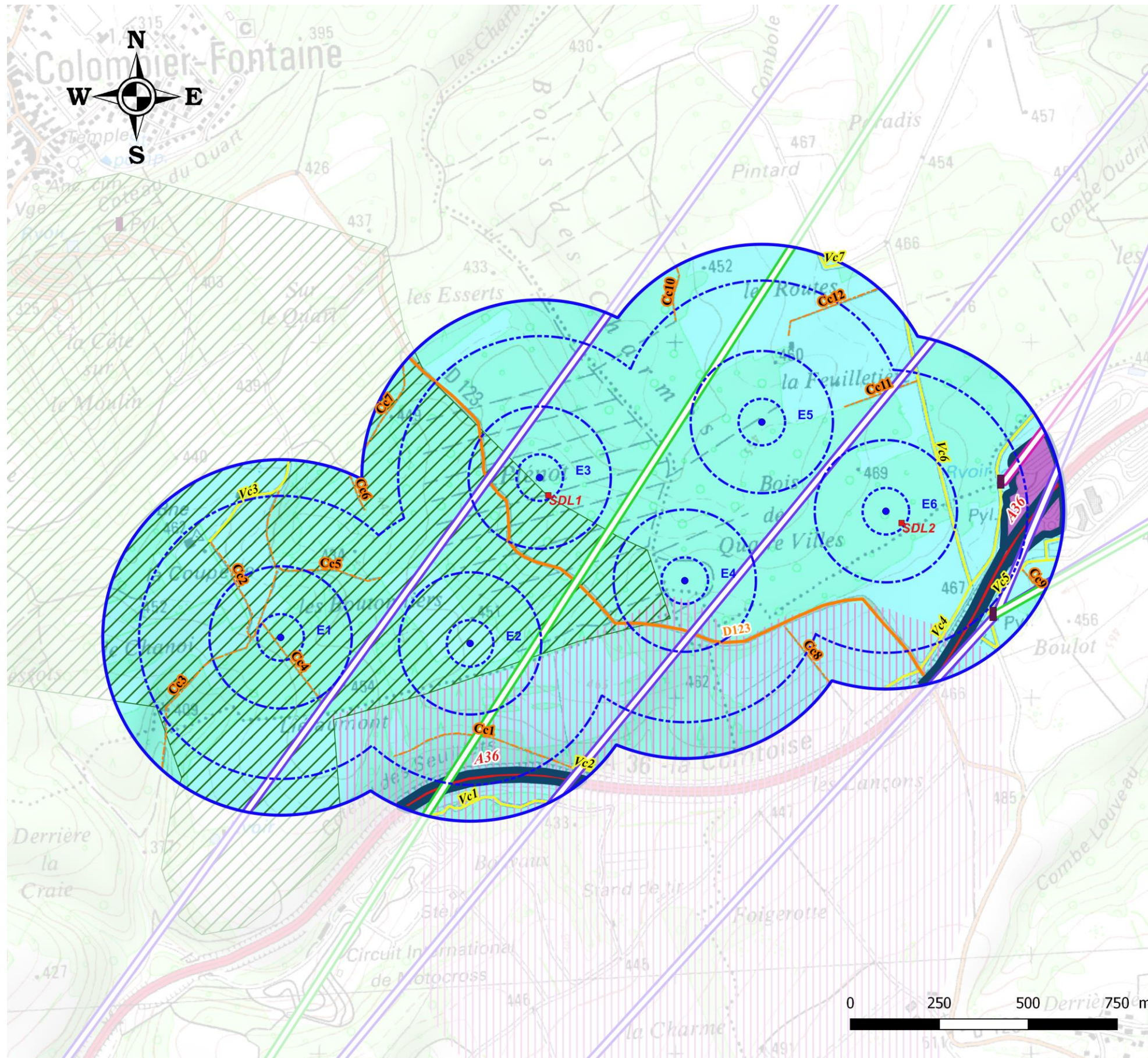
**NB :** Il a été observé dans la littérature disponible (cf page 68 du guide technique de l'Ineris sur l'élaboration de l'étude de dangers dans le cadre des parcs éoliens en date de Mai 2012) qu'en cas de projection, les morceaux de glace se cassent en petits fragments dès qu'ils se détachent de la 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. Les personnes comprises sur l'autoroute et sur les routes de l'aire de service ne sont donc pas comptabilisées dans le scénario de projection de glace. En revanche, les superficies concernées sont incluses dans les terrains aménagés mais peu fréquentés.

Eolienne	Ensemble homogène	Surface (ha)	Règle de calcul	Enjeux humains	Enjeux humains totaux
<b>Zone de surplomb = 65,5m</b>					
E1	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	1,28	1 pers / 100 ha	0,013	0,020
	Terrains aménagés mais peu fréquentés	0,07	1 pers / 10 ha	0,007	
E2	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	1,35	1 pers / 100 ha	0,014	0,014
E3	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	1,35	1 pers / 100 ha	0,014	0,014
E4	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	1,35	1 pers / 100 ha	0,014	0,014
E5	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	1,35	1 pers / 100 ha	0,014	0,014
E6	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	1,35	1 pers / 100 ha	0,014	0,014
<b>Zone de ruine = 200 m</b>					
E1	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	12,23	1 pers / 100 ha	0,12	0,16
	Terrains aménagés mais peu fréquentés	0,37	1 pers / 10 ha	0,04	
E2	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	12,60	1 pers / 100 ha	0,13	0,13
E3	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	12,28	1 pers / 100 ha	0,12	0,15
	Terrains aménagés mais peu fréquentés	0,32	1 pers / 10 ha	0,03	
E4	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	12,33	1 pers / 100 ha	0,12	0,15
	Terrains aménagés mais peu fréquentés	0,27	1 pers / 10 ha	0,03	
E5	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	12,60	1 pers / 100 ha	0,13	0,13
E6	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	12,45	1 pers / 100 ha	0,12	0,14
	Terrains aménagés mais peu fréquentés	0,15	1 pers / 10 ha	0,02	
<b>Zone de projection de glace = 398 m</b>					
E1	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	48,8	1 pers / 100 ha	0,49	0,59
	Terrains aménagés mais peu fréquentés	1,0	1 pers / 10 ha	0,10	
E2	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	48,5	1 pers / 100 ha	0,48	0,62
	Terrains aménagés mais peu fréquentés	1,3	1 pers / 10 ha	0,13	
E3	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	49,0	1 pers / 100 ha	0,49	0,57
	Terrains aménagés mais peu fréquentés	0,9	1 pers / 10 ha	0,09	
E4	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	48,9	1 pers / 100 ha	0,49	0,58
	Terrains aménagés mais peu fréquentés	0,9	1 pers / 10 ha	0,09	
E5	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	49,6	1 pers / 100 ha	0,50	0,52
	Terrains aménagés mais peu fréquentés	0,2	1 pers / 10 ha	0,02	
E6	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	47,4	1 pers / 100 ha	0,47	0,70
	Terrains aménagés mais peu fréquentés	2,4	1 pers / 10 ha	0,24	

<b>Intégralité du périmètre = 500 m</b>					
E1	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	77,3	1 pers / 100 ha	0,77	0,90
	Terrains aménagés mais peu fréquentés	1,3	1 pers / 10 ha	0,13	
E2	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	75,5	1 pers / 100 ha	0,76	32,31
	Terrains aménagés mais peu fréquentés	1,5	1 pers / 10 ha	0,15	
	Autoroute A36 (520 m de linéaire et 28 m de largeur)	1,5	0,4 pers / km	31,40	
E3	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	77,3	1 pers / 100 ha	0,77	0,89
	Terrains aménagés mais peu fréquentés	1,2	1 pers / 10 ha	0,12	
E4	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	77,3	1 pers / 100 ha	0,77	0,89
	Terrains aménagés mais peu fréquentés	1,2	1 pers / 10 ha	0,12	
E5	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	77,8	1 pers / 100 ha	0,78	0,85
	Terrains aménagés mais peu fréquentés	0,7	1 pers / 10 ha	0,07	
E6	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	71,2	1 pers / 100 ha	0,71	148,17
	Terrains aménagés mais peu fréquentés	2,6	1 pers / 10 ha	0,26	
	Autoroute A36 (683 m de linéaire et 28 m de largeur)	1,9	0,4 pers / km	41,20	
	Aire de service (parkings)	2,8	/	106,00	

Tableau 23 : Récapitulatif des enjeux humains

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



## Enjeux humains et matériels

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

Source: SCAN25 ©IGN FRANCE  
Copie et reproduction interdites

### Légende

Projet du parc éolien des Trois Cantons

- Eolienne
- Structure de livraison

Etablissement recevant du public

- Aire de service

Faisceaux hertziens

- Pylône
- Bouygues Telecom
- SFR
- IFW

Captage AEP

- ▨ Périumètre de protection rapprochée
- ▨ Périumètre de protection éloignée

Infrastructures routières

- Autoroute
- Départementale
- Voie communale
- Chemin rural

Scénarios

- ▨ Zone de surplomb par les pales (65,5 m)
- ▨ Zone d'effondrement (200 m)
- ▨ Zone de projection de glace (398 m)
- ▨ Zone de projection de pale (500 m)

Personnes exposées

- Moins de 1 personne
- Entre 10 et 100 personnes

Carte 14 : Synthèse des enjeux humains et matériels sur l'aire d'étude de dangers

## 4 DESCRIPTION DE L'INSTALLATION

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

### 4.1. CARACTERISTIQUES DE L'INSTALLATION

#### 4.1.1. Caractéristiques générales d'un parc éolien

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

- Plusieurs éoliennes fixées sur une fondation adaptée, accompagnée d'une aire stabilisée appelée « plateforme » ou « aire de grutage ». Les plans des éoliennes, des chemins d'accès aux éoliennes ainsi que leurs plateformes sont disponibles au Chapitre 3 en § 2 « conception et dimensions du projet » de l'étude d'impact sur l'environnement de la demande d'autorisation ;
- Un réseau de câbles électriques enterrés permettant d'évacuer l'électricité produite par chaque éolienne vers une structure de livraison. Chaque structure est composée de deux postes de livraison électriques. Ce réseau est appelé « réseau inter-éolien ». Les tracés des câbles de liaison inter-éolienne sont décrits sur la carte 13 ;
- Une ou plusieurs structures de livraison électrique, concentrant l'électricité des éoliennes et organisant son évacuation vers le réseau public d'électricité au travers d'un ou plusieurs postes sources locaux (point d'injection de l'électricité sur le réseau public) ;
- Un réseau de câbles enterrés permettant d'évacuer l'électricité regroupée à la structure 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 ou 15 à 20 anneaux de béton surmonté d'un ou plusieurs tronçons en acier. Dans la plupart des éoliennes, il abrite le transformateur qui permet d'élever la tension électrique de l'éolienne au niveau de celle du réseau électrique.
- **La nacelle** abrite plusieurs éléments fonctionnels :
  - ✓ le générateur transforme l'énergie de rotation du rotor en énergie électrique ;
  - ✓ le multiplicateur (certaines technologies n'en utilisent pas) ;
  - ✓ le système de freinage mécanique ;

- ✓ le système d'orientation de la nacelle qui place le rotor face au vent pour une production optimale d'énergie ;
- ✓ les outils de mesure du vent (anémomètre, girouette),
- ✓ le balisage diurne et nocturne nécessaire à la sécurité aérienne.

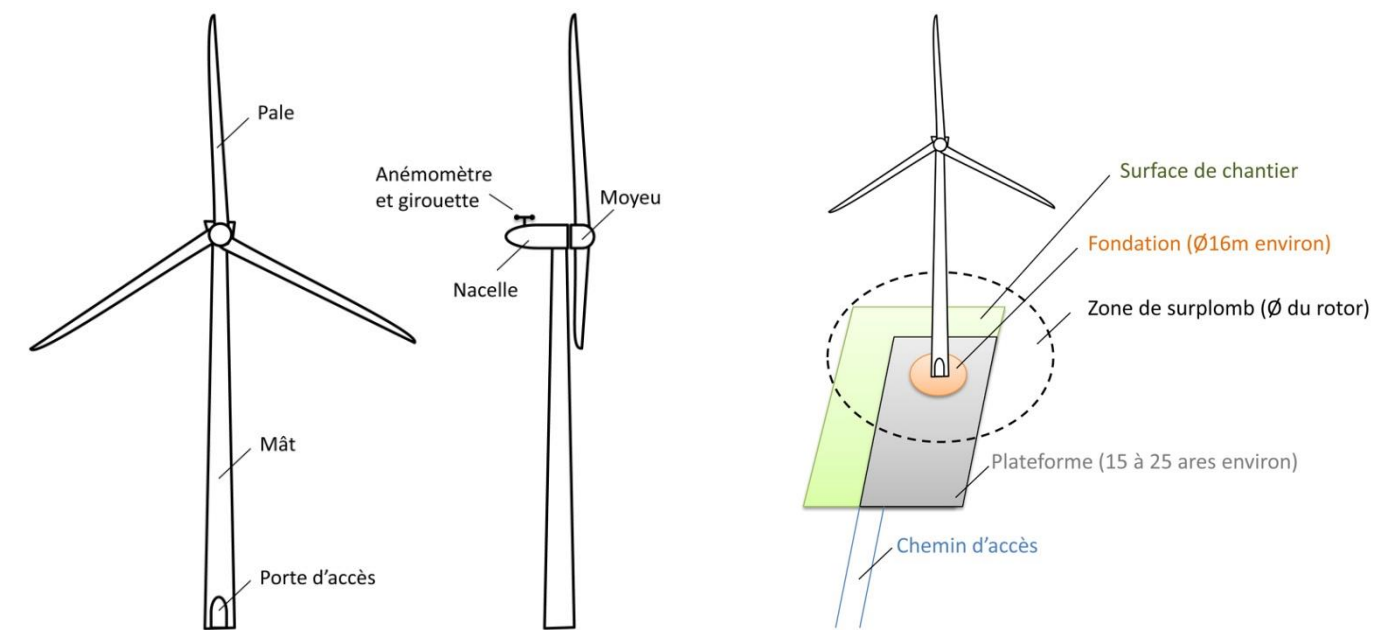


Figure 4 : Schéma simplifié d'un aérogénérateur (à gauche) - Illustration des emprises au sol d'une éolienne (à droite) (Les dimensions sont données à titre d'illustration pour une éolienne d'environ 150m de hauteur totale)

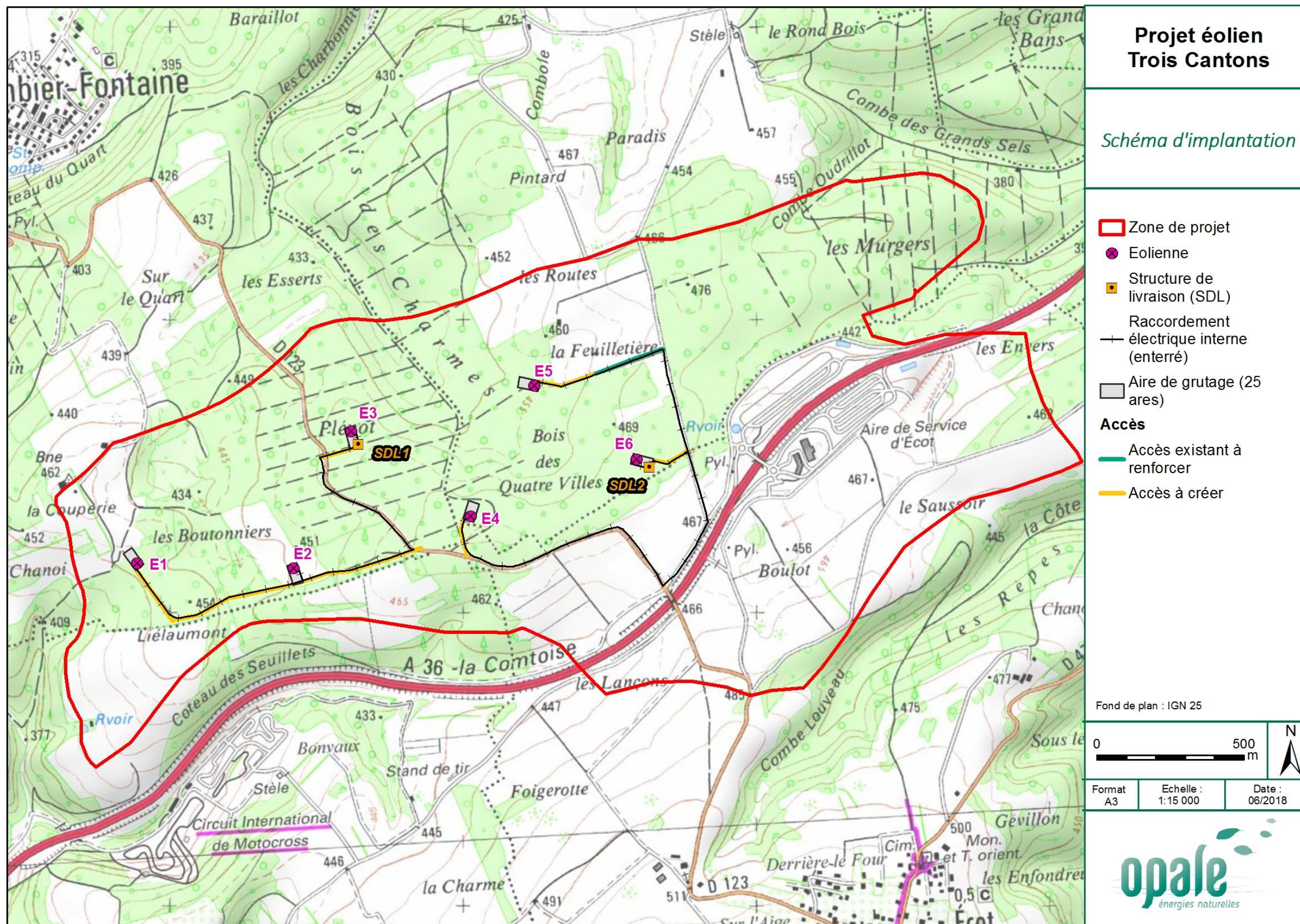
#### Emprise au sol

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

- **La surface de chantier** est une surface temporaire, durant la phase de construction, destinée aux manœuvres des engins et au stockage au sol des éléments constitutifs des éoliennes ;
- **La fondation de l'éolienne** est recouverte de terre végétale. Ses dimensions exactes sont calculées en fonction des aérogénérateurs et des propriétés du sol ;
- **La zone de surplomb ou de survol** correspond à la surface au sol au-dessus de laquelle les pales sont situées, en considérant une rotation à 360° du rotor par rapport à l'axe du mât ;
- **La plateforme** correspond à une surface permettant le positionnement de la grue destinée au montage et aux opérations de maintenance liées aux éoliennes. Sa taille varie en fonction des éoliennes choisies et de la configuration du site d'implantation (en général entre 20 et 25 ares).

#### Autres installations

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



**Projet éolien  
Trois Cantons**

*Schéma d'implantation*

- Zone de projet
- Eolienne
- Structure de livraison (SDL)
- Raccordement électrique interne (enterré)
- Aire de grutage (25 ares)
- Accès**
- Accès existant à renforcer
- Accès à créer

Fond de plan : IGN 25



Format A3	Echelle : 1:15 000	Date : 06/2018
--------------	-----------------------	-------------------



Carte 15 : Carte de l'installation (source : OPALE, 2018)



## 4.1.2 Activité de l'installation

L'activité principale du parc éolien des Trois Cantons est la production d'électricité à partir de l'énergie mécanique du vent avec une hauteur maximale de moyeu de 145 mètres et un diamètre maximal de rotor de 131 mètres. La hauteur totale maximale de l'éolienne ne dépassant pas 200 mètres en bout de pale. Cette installation est donc soumise à la rubrique 2980 des Installations Classées pour la Protection de l'Environnement.

Le tableau suivant indique les coordonnées géographiques des aérogénérateurs dans le système de coordonnées NTF Lambert II étendu ainsi qu'en WGS 84 en degré, minute, seconde :

Coordonnées éoliennes Projet éolien du Trois Cantons				
Nom éolienne	Lambert II étendu		WGS84	
	X	Y	Longitude	Latitude
E1	928890	2280169	6°41'56.9" E	47°26'20.5" N
E2	929422	2280153	6°42'22.2" E	47°26'19.0" N
E3	929618	2280619	6°42'32.8" E	47°26'33.7" N
E4	930026	2280329	6°42'51.5" E	47°26'23.6" N
E5	930242	2280775	6°43'3.0" E	47°26'37.6" N
E6	930591	2280524	6°43'18.9" E	47°26'29.0" N
SDL 1	929642	2280575	6°42'33.8" E	47°26'32.2" N
SDL2	930635	2280497	6°43'21.0" E	47°26'27.9" N

Tableau 24 : Coordonnées géographiques du parc éolien

## 4.2. FONCTIONNEMENT DE L'INSTALLATION

### 4.2.1. Principe de fonctionnement d'un aérogénérateur

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

Les pales se mettent en mouvement lorsque l'anémomètre (positionné sur la nacelle) indique une vitesse de vent d'environ 10 km/h et c'est seulement à partir de 12 km/h que l'éolienne peut être couplée au réseau électrique. Le rotor et l'arbre dit « lent » transmettent alors l'énergie mécanique à basse vitesse (entre 5 et 20 tours/minute maximum) aux engrenages du multiplicateur, dont l'arbre dit « rapide » tourne environ 100 fois plus vite que l'arbre lent.

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

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

Pour un aérogénérateur de 2,5 MW par exemple, la production électrique atteint effectivement 2,5 MW dès que le vent atteint environ 50.0 km/h. L'électricité produite par la génératrice correspond à un courant alternatif de fréquence 50 Hz avec une tension de 400 à 690 V. La tension est ensuite élevée jusqu'à 20 000 V par un transformateur placé dans chaque éolienne pour être ensuite injectée dans le réseau électrique public.

Lorsque la mesure de vent, indiquée par l'anémomètre, atteint des vitesses de plus de 100 km/h (variable selon le type d'éoliennes), l'éolienne cesse de fonctionner pour des raisons de sécurité. Deux systèmes de freinage permettront d'assurer la sécurité de l'éolienne :

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

La description établie ci-dessous est une description générale correspondant à une gamme d'éolienne dont la puissance est comprise entre 2,4 et 3,5 MW. De légères variations de fonctionnement et de technologie peuvent exister entre les modèles des différents constructeurs.

Elément 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 octogonale,</li> <li><u>Dimension</u> : conforme à la norme IEC - design adapté en fonction de l'étude de géotechnique et hydrogéologique réalisée avant la construction. En standard, 23 m de diamètre.</li> <li><u>Profondeur</u> : en standard, 3,5 m.</li> </ul>
<b>Mât</b>	Supporter la nacelle et le rotor	<ul style="list-style-type: none"> <li>En acier ou béton (ou hybride)</li> <li>Composé de 3 à 5 pièces ;</li> <li>Hauteur maximale de 145 m (au moyeu).</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><u>Un arbre en rotation</u>, entraîné par les pales,</li> <li><u>Le multiplicateur</u>, si présent, à engrenage cylindrique à 3 trains planétaires, a pour objectif d'augmenter le nombre de rotation de l'arbre : 18.5 tours minute (coté rotor) - Tension nulle ;</li> <li><u>La génératrice annulaire</u>, asynchrone ou à attaque directe, à double alimentation, qui fabrique l'électricité – Tension de 1 000 V.</li> </ul>
<b>Rotor / pales</b>	Capter l'énergie mécanique du vent et la transmettre à la génératrice	<ul style="list-style-type: none"> <li>3 pales par machine,</li> <li>Longueur maximale : 65,5 m (à l'axe du moyeu)</li> <li>Poids : 12 t environ par pale</li> <li>Constitué d'un seul bloc de plastique armé à fibre de verre (résine époxyde).</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> </ul>
<b>Structure 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 20kV et le comptage de l'électricité fournie.</li> </ul>

Tableau 25 : Synthèse du fonctionnement des aérogénérateurs selon le tableau type de l'INERIS/SER/FEE, 2012

#### 4.2.2. Sécurité de l'installation

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

##### Système de fermeture de la porte

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

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

##### Balisage des éoliennes

Du fait de leur hauteur, les éoliennes peuvent constituer des obstacles à la navigation aérienne. Elles doivent donc être visibles et respecter les spécifications de la DGAC (Direction Générale de l'Aviation Civile), fixées par l'arrêté du 23 avril 2018 relatif à la réalisation du balisage des obstacles à la navigation aérienne.

Le projet éolien des Trois Cantons est constitué de 6 éoliennes regroupées en deux rangées parallèles de 3 aérogénérateurs. Au sens de l'arrêté du 23 avril 2018, il peut être considéré comme un champ éolien terrestre. En fonction du type de balisage et de la configuration du parc éolien, l'arrêté du 23 avril 2018 définit plusieurs notions : la périphérie du champ d'éoliennes (pour le balisage diurne) et des éoliennes dites principales et secondaires (pour le balisage nocturne). Le schéma ci-après applique ces définitions au parc éolien des Trois Cantons :

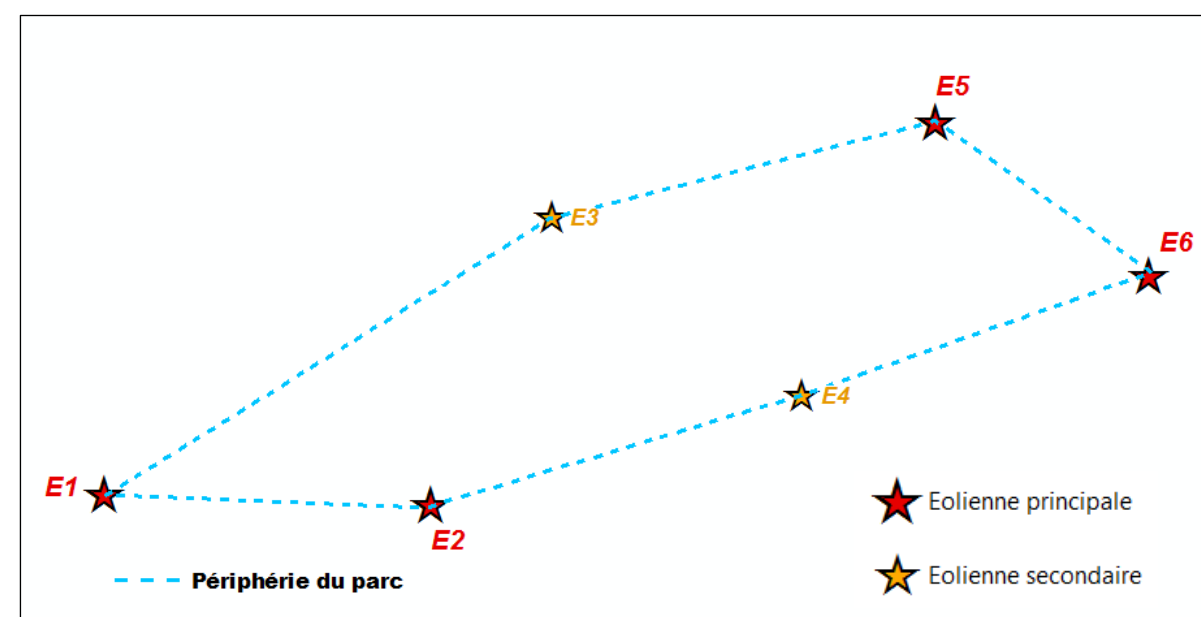


Figure 5 : Principe du balisage du parc éolien des Trois Cantons

Au titre du balisage lumineux, et selon l'arrêté du 23 avril 2018, les éoliennes du projet des Trois Cantons seront concernées par le balisage suivant :

- Balisage diurne : les six éoliennes constituent toutes la périphérie du champ d'éoliennes et doivent donc être balisées comme une éolienne isolée, c'est-à-dire avec des feux d'obstacle de moyenne intensité de type A (feux à éclats blancs de 20 000 cd). Ces feux d'obstacle sont installés sur le sommet de la nacelle et doivent assurer la visibilité de l'éolienne dans tous les azimuts (360°).

- **Balisage nocturne :**
  - **Eoliennes principales :** Les éoliennes correspondant aux angles du parc (c'est-à-dire les éoliennes E1, E2, E5 et E6) sont considérées comme « principales » au sens de l'arrêté du 23 avril 2018 et doivent être balisées comme une éolienne isolée. Cela implique la mise en place de feux d'obstacle de moyenne intensité de type B (feux à éclats rouges de 2 000 cd) sur le sommet de la nacelle assurant la visibilité de l'éolienne dans tous les azimuts (360°).
  - **Eoliennes secondaires :** Les autres éoliennes du parc (E3 et E4) sont considérées comme « secondaires » au sens de l'arrêté du 23 avril 2018. Elles peuvent donc être balisées, soit au moyen de feux de moyenne intensité de type C (rouges, fixes, 2000 cd), soit au moyen de feux spécifiques dits « feux sommitaux pour éoliennes secondaires » (feux à éclats rouges de 200 cd). Le balisage de toutes les éoliennes secondaires est effectué à l'aide du même type de feu. Ces feux sont installés sur le sommet de la nacelle et sont visibles dans tous les azimuts (360°).

Par ailleurs, la hauteur totale maximale envisagée pour les éoliennes du projet étant de 200m, le balisage des éoliennes constituant la périphérie du parc devra être complété par un feu d'obstacles de basse intensité de type B (rouges, fixes, 32 cd) à 45m du sol et opérationnel de jour comme de nuit. Un nombre suffisant de feux est installé à chaque niveau de manière à assurer la visibilité sur l'ensemble de l'azimut vers l'extérieur du champ d'éoliennes. Sur le projet des Trois Cantons, toutes les éoliennes constituent la périphérie du parc, elles seront donc équipées en conséquence.

Les feux à éclats de toutes les éoliennes du parc sont synchronisés. La fréquence des feux de balisage implantés sur les éoliennes terrestres est de 20 éclats par minute.

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

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

Le balisage est surveillé par l'exploitant du parc éolien. Toute défaillance ou interruption du balisage doit être signalée dans les plus brefs délais à l'autorité de l'aviation civile territorialement compétente et fait l'objet d'une réparation dans les plus brefs délais.

Par ailleurs, la couleur des éoliennes est limitée au domaine blanc et gris dont les quantités calorimétriques répondent à l'arrêté du 23 avril 2018 (facteur de luminance supérieur ou égal à 0,4). Cette couleur est appliquée uniformément sur l'ensemble des éléments constituant l'éolienne.

### Balisage en phase chantier

Lors de la période de travaux, la présence du chantier et d'éolienne(s) en cours de levage est communiquée aux différents usagers de l'espace aérien par la voie de l'information aéronautique. A cette fin, l'exploitant des éoliennes, après coordination avec le responsable du chantier, fournit les informations nécessaires aux autorités de l'aviation civile et de la défense territorialement compétentes au moins 7 jours avant le début du chantier.

Un balisage temporaire constitué de feux d'obstacles basse intensité de type E (rouges, à éclats, 32 cd) est mis en œuvre dès que la nacelle de l'éolienne est érigée. Ces feux d'obstacle sont opérationnels de jour comme de nuit. Ils sont installés sur le sommet de la nacelle et sont visibles dans tous les azimuts (360°). Le balisage définitif prescrit dans l'arrêté du 23 Avril 2018 est effectif dès que l'éolienne est mise sous tension. Le balisage définitif peut également être utilisé en lieu et place du balisage temporaire décrit ci-dessus.

### 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 feux 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.

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

#### **Système de lutte contre l'incendie**

Les éoliennes retenues disposent de plusieurs extincteurs localisés dans la nacelle et le mât. 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.

#### **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.

### Protection contre le risque foudre

La fonction principale du système de protection contre la foudre (Lightning Protection System - LPS) est de protéger les vies et les biens contre 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 dommage ou sans perturbation des systèmes.

Les éoliennes retenues seront équipées du système de protection contre la foudre afin de minimiser les dommages sur les composants mécaniques, les systèmes électriques et les systèmes de contrôle. Le système de protection contre la foudre est basé sur des solutions de protection interne et externe.

Le système de protection externe est conçu pour gérer un coup de foudre direct sur l'éolienne et pour conduire le courant de foudre à la terre au bas de l'éolienne.

La protection interne est conçue pour minimiser les dégâts et les interférences sur les équipements électriques et les composants électroniques à l'intérieur de l'éolienne grâce à une ligne équipotentielle, à une protection contre les surtensions et les perturbations électromagnétiques.

Le système de protection contre la foudre a été conçu pour atteindre un niveau de protection I selon la norme CEI 61400-24. Le Maître d'Ouvrage tient à disposition de l'Inspection des Installations Classées les rapports des organismes compétents attestant de la conformité des éoliennes à la norme précitée.

Remarque : Selon l'Association d'assurance allemande (GDV) publication "BlitzRisikorientierter und Überspannungsschutz » et IEC 61400-24 le niveau de protection minimale recommandée pour une éolienne est seulement le niveau II.

### Protection contre la survitesse

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

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

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

## Protection contre l'échauffement

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

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

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

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

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

## Protection contre la glace

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

Un système de protection contre la glace est donc fourni le cas échéant avec les éoliennes pour prévenir de ces dangers, conformément à l'article 25 de l'arrêté du 26 août 2011.

Le système de protection se base sur trois méthodes redondantes :

- Comparaison des mesures de vent par deux anémomètres sur la nacelle, l'un étant chauffé, l'autre non, associé à des paramètres climatiques additionnels (notamment critère de température) ;
- Analyse de données de fonctionnement de l'éolienne, le dépôt de givre modifiant le profil aérodynamique de la pale et impactant par conséquent la production électrique de la machine ;
- Système de mesure des oscillations et des vibrations qui sont causées par le balourd provoqué par la formation de glace sur les pales qui peuvent, en cas extrême, déclencher un arrêt d'urgence (intégré dans la chaîne de sécurité de l'éolienne).

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

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

## Protection contre le risque électrique

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

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

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

Les nacelles des éoliennes sont conçues de sorte que tout écoulement accidentel de liquide provenant d'éléments de la nacelle (huile multiplicateur et liquide de refroidissement principalement) est récupéré dans un

bac de rétention. Un réservoir de 1000 L, 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.

A noter que dans le cas d'une machine sans multiplicateur, le potentiel de risque de fuite de liquide est donc moins élevé (voire inexistant).

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

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

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

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

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

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

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

De plus, les éoliennes sont équipées d'un système de contrôle à distance des données. La supervision peut s'effectuer à distance depuis un PC équipé d'un navigateur Internet et d'une connexion ADSL ou RNIS.

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

## Dans le cas où le système SCADA est défectueux

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

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

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

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

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

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

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

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

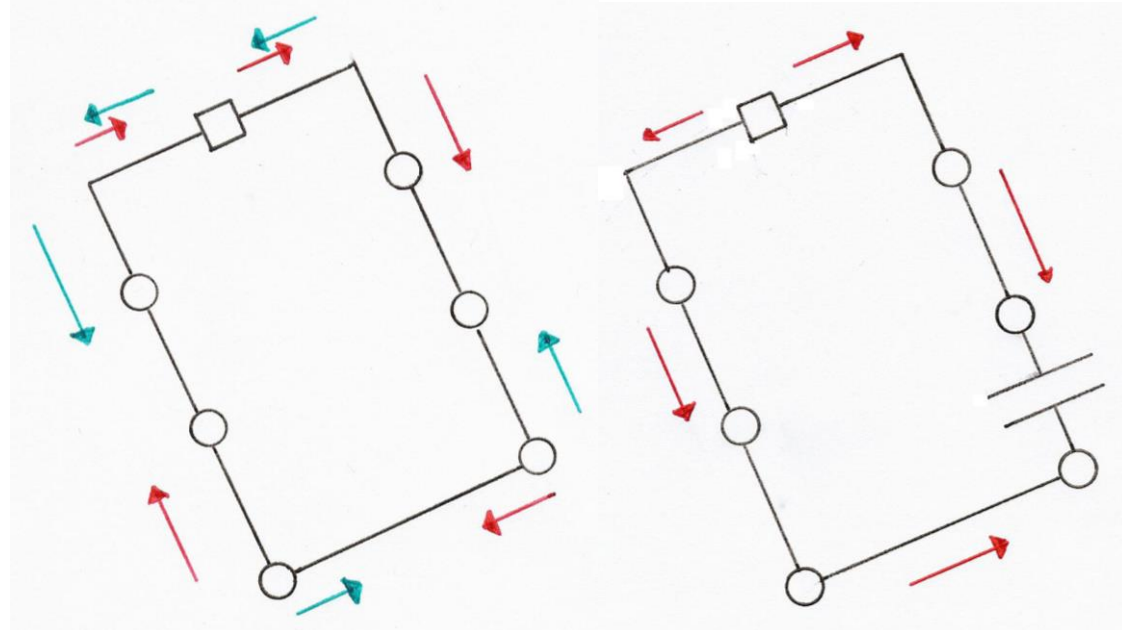


Figure 6 : Illustration du système en anneau garantissant une communication continue des éoliennes –

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

### Certification des éoliennes

Les constructeurs de l'éolienne retenue s'engagent à respecter les principales normes et certifications applicables à l'installation mentionnées ci-dessous :

EN ISO 12100-1	Safety of machinery - Basic concepts, general principles for design - Part 1: Basic terminology, methodology
EN ISO 12100-2	Safety of machinery - Basic concepts, general principles for design - Part 2: Technical principles
EN 50308	Wind turbines - Protective measures - Requirements for design, operation and maintenance
IEC 61400-1	Wind turbine generator systems - Part 1: Safety requirements
EN ISO 14121-1	Safety of machinery - Risk assessment - Part 1: Principles
EN 61000-6-2	Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 6-2: Generic standards – Immunity for industrial environments
EN 61000-6-4	Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 6-4: Generic standards – Emission standard for industrial environments
IEC 61400-21	Wind turbines - Part 21: Measurement and assessment of power quality characteristics of grid connected wind turbines
IEC/TR 61400-24	Wind turbine generator systems - Part 24: Lightning protection
EN 50110-1	Operation of electrical installations
DIN VDE 0100 / IEC 60364	Low-voltage electrical installations
EN 60664-1	Insulation coordination for equipment within low-voltage systems - Part 1: Principles, requirements and tests
EN 60529	Degrees of protection provided by enclosures (IP code)
EN 60204-1	Safety of machinery - Electrical equipment of machines - Part 1: General requirements
EN 60204-11	Safety of machinery - Electrical equipment of machines - Part 11: Requirements for HV equipment for voltages above 1000 V a.c. or 1500 V d.c and not exceeding 36 kV
EN 60947	Low-voltage switchgear and controlgear
EN 60439-1	Low-voltage switchgear and controlgear assemblies - Part 1: Type-tested and partially type-tested assemblies
EN 60034	Rotating electrical machines
EN 60076	Power transformers
EN 61936	Power installations exceeding 1 kV a.c. Part 1: Common rules
EN 62271-200	High-voltage switchgear and controlgear - Part 200: AC metal-enclosed switchgear and controlgear for rated voltages above 1 kV and up to and including 52 kV

Tableau 26 : Normes et certifications auxquelles répondent les machines retenues (source : Opale EN, 2018)

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

La maintenance de l'installation sera réalisée par le constructeur des éoliennes pour le compte de la société Trois Cantons EnR.

#### Personnel qualifié et formation continue

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

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

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

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

#### Planification de la maintenance

##### Préventive

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

La société Trois Cantons EnR 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 Trois Cantons EnR 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 Trois Cantons EnR 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.

### 4.2.4. Stockage et flux de produits dangereux

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

Concernant les 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 pour des machines dotées d'un multiplicateur.

## 4.3. FONCTIONNEMENT DES RESEAUX DE L'INSTALLATION

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

Le raccordement électrique inter-éolien ainsi qu'en liaison jusqu'à la structure de livraison sera exécuté exclusivement au moyen de câbles souterrains de 20 kV qui seront enfouis à une profondeur minimum de 80 cm en fond de fouille avec grillage avertisseur, et passeront à travers champs ou longeront les chemins d'accès. Cette installation respectera les normes NFC 15-100, NFC 13-100, NFC 13-200 : Installations électriques à basse tension, installations électriques à haute tension, postes de livraison établis à l'intérieur d'un bâtiment et alimentés par un réseau de distribution public HTA.

Dans tous les cas, l'implantation des câbles électriques souterrains respectera strictement les dispositions de l'arrêté du 17 mai 2001 fixant les conditions techniques auxquelles doivent satisfaire les distributions d'énergie électrique.

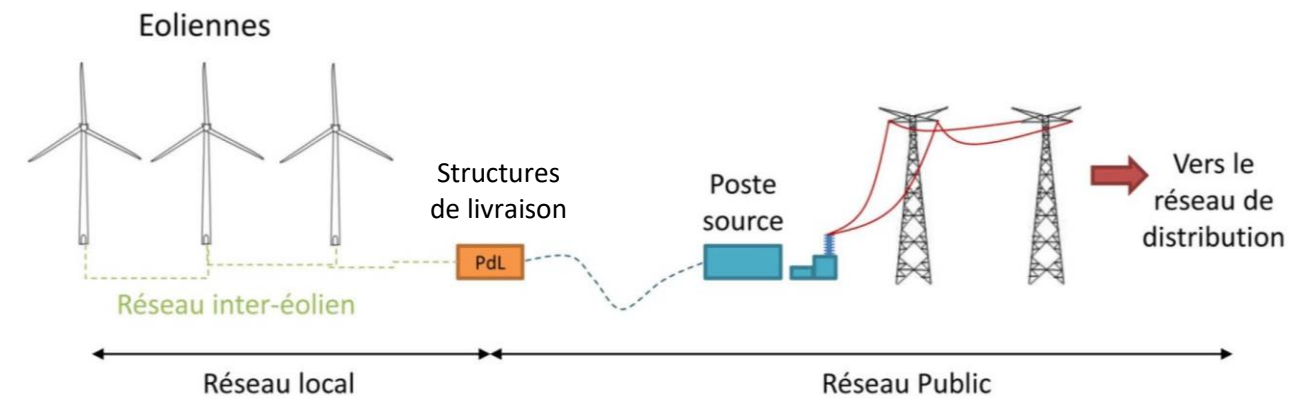


Figure 7 : Raccordement électrique des installations (source : INERIS/SER/FEE, 2012)

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

Le réseau inter-éolien permet de relier le transformateur, intégré dans le mât de chaque éolienne, au point de raccordement avec le réseau public. Ce réseau comporte également une liaison de télécommunication qui relie chaque éolienne au terminal de télésurveillance. La structure de livraison et les câbles y raccordant les éoliennes constituent le réseau interne de la centrale éolienne, soumis à approbation de construction et de l'exploitation des ouvrages de transport et de distribution d'électricité (article L323-11 du Code de l'Énergie).

#### Conformité des liaisons électriques

Le pétitionnaire s'engage à respecter les dispositions de l'arrêté du 17 mai 2001 fixant les conditions techniques auxquelles doivent satisfaire les ouvrages électriques. Les liaisons électriques seront donc de fait conformes avec la réglementation technique en vigueur.

#### Caractéristique du câble électrique

Ces réseaux de raccordement électrique ou téléphonique (surveillance) entre les éoliennes et la structure de livraison électrique seront enterrés sur toute leur longueur en longeant préférentiellement les pistes et chemins d'accès entre les éoliennes et la structure de livraison. La tension des câbles électriques est de 20 000 V. Les câbles, en aluminium, seront d'une section pouvant varier de 3x90 mm<sup>2</sup> à 3x240 mm<sup>2</sup> suivant le nombre d'éoliennes raccordées sur ceux-ci.

## Caractéristique des tranchées

Pour le raccordement inter-éolien, les caractéristiques des tranchées sont en moyenne d'une largeur de 45 cm et d'une profondeur de 1 m. Des illustrations de coupe type sont présentées ci-après.

Les impacts directs de la mise en place de ces réseaux enterrés sur le site sont négligeables : les tranchées sont faites au droit des chemins d'accès puis sous les voies existantes dans les lieux présentant peu d'intérêt écologique, et à une profondeur empêchant toute interaction avec les engins forestiers ou agricoles.

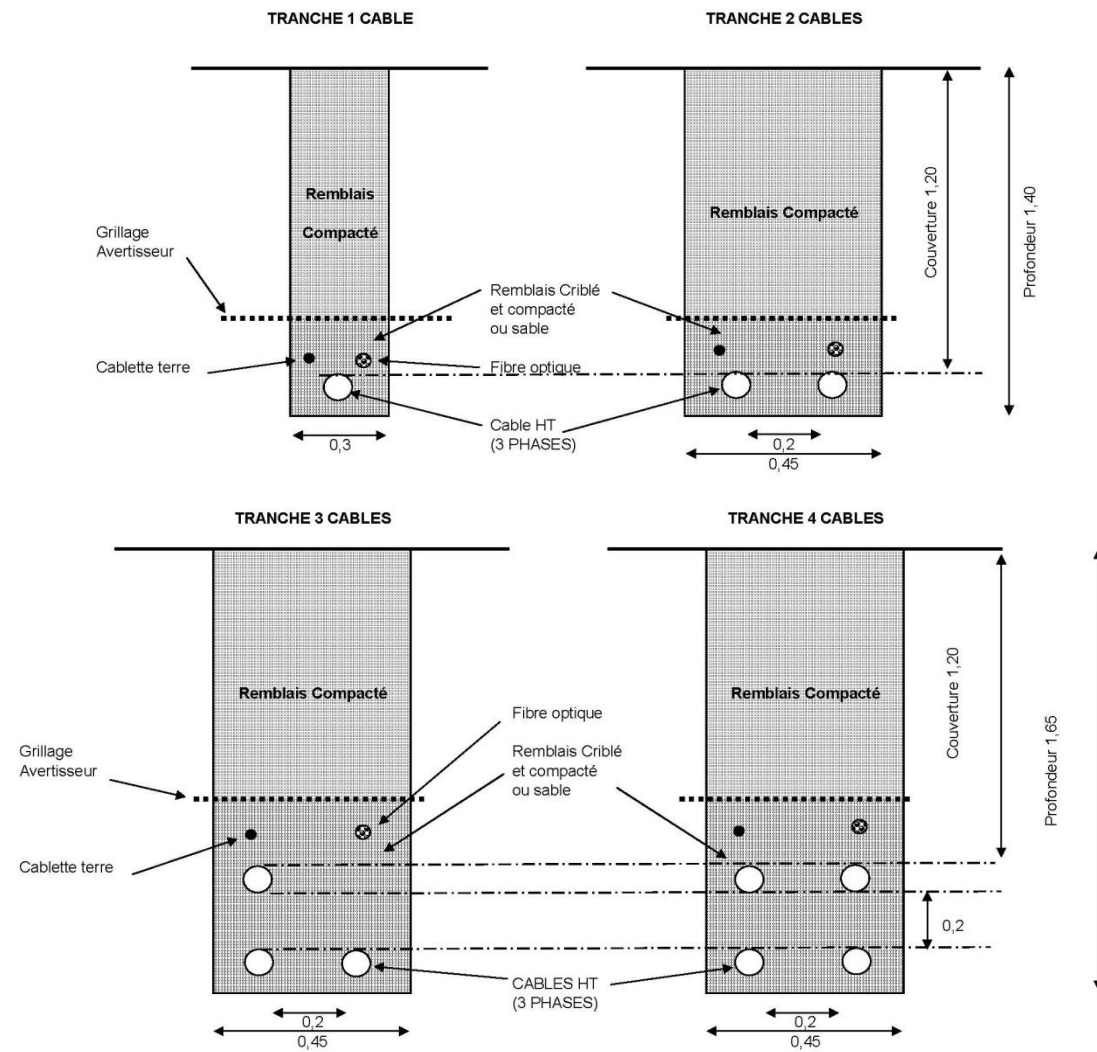


Figure 8 : Vue en coupe des tranchées selon le nombre de câbles passés (source : ATER Environnement, 2014)

Aucun apport ou retrait de matériaux du site n'est nécessaire. L'ouverture de tranchées, la mise en place de câbles et la fermeture des tranchées seront opérées en continu, à l'avancement, sans aucune rotation d'engins de chantier.

### *Structure de livraison*

---

La structure de livraison est le nœud de raccordement d'un groupe d'éoliennes avant que l'électricité ne soit injectée dans le réseau public.

Pour le parc éolien des Trois Cantons, deux structures de livraison sont prévues. Elles sont localisées sur les aires de grutage d'E3 et E6.

Cette structure est composée d'un ou deux postes de livraison en fonction des préconisations du gestionnaire réseau. Les dimensions sont de 10 m de long par 3 m de large pour chaque poste. Leur hauteur ne sera pas supérieure à 3 m. La description des structures de livraison est fournie dans l'étude d'impact du projet ainsi que les mesures paysagères la concernant.

### *Démarches préalables réalisées*

---

Le pétitionnaire atteste bénéficier des autorisations des propriétaires des terrains traversés par les câblages sous la forme de conventions de tréfonds avec droits d'accès, et avoir consulté les communes concernées pour les passages de câbles sous les voies communales. Les attestations de maîtrise foncière se trouvent en annexe du dossier intitulé « Dossier Administratif », dossier qui est joint au présent document de Demande d'Autorisation Environnementale.

### *Réseau électrique externe (ou réseau public)*

---

Le réseau électrique externe relie les structures de livraison avec le poste source (réseau public de transport d'électricité). Ce réseau est réalisé par le gestionnaire du réseau de distribution (généralement ENEDIS ou RTE dans certains cas). Il est, lui aussi, entièrement enterré.

Dans le cas du parc éolien des Trois Cantons, le poste source du réseau électrique public sur lequel le raccordement du parc éolien paraît actuellement le plus probable est celui de Voujeaucourt, à environ 6km au Nord-Est du projet.

### *Représentation graphique*

---

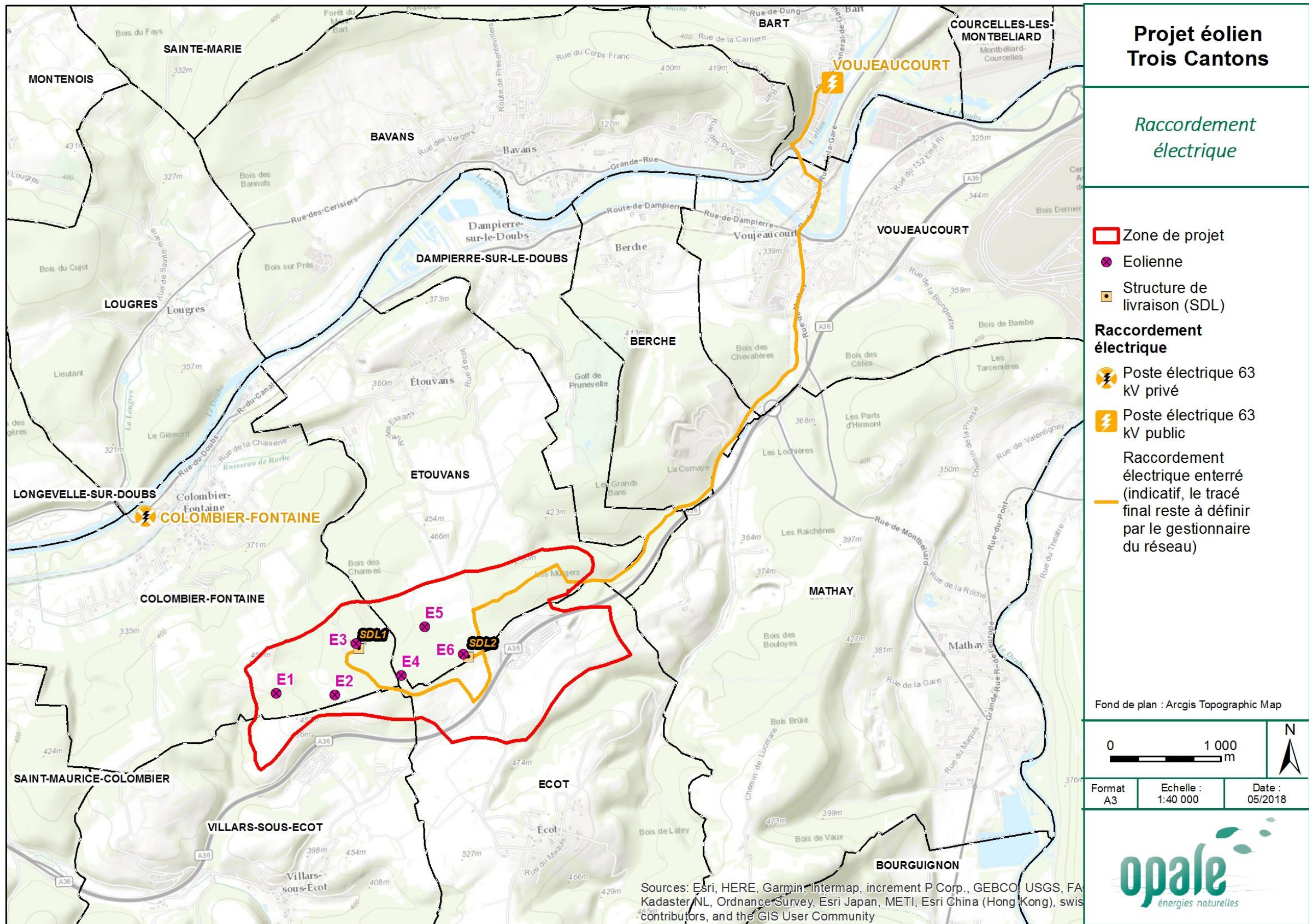
Une carte de situation au 1/40 000ème précise le tracé de principe des canalisations électriques projetées et les ouvrages électriques projetés ci-après.

#### **4.3.2. Autres réseaux**

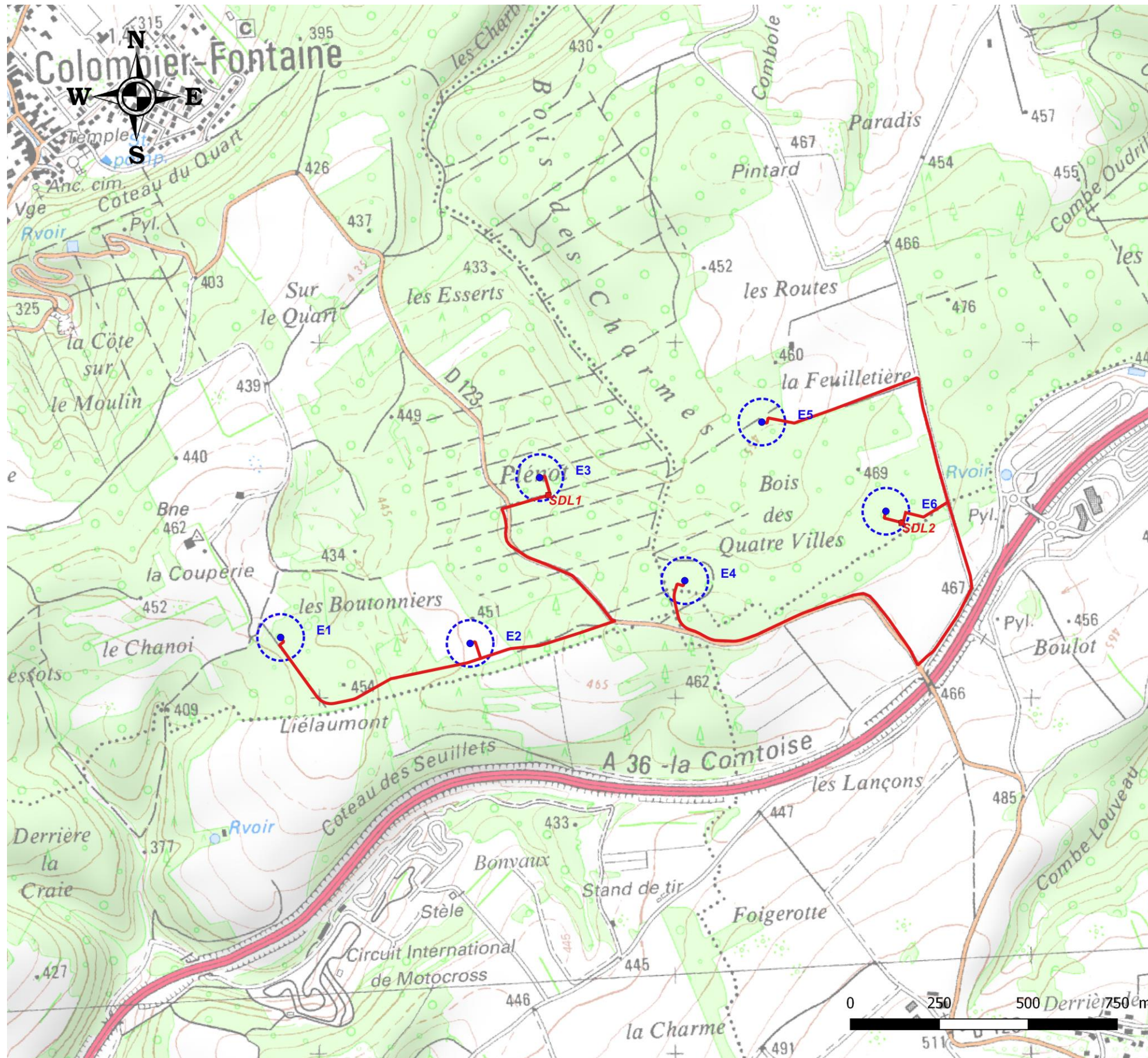
---

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





Carte 16 : Réseau électrique externe à l'installation (source : OPALE EN, 2018)



*Raccordement électrique interne*

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

Source: SCAN25 ©IGN FRANCE  
Copie et reproduction interdites

**Légende**

Projet du parc éolien des Trois Cantons

- Eolienne
- Structure de livraison
- Zone de surplomb par les pales (65,5 m)
- Raccordement électrique interne

*Carte 17 : Réseau électrique interne à l'installation*

# 5 IDENTIFICATION DES POTENTIELS DE DANGERS DE L'INSTALLATION

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

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

## 5.1. POTENTIELS DE DANGERS LIES AUX PRODUITS

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

Les produits identifiés dans le cadre du parc éolien des Trois Cantons sont utilisés pour le bon fonctionnement des éoliennes, leur maintenance et leur entretien :

- Produits nécessaires au bon fonctionnement des installations : principalement des graisses et des huiles de transmission ou huiles hydrauliques pour systèmes de freinage ;

Produits de nettoyage et d'entretien des installations : solvants, dégraissants, nettoyeurs, etc. et les déchets industriels banals associés (pièces usagées non souillées, cartons d'emballage, etc.).

Les principaux produits mis en œuvre dans les éoliennes sont listés sur la page ci-contre.

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 la structure de livraison du parc éolien des Trois Cantons.

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 ; etc.	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, etc. 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, etc.	60 kg / maintenance	Bacs	Oui	Recyclage
20 01 40	Ferraille	Visserie, ferrailles diverses, etc.	-	Bacs	Non	Recyclage
20 03 01	DIB	Equipements de Protection Individuelle usagés, déchets divers (alimentaires, poussières, etc.)	-	Container fermé	Non	Valorisation énergétique

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

Tableau 27 : Produits sortants de l'installation (source : Opale EN – 2018)

L'ensemble des substances et produits utilisés répond aux exigences de la Directive Européenne relative à la classification, l'emballage et l'étiquetage des substances dangereuses (Directive 67/548/CEE du Conseil, du 27 juin 1967, concernant le rapprochement des dispositions législatives, réglementaires et administratives relatives à la classification, l'emballage et l'étiquetage des substances dangereuses ; modifiée par le nouveau règlement (CE) N° 1272/2008 et la création de l'Agence Européenne des produits chimiques).

Des Equipements de Protection Individuels appropriés sont mis à disposition par l'employeur afin de protéger les opérateurs contre les risques chimiques générés par l'utilisation de certains produits.

Les dangers représentés par l'utilisation de certains produits ainsi que les mesures de prévention associées sont détaillées dans des instructions à usage interne ainsi que dans les plans de prévention des risques qui sont présents en machine et dont les opérateurs prennent connaissance avant toute intervention. La liste des substances et produits utilisés lors des maintenances est disponible sur demande. De plus, un tableau regroupant l'ensemble des produits ainsi que les dangers leur étant associés est disponible sur demande (voir tableau exemple ci-contre).

Des détails plus précis sur ces produits seront apportés au moment de la mise en service de l'installation.

PRODUITS UTILISES POUR			
Code couleur	CONSTRUCTION	MAINTENANCE	CONSTRUCTION + MAINTENANCE

N°	Nom de la substance	Fonction d'emploi	Composé chimique dangereux déterminant pour l'étiquetage	Phrase de risque	Signification de la phrase de risque	Phénomène redouté	Conseil / phrase de prudence / de sécurité	Signification de la phrase de sécurité	Autres prescription / restriction	EPI à porter lors de l'utilisation
1	Aquabase	Dégraissant	(R)-p-mentha-1,8-diène	Xi	Irritant	Absorption / contact avec la peau / les yeux	S2	Conserver hors de portée des enfants	Classe de pollution des eaux : Classe de danger pour l'eau : 2 : polluant => ne doit pas atterrir dans les eaux d'égouts et les eaux extérieures	Gants adaptés (nitril) + lunettes de protection
				R 38	Irritant pour la peau		S24	Eviter le contact avec la peau		
				R 41	Risque de lésion musculaire graves		S26	En cas de contact avec les yeux, laver immédiatement et abondamment avec de l'eau et consulter un spécialiste		
				R 43	Peut entraîner une sensibilisation par contact avec la peau		S37	Porter des gants appropriés		
				R 52/53	Nocif pour les organismes aquatiques, peut entraîner des effets néfastes à long terme pour l'environnement aquatique		S46	En cas d'ingestion, consulter immédiatement un médecin et lui montrer l'emballage ou l'étiquette		
				R38	Irritant pour les voies respiratoires et la peau.		S24	Eviter le contact avec la peau		
				R41	Risque de lésion musculaire graves Peut entraîner une					
N°	Nom de la substance	Fonction d'emploi	Composé chimique dangereux déterminant pour l'étiquetage	Phrase de risque	Signification de la phrase de risque	Phénomène redouté	Conseil / phrase de prudence / de sécurité	Signification de la phrase de sécurité	Autres prescription / restriction	EPI à porter lors de l'utilisation
3	Brekutex	Nettoyant pour dégraissage	Propane / butane	F+	Extrêmement inflammable	Absorption / contact avec la peau / les yeux	S23	Ne pas inhaler les vapeurs	Classe de pollution des eaux : Classe de danger pour l'eau : WGK 1 : polluant légèrement l'eau => ne doit pas atterrir dans les eaux d'égouts et les eaux extérieures	Gants adaptés (nitril) + lunettes de protection + masque de protection respiratoire simple
				R11	Facilement inflammable					
				R12	Extrêmement inflammable					
				R38	Irritant pour les yeux Nocif pour les organismes aquatiques, peut entraîner des effets néfastes à long terme pour l'environnement aquatique					
			Acétone	R51/53	L'exposition répétée peut provoquer dessèchement ou gerçures de la peau L'inhalation de vapeurs peut provoquer somnolence et vertiges		S24/25	Eviter le contact avec les yeux et la peau		
			Carbure d'hydrogène	R66			S51	A n'utiliser que dans des endroits bien aérés		
				R67						

Tableau 28 : Exemple de fiche de classification des produits et substances utilisées pour les éoliennes (source : Opale EN, 2018)

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

Les dangers liés au fonctionnement du parc éolien des Trois Cantons 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 de l'énergie mécanique	Survitesse	Echauffement des pièces mécaniques et flux thermique
<b>Pale</b>	Prise au vent	Bris de pale ou chute de pale	Energie cinétique d'éléments de pales
<b>Aérogénérateur</b>	Production d'énergie électrique à partir d'énergie éolienne	Effondrement	Energie cinétique de chute
<b>Poste de livraison, intérieur de l'aérogénérateur</b>	Réseau électrique	Court-circuit interne	Arc électrique
<b>Nacelle</b>	Protection des équipements destinés à la production électrique	Chute d'éléments	Energie cinétique de chute
<b>Rotor</b>	Transformation de l'énergie éolienne en énergie mécanique	Projection d'objets	Energie cinétique des objets
<b>Nacelle</b>	Protection des équipements destinés à la production électrique	Chute de nacelle	Energie cinétique de chute

Tableau 29 : Potentiels de dangers liés au fonctionnement de l'installation (source : guide INERIS/SER/FEE, 2012)

## 5.3. REDUCTION DES POTENTIELS DE DANGERS A LA SOURCE

### 5.3.1. Principales actions préventives

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

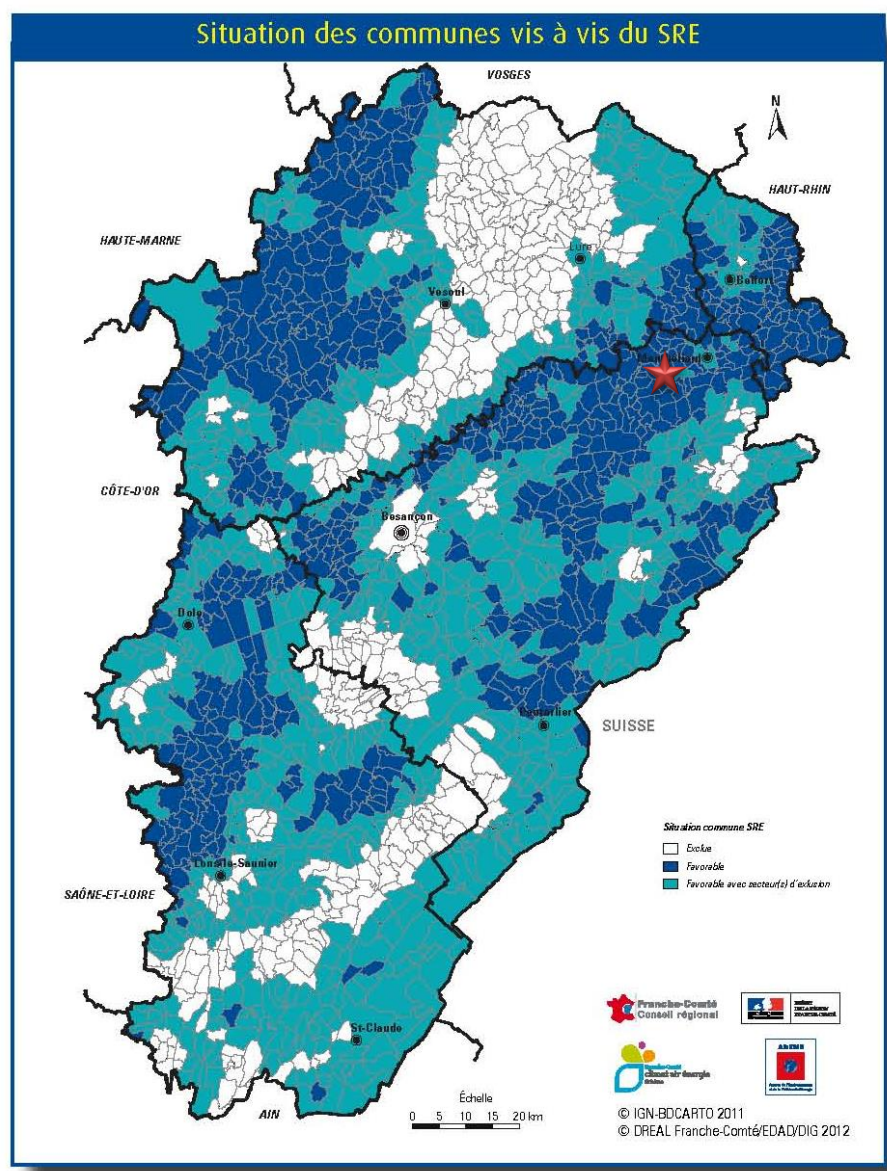
#### *Intégration dans le Schéma Régional Eolien (2012)*

Dans le cadre du Grenelle de l'Environnement, la région Franche Comté a approuvé son Schéma régional climat air énergie (SRCAE) en date du 22 novembre 2012. L'un des volets de ce schéma très général est constitué par un Schéma régional éolien (SRE), approuvé le 8 octobre 2012, qui détermine quelles sont les zones favorables à l'accueil des parcs et quelles puissances pourront y être installées en vue de remplir l'objectif régional d'ici à 2020.

L'objectif de ce Schéma régional éolien est d'améliorer la planification territoriale du développement de l'énergie éolienne et de favoriser la construction des parcs éoliens dans des zones préalablement identifiées. La finalité de ce document est d'**éviter** le mitage du paysage, de **maîtriser** la densification éolienne sur le territoire, de **préserver** les paysages les plus sensibles à l'éolien, et de rechercher une **mise en cohérence** des différents projets éoliens. Pour cela, le Schéma Régional s'est appuyé sur des démarches existantes (Schémas Paysagers 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 secteurs favorables à l'éolien (en vert), et des secteurs défavorables en raison de contraintes majeures (en blanc).

Les communes d'Ecot, Colombier-Fontaine et Etouvans sont toutes des communes « favorables ».

⇒ Le site envisagé pour l'implantation des éoliennes se situe sur les communes d'Ecot, Colombier-Fontaine et Etouvans, territoires intégrant les communes favorables de la liste des communes constituant les délimitations territoriales du SRCAE.



Carte 18 : Zones favorables à l'implantation d'éolienne – Région Franche-Comté - Légende : Etoile rouge / localisation du site (source : Schéma Régional Eolien, 8 octobre 2012)

### Etude itérative de limitation des impacts

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

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

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

La présentation des variantes et l'explication du choix final sont détaillées dans l'Etude d'Impact Environnementale. D'une manière générale, le projet final, tel qu'il est présenté dans l'étude de dangers, répond à une attente claire des élus locaux, communaux et intercommunaux, de développer les énergies renouvelables, dans le contexte national, régional et international de prise de conscience des enjeux climatiques.

Ce projet préserve le cadre de vie, et tous les efforts ont été réunis pour produire le projet de moindre impact, que ce soit pour la biodiversité, pour le paysage comme pour toutes les activités sociales et économiques déjà en place avec lesquelles le projet s'articule : exploitation forestière, chasse, etc.

Ce projet a été construit avec un esprit de dialogue, de collégialité entre les élus, le développeur et l'ONF.

### 5.3.2. Utilisation des meilleures techniques disponibles

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

Pour l'essentiel, la directive IPPC vise à minimiser la pollution émanant de différentes sources industrielles dans toute l'Union Européenne. Les exploitants des installations industrielles relevant de l'annexe I de la directive IPPC doivent obtenir des autorités des Etats-membres une autorisation environnementale avant leur mise en service.

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

# 6 ANALYSE DES RETOURS D'EXPERIENCE

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

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

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

## 6.1. INVENTAIRE DES ACCIDENTS ET INCIDENTS EN FRANCE

### 6.1.1. Base de données

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

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

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

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

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

### 6.1.2. Bilan accidentologie matériel

Selon la base ARIA recensant les accidents technologiques, un total de 70 incidents a pu être recensé entre 2000 et 2018 (voir tableau ci-après listant les accidents survenus en France). Les 37 premiers accidents de ce tableau ont été validés par les membres du groupe de travail précédemment mentionné, à travers le guide technique élaboré en mai 2012.

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

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

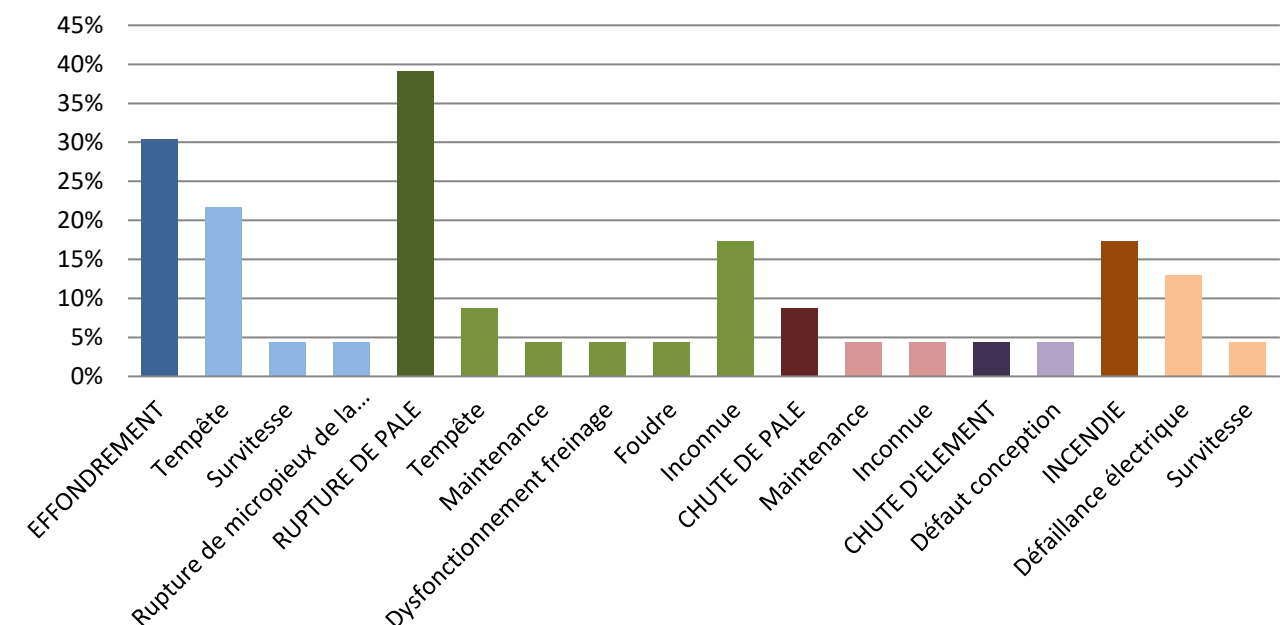


Figure 9 : Répartition des événements accidentels et de leurs causes premières sur le parc éolien français entre 2000 et 2011 (source : SER/FEE/INERIS, 2011)

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

Date	Localisation	Incident
15/12/2010	Pouillé-les-Côteaux (Loire-Atlantique)	Chute de 3 m d'un technicien de maintenance. Aucune blessure grave
31/05/2011	Mesvres (Saône-et-Loire)	Collision entre train régional et un convoi exceptionnel transportant une pale d'éolienne. Aucun blessé
14/12/2011	Non communiqué	Rupture de pale liée à la foudre
03/01/2012	Non communiqué	Acte de vandalisme : départ de feu au pied de tour
05/01/2012	Widehem (Pas-de-Calais)	Bris de pales – Projection à 380 m
06/02/2012	Lehaucourt (Aisne)	Opération de maintenance dans la nacelle - un arc électrique (690V) blesse deux sous-traitants (brûlure sérieuse au visage et aux mains)
18/05/2012	Fresnay l'Evêque (Eure)	Chute d'une pale au pied d'une éolienne et rupture du roulement qui raccordait la pale au hub
30/05/2012	Port-la-Nouvelle (Aude)	Chute d'une éolienne liée à des rafales de vent de 130 km/h – Eolienne de 1991, tour en treillis (200 kW)
01/11/2012	Vieillespesse (Cantal)	Projection d'un élément de la pale à 70 m du mât pour une éolienne de 2,5 MW
05/11/2012	Sigean (Aude)	Feu sur une éolienne de 660 KW entraînant une chute de pale et enflammant 80 m <sup>2</sup> de garrigue environnante
06/03/2013	Conihac-de-la-Montagne (Aude)	Chute d'une pale liée à un problème de fixation entraînant un arrêt automatique de l'éolienne (détection d'échauffement + vitesse de rotation excessive)
17/03/2013	Euvy (Marne)	Incendie dans une nacelle conduisant à la chute d'une pale et une fuite de 450 L d'huile en provenance du multiplicateur. L'origine du feu est liée à une défaillance électrique. Le feu a été maîtrisé en 1 heure
01/07/2013	Cambon-et-Salvergues (34)	Un opérateur remplissant un réservoir d'azote sous pression dans une éolienne est blessé par la projection d'un équipement. Ses voies respiratoires ont également été atteintes lors de l'accident
03/08/2013	Moreac (Morbihan)	Perte de 270 L d'huile hydraulique d'une nacelle élévatrice intervenant sur une éolienne – pollution du sol sur 80 m <sup>2</sup>
09/01/2014	Anthény (Ardennes)	Feu dans une nacelle au niveau de la partie moteur
20/01/2014	Sigean (Aude)	Chute d'une pale au pied d'une éolienne suite à un défaut de vibration
14/11/2014	Saint-Cirgues-en-Montagne (Ardèche)	Chute d'une pale d'éolienne
05/12/2014	Fitou (Aude)	Chute d'une pale d'éolienne
29/01/2015	Remigny (Aisne)	Feu d'éolienne
06/02/2014	Lusseray (Deux-Sèvres)	Feu d'éolienne
24/08/2015	Santilly (Eure-et-Loir)	Incendie d'une éolienne
10/11/2015	Mesnil-la-Horgne (Meuse)	Chute du rotor
07/02/2016	Aude (Conilhac-Corbières)	Chute de l'aéofrein d'une pale
08/02/2016	Finistère (Dinéault)	Chute d'une pale et déchirement d'une autre lors d'une tempête
07/03/2016	Côtes-d'Armor (Calanhel)	Chute d'une pale
28/05/2016	Eure-et-Loir (Janville)	Défaillance d'un raccord sur le circuit de refroidissement de l'huile de la boîte de vitesse de l'éolienne entraînant une fuite d'huile
18/08/2016	Dargies (Oise)	Feu dans une éolienne
18/08/2016	Hescamps (Oise)	Feu dans une éolienne
14/09/2016	Les Grandes Chapelles (Aube)	Electrisation d'un employé dans une éolienne
27/02/2017	Trayes (Deux-Sèvres)	Chute d'un élément d'une pale d'éolienne
06/06/2017	Allones (Sarthe)	Feu dans la nacelle d'une éolienne



Date	Localisation	Incident
24/06/2017	Conchy/Canches (Pas-de-Calais)	Chut d'une pale
03/08/2017	Priez (Aisne)	Détachement d'une pale
26/10/2017	Vaux-les-Mouzon (Ardennes)	Décès d'un technicien au cours d'une opération de maintenance (circonstances encore non établies)
08/11/2017	Roman (Eure)	Chute du carénage d'une éolienne
01/01/2018	Bouin (Vendée)	Chute d'une éolienne lors de la tempête Carmen
04/01/2018	Nixeville-Blercourt (Meuse)	Chute d'une pale
06/02/2018	Cnilhac-Corbières (Aude)	Chute de l'aérofrein d'une pale

Tableau 30 : Liste des incidents intervenus en France (source : Base de données ARIA, mise à jour 02/07/2018)

### 6.1.3. Bilan accidentologie humaine

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

- Aucun tiers, extérieur au parc, n'a été blessé ou tué ;
- Les personnes blessées sont toutes du personnel de maintenance. Neuf accidents sont à déplorer conduisant à onze blessés dont 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	Brulure	Arc électrique
2017	1	Décès	Circonstances encore non établies, épisode survenu au cours d'une opération de maintenance

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 A L'INTERNATIONAL

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

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

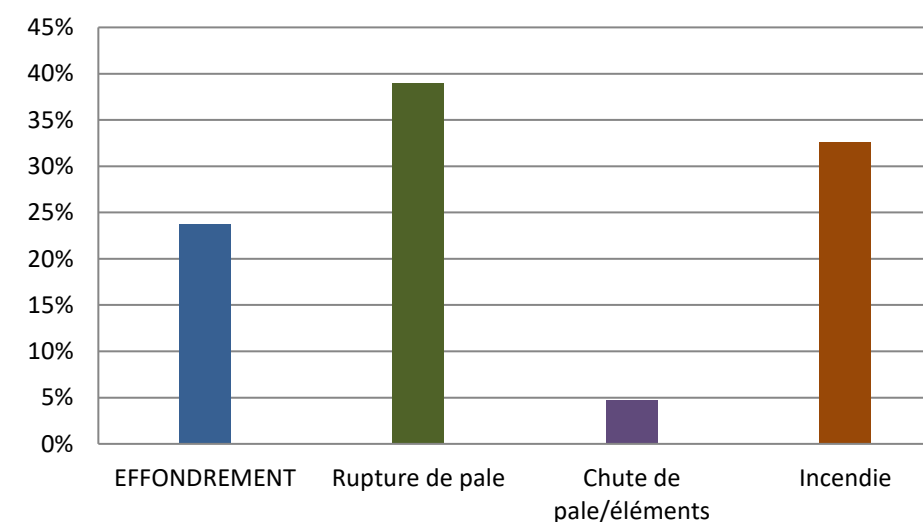
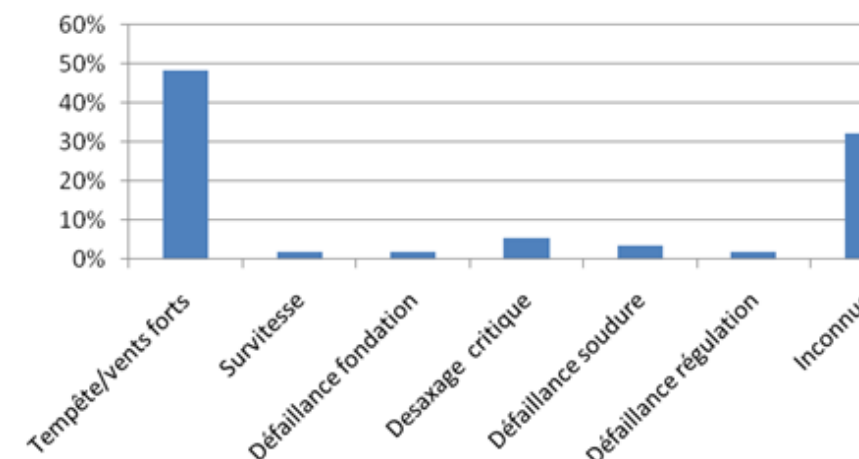
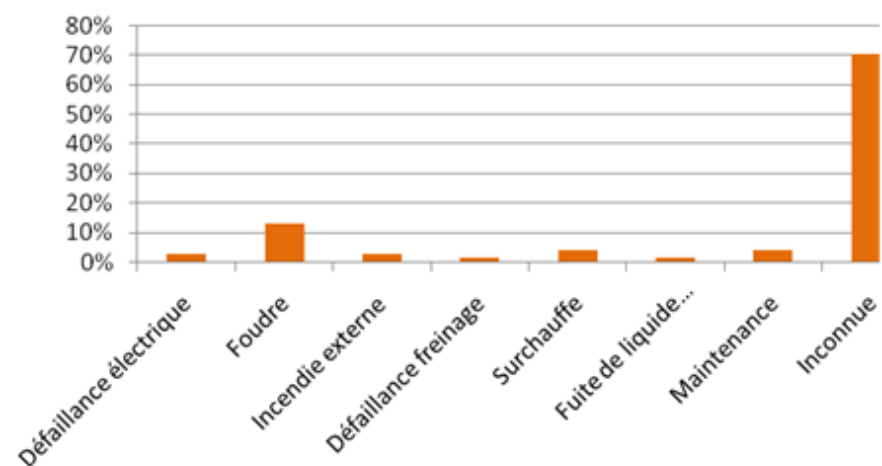
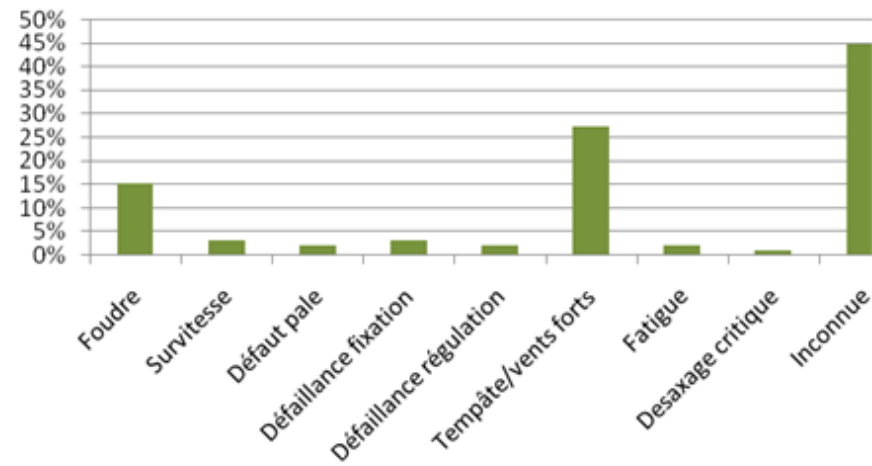


Tableau 32 : Répartition des événements accidentels dans le monde entre 2000 et 2011 (source : SER/FEE/INERIS, 2012)





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

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

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

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

A la date de rédaction de la présente étude, aucun accident majeur n'est survenu sur les sites exploités par la société « Trois Cantons EnR. », ni de manière générale sur les sites exploités et/ou développés par la société « Opale EN ».

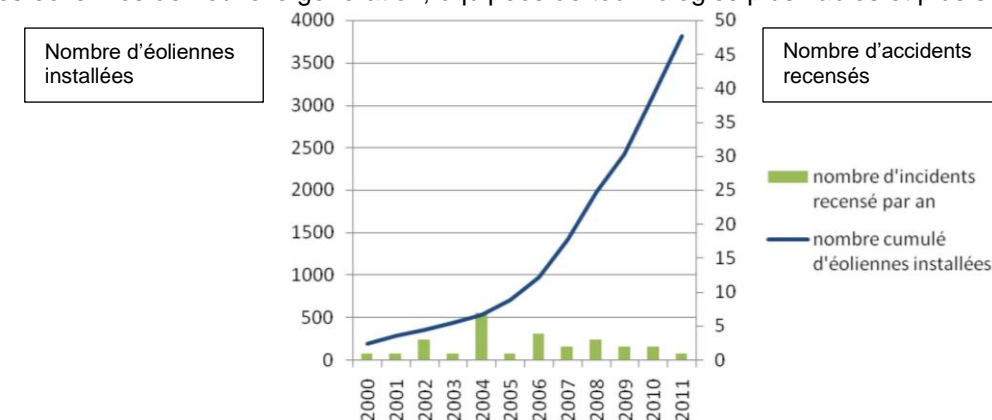
### 6.4. SYNTHÈSE DES PHÉNOMÈNES DANGEREUX REDOUTÉS ISSUS DU RETOUR D'EXPÉRIENCE

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

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

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

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



*Figure 10 : Evolution du nombre d'incidents annuels en France et nombre d'éoliennes installées (source : INERIS/SER/FEE, 2012)*

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

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

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

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

## 6.5. LIMITES D'UTILISATION DE L'ACCIDENTOLOGIE

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

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

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

# 7 ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES

## 7.1. OBJECTIF DE L'ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES

L'analyse des risques a pour objectif principal d'identifier les scénarios d'accidents 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'accidents 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'accidents majeurs – ces derniers pouvant avoir des conséquences sur les personnes.

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

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

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

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

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

## 7.3. RECENSEMENT DES AGRESSIONS EXTERNES POTENTIELLES

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

Traditionnellement, deux types d'agressions externes sont identifiés :

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

### 7.3.1. Agressions externes liées aux activités humaines

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

Remarque : Aucun aérodrome n'est présent dans un rayon de 2 km et aucune ligne électrique haute tension n'est présente à moins de 200 m des éoliennes.

Infrastructure	Fonction	Événement redouté	Danger potentiel	Périmètre
Voies de circulation	Transport	Accident entraînant la sortie de voie d'un ou plusieurs véhicules	Energie cinétique des véhicules et flux thermiques	200 m

Distance de l'infrastructure routière la plus proche par rapport au mât des éoliennes		
E1	E2	E3
82 m Cc2 65 m Cc3 18 m Cc4 191 m Cc5	/	110 m D123
Distance de l'infrastructure routière la plus proche par rapport au mât des éoliennes		
E4	E5	E6
135 m D123	/	182 m Vc6

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

### 7.3.2. Agressions externes liées aux phénomènes naturels

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

Agression externe	Intensité
Vents et tempête	<ul style="list-style-type: none"> <li>Risque non quantifié par le DDRM du 25 <u>La vitesse maximale de vent répertoriée sur site par le mât de mesure est de 21,7 m/s sur 10 min à 100 m d'altitude.</u></li> <li>Absence de cyclone recensé sur cette zone.</li> </ul>
Foudre	<ul style="list-style-type: none"> <li><u>Densité de foudroiement</u> : 28 impacts par km<sup>2</sup> par an contre 20 en moyenne nationale</li> <li>Respect de la norme IEC 61 400-24 (Juin 2010) et EN 62 305 – 3 (Décembre 2006)</li> </ul>
Glissement de sols / affaissement miniers	<ul style="list-style-type: none"> <li>« Aléa faible » de retrait et gonflement des argiles ;</li> <li>Cavité : Absence de cavité intégrant le 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 n'est pas traité dans l'analyse des risques et dans l'étude détaillée des risques dès lors qu'il est vérifié que la norme IEC 61 400-24 (juin 2010) ou la norme EN 62 305-3 (décembre 2006) est respectée. Ces conditions sont reprises dans la fonction de sécurité n°6 présentée ci-après.

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

## 7.4. SCENARIOS ETUDIES DANS L'ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES

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

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

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

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

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

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

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

N°	Evénement initiateur	Evénement intermédiaire	Evénement redouté central	Fonction de sécurité (intitulé générique)	Phénomène dangereux	Qualification de la zone d'effet
I02	Dysfonctionnement électrique	Court-circuit	Incendie de tout ou partie de l'éolienne	Prévenir les courts-circuits (N°5)	Chute/projection d'éléments enflammés Propagation de l'incendie	2
I03	Survitesse	Echauffement des parties mécaniques et inflammation	Incendie de tout ou partie de l'éolienne	Prévenir l'échauffement significatif des pièces mécaniques (N°3) Prévenir la survitesse (N°4)	Chute/projection d'éléments enflammés Propagation de l'incendie	2
I04	Désaxage de la génératrice / Pièce défectueuse / Défaut de lubrification	Echauffement des parties mécaniques et inflammation	Incendie de tout ou partie de l'éolienne	Prévenir l'échauffement significatif des pièces mécaniques (N°3)	Chute/projection d'éléments enflammés Propagation de l'incendie	2
I05	Conditions climatiques humides	Surtension	Court-circuit	Prévenir les courts-circuits (N°5) Protection et intervention incendie (N°7)	Incendie poste de livraison (flux thermiques + fumées toxiques SF6) Propagation de l'incendie	2
I06	Rongeur	Surtension	Court-circuit	Prévenir les courts-circuits (N°5) Protection et intervention incendie (N°7)	Incendie poste de livraison (flux thermiques + fumées toxiques SF6) Propagation de l'incendie	2
I07	Défaut d'étanchéité	Perte de confinement	Fuites d'huile isolante	Prévention et rétention des fuites (N°8)	Incendie au poste de transformation Propagation de l'incendie	2
F01	Fuite système de lubrification Fuite convertisseur Fuite transformateur	Ecoulement hors de la nacelle et le long du mât, puis sur le sol avec infiltration	Infiltration d'huile dans le sol	Prévention et rétention des fuites (N°8)	Pollution environnement	1
F02	Renversement de fluides lors des opérations de maintenance	Ecoulement	Infiltration d'huile dans le sol	Prévention et rétention des fuites (N°8)	Pollution environnement	1
C01	Défaut de fixation	Chute de trappe	Chute d'élément de l'éolienne	Prévenir les erreurs de maintenance (N°10)	Impact sur cible	1
C02	Défaillance fixation anémomètre	Chute anémomètre	Chute d'élément de l'éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – 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
C03	Défaut fixation nacelle – pivot central – mât	Chute nacelle	Chute d'élément de l'éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9)	Impact sur cible	1
P01	Survitesse	Contraintes trop importantes sur les pales	Projection de tout ou partie de la pale	Prévenir la survitesse (N°4)	Impact sur cible	2
P02	Fatigue Corrosion	Chute de fragment de pale	Projection de tout ou partie de la pale	Prévenir la dégradation de l'état des équipements (N°12)	Impact sur cible	2
P03	Serrage inapproprié Erreur maintenance – desserrage	Chute de fragment de pale	Projection de tout ou partie de la pale	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9)	Impact sur cible	2
E01	Effets dominos autres installations	Agression externe et fragilisation structure	Effondrement éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9)	Projection/chute fragments et chute mât	2
E02	Glissement de sol	Agression externe et fragilisation structure	Effondrement éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9)	Projection/chute fragments et chute mât	2
E03	Crash d'aéronef	Agression externe et fragilisation structure	Effondrement éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9)	Projection/chute fragments et chute mât	2
E04	Effondrement engin de levage travaux	Agression externe et fragilisation structure	Effondrement éolienne	Actions de prévention mises en œuvre dans le cadre du plan de prévention (N°13)	Chute fragments et chute mât	2
E05	Vents forts	Défaillance fondation	Effondrement éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9) Prévenir les risques de dégradation de l'éolienne en cas de vent fort (N°11)	Projection/chute fragments et chute mât	2

N°	Événement initiateur	Événement intermédiaire	Événement redouté central	Fonction de sécurité (intitulé générique)	Phénomène dangereux	Qualification de la zone d'effet
E06	Fatigue	Défaillance mât	Effondrement éolienne	Prévenir la dégradation de l'état des équipements (N°12)	Projection/chute fragments et chute mât	2
E07	Désaxage critique du rotor	Impact pale – mât	Effondrement éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N°9) Prévenir les erreurs de maintenance (N°10)	Projection/chute fragments et chute mât	2

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

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

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

## 7.5. EFFETS DOMINOS SUR LES ICPE

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

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

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

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

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

⇒ Aucun effet domino n'est donc à prévoir.

## 7.6. MISE EN PLACE DES MESURES DE SECURITE

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

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

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

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

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

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

N° de la fonction de sécurité : 1	Prévenir de la formation de glace sur les pales de l'éolienne	N° de risque concerné : GO2
<b>Mesures de sécurité</b>	Système de détection ou de déduction de la formation de glace sur les pales de l'aérogénérateur. Procédure adéquate de redémarrage.	
<b>Description</b>	Système de détection redondant du givre (par exemple : analyse des données de fonctionnement de l'éolienne + système de mesure des oscillations et des vibrations) permettant, en cas de détection de glace, une mise à l'arrêt immédiate de l'aérogénérateur. Le redémarrage peut ensuite se faire soit automatiquement après disparition des conditions de givre, soit manuellement après inspection visuelle sur site.	
<b>Indépendance</b>	Non. Les systèmes traditionnels s'appuient généralement sur des fonctions et des appareils propres à l'exploitation du parc. En cas de danger particulièrement élevé sur site (survol d'une zone fréquentée sur site soumis à des conditions de gel importantes), des systèmes additionnels peuvent être envisagés. Dans la présente étude, ce cas de danger n'est pas avéré, le chemin qui passe à proximité des éoliennes n'est pas particulièrement fréquenté (en particulier en hiver) et aucun survol n'intervient.	
<b>Temps de réponse</b>	Quelques minutes (<60 min.) conformément à l'article 25 de l'arrêté du 26 août 2011	
<b>Efficacité</b>	100 %	
<b>Tests</b>	Tests menés par le concepteur au moment de la construction de l'éolienne	
<b>Maintenance</b>	Vérification du système au bout de 3 mois de fonctionnement puis maintenance de remplacement en cas de dysfonctionnement de l'équipement, puis vérification annuelle	

N° de la fonction de sécurité : 2	Prévenir l'atteinte des personnes par la chute de glace	N° de risque concerné : GO1
<b>Mesures de sécurité</b>	Panneautage en pied de machine Eloignement des zones habitées et fréquentées	
<b>Description</b>	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). Un panneau à proximité de chaque éolienne et sur les accès du site sera également mis en place.	
<b>Indépendance</b>	Oui	
<b>Temps de réponse</b>	NA	
<b>Efficacité</b>	100 %. Nous considérerons que compte tenu de l'implantation des panneaux et de l'entretien prévu, l'information des promeneurs sera systématique.	
<b>Tests</b>	/	
<b>Maintenance</b>	Constat lors de la mise en route de l'exploitation Vérification de l'état général du panneau, de l'absence de détérioration, entretien de la végétation afin que le panneau reste visible.	



N° de la fonction de sécurité : 3	Prévenir l'échauffement significatif des pièces mécaniques	N° de risque concerné : I03/I04
<b>Mesures de sécurité</b>	Capteurs de température des pièces mécaniques pour les composants les plus importants : paliers, freins, systèmes hydrauliques, multiplicateur, enroulements d'alternateur, etc. Définition de seuils critiques de température pour chaque type de composant avec alarmes Mise à l'arrêt ou bridage jusqu'à refroidissement	
<b>Description</b>	En cas de température anormalement haute, une alarme est émise par le système SCADA au centre de contrôle de l'exploitant. Si la température dépasse un seuil haut, l'éolienne est mise à l'arrêt et ne peut être relancée qu'après intervention d'un technicien en nacelle, qui procédera à une identification des causes et à des opérations techniques le cas échéant.	
<b>Indépendance</b>	Oui Ces systèmes s'appuient sur des fonctions et des appareils propres à l'exploitation du parc. Ces données sont cependant analysées par l'automate de sécurité embarqué sur chaque éolienne, dont le rôle est dédié à la sécurité de l'installation.	
<b>Temps de réponse</b>	<60 secondes.	
<b>Efficacité</b>	100 %	
<b>Tests</b>	Lors de la phase d'essai de la machine	
<b>Maintenance</b>	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.	

N° de la fonction de sécurité : 4	Prévenir la survitesse	N° de risque concerné : I03/P01
<b>Mesures de sécurité</b>	Détection de survitesse et système de freinage.	
<b>Description</b>	Systèmes de coupure s'enclenchant en cas de dépassement des seuils de vitesse prédéfinis, indépendamment du système de contrôle commande. NB : Le système de freinage est constitué d'un frein aérodynamique principal (mise en drapeau des pales) et d'un frein mécanique auxiliaire.	
<b>Indépendance</b>	Oui	
<b>Temps de réponse</b>	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.	
<b>Efficacité</b>	100 %	
<b>Tests</b>	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.	
<b>Maintenance</b>	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.	

N° de la fonction de sécurité : 5	Prévenir des courts-circuits	N° de risque concerné : I01/I02/I05/I06
<b>Mesures de sécurité</b>	Coupure de la transmission électrique en cas de fonctionnement anormal d'un composant électrique.	
<b>Description</b>	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.	
<b>Indépendance</b>	Oui	
<b>Temps de réponse</b>	De l'ordre de la seconde	
<b>Efficacité</b>	100 %	
<b>Tests</b>	/	
<b>Maintenance</b>	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.	

N° de la fonction de sécurité : 6	Prévenir les effets de la foudre	N° de risque concerné : I01/I02/I05/I06
<b>Mesures de sécurité</b>	Mise à la terre et protection des éléments de l'aérogénérateur.	
<b>Description</b>	Respect de la norme IEC 61 400 – 24 (juin 2010) Dispositif de capture + mise à la terre Parasurtenseurs sur les circuits électriques	
<b>Indépendance</b>	Oui	
<b>Temps de réponse</b>	Immédiat dispositif passif	
<b>Efficacité</b>	100 %	
<b>Tests</b>	/	
<b>Maintenance</b>	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.	

N° de la fonction de sécurité : 7	Protection et intervention incendie	N° de risque concerné : 105/106
<b>Mesures de sécurité</b>	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	
<b>Description</b>	DéTECTEURS de fumée qui lors de leur déclenchement conduisent à la mise en arrêt de la machine et au découplage du réseau électrique. De manière concomitante, un message d'alarme est envoyé au centre de télésurveillance. L'éolienne est également équipée d'extincteurs qui peuvent être utilisés par les personnels d'intervention (cas d'un incendie se produisant en période de maintenance)	
<b>Indépendance</b>	Oui	
<b>Temps de réponse</b>	< 1 minute pour les détecteurs, l'alarme et le lancement du système d'extinction automatique L'exploitant ou l'opérateur désigné sera en mesure de transmettre l'alerte aux services d'urgence compétents dans un délai de 15 minutes suivant l'entrée en fonctionnement anormal de l'aérogénérateur. Le temps d'intervention des services de secours est quant à lui dépendant de la zone géographique.	
<b>Efficacité</b>	100 %	
<b>Tests</b>	/	
<b>Maintenance</b>	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.	

N° de la fonction de sécurité : 9	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation)	N° de risque concerné : C02/C03/P03/E01/E02/E03/E05/E07
<b>Mesures de sécurité</b>	Contrôles réguliers des fondations et des différentes pièces d'assemblages (ex : brides ; joints, etc.) Procédures qualités Attestation du contrôle technique	
<b>Description</b>	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.	
<b>Indépendance</b>	Oui	
<b>Temps de réponse</b>	NA	
<b>Efficacité</b>	100 %	
<b>Tests</b>	NA	
<b>Maintenance</b>	Les couples de serrage (brides sur les diverses sections de la tour, bride de raccordement des pales au moyeu, bride de raccordement du moyeu à l'arbre lent, éléments du châssis, éléments du pitch system, couronne du Yam Gear, boulons de fixation de la nacelle...) sont vérifiés au bout de 3 mois de fonctionnement puis tous les 3 ans, conformément à l'article 18 de l'arrêté du 26 août 2011.	

N° de la fonction de sécurité : 8	Prévention et rétention des fuites	N° de risque concerné : 107/F01/F02
<b>Mesures de sécurité</b>	Nacelle et hub faisant office de bac de rétention. DéTECTEURS de niveau d'huiles Procédure d'urgence Kit antipollution	
<b>Description</b>	Nombreux détecteurs de niveau d'huile permettant de détecter les éventuelles fuites d'huile et d'arrêter l'éolienne en cas d'urgence. Les opérations de 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.	
<b>Indépendance</b>	Oui	
<b>Temps de réponse</b>	Dépendant du débit de fuite	
<b>Efficacité</b>	100 %	
<b>Tests</b>	N/A	
<b>Maintenance</b>	Inspection des niveaux d'huile plusieurs fois par an	

N° de la fonction de sécurité : 10	Prévenir les erreurs de maintenance	N° de risque concerné : C01/E07
<b>Mesures de sécurité</b>	Procédure maintenance	
<b>Description</b>	Préconisations du manuel de maintenance Formation du personnel	
<b>Indépendance</b>	Oui	
<b>Temps de réponse</b>	NA	
<b>Efficacité</b>	100 %	
<b>Tests</b>	Vérification du manuel de maintenance avant démarrage de l'exploitation. Formation systématique des techniciens.	
<b>Maintenance</b>	NA	

N° de la fonction de sécurité : 11	Prévenir les risques de dégradation de l'éolienne en cas de vent fort	N° de risque concerné : E05
<b>Mesures de sécurité</b>	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.	
<b>Description</b>	L'éolienne est mise à l'arrêt si la vitesse de vent mesurée dépasse la vitesse maximale pour laquelle elle a été conçue. Surveillance en continue à l'aide de 2 capteurs.	
<b>Indépendance</b>	Oui	
<b>Temps de réponse</b>	< 1 min	
<b>Efficacité</b>	100 %. NB : En fonction de l'intensité attendue des vents, d'autres dispositifs de diminution de la prise au vent de l'éolienne peuvent être envisagés. Le niveau attendu de vent sur le secteur (voir % VII.3.2) permet de ne pas envisager d'autre dispositif de diminution de prise au vent de l'éolienne.	
<b>Tests</b>	Test des capteurs au moment de la mise en service et à chaque maintenance	
<b>Maintenance</b>	Vérification du frein hydraulique, système de détection de survitesse, du système d'alarme, des motoréducteurs, du graissage, etc..	

N° de la fonction de sécurité : 12	Prévenir la dégradation de l'état des équipements	N° de risque concerné : E06/P02
<b>Mesures de sécurité</b>	Inspection + actions de sécurité associées	
<b>Description</b>	NA	
<b>Indépendance</b>	Oui	
<b>Temps de réponse</b>	NA	
<b>Efficacité</b>	100 %	
<b>Tests</b>	Dégradation de l'état des équipements surveillée à chaque visite machine.	
<b>Maintenance</b>	Lors de chaque visite sur site	

N° de la fonction de sécurité : 13	Actions de prévention mises en œuvre dans le cadre du plan de prévention	N° de risque concerné : E04
<b>Mesures de sécurité</b>	Elaboration du plan de prévention, mise en œuvre des mesures définies	
<b>Description</b>	Plan de prévention fait annuellement incluant une visite commune pour identifier les risques sur site ainsi que les mesures de prévention et d'urgence.	
<b>Indépendance</b>	Oui	
<b>Temps de réponse</b>	NA	
<b>Efficacité</b>	100 %	
<b>Tests</b>	Visite Sécurité 2/an par le constructeur sur site et vérification de l'application des consignes du plan de prévention.	
<b>Maintenance</b>	Annuelle. - ou à chaque opération non-routinière (intervention d'une grue externe par exemple).	

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 PRELIMINAIRE DES RISQUES

Dans le cadre de l'analyse préliminaire des risques génériques des parcs éoliens, quatre catégories de scénarios sont a priori exclues de l'étude détaillée, en raison de leur faible intensité :

Nom du scénario exclu	Justification
<b>Incendie de l'éolienne (effets thermiques)</b>	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.
<b>Incendie de la structure de livraison ou du transformateur</b>	En cas d'incendie de ces éléments, les effets ressentis à l'extérieur des bâtiments (poste de livraison) seront mineurs ou inexistant du fait notamment de la structure en béton. De plus, la réglementation encadre déjà largement la sécurité de ces installations (l'arrêté du 26 août 2011 et impose le respect des normes NFC 15-100, NFC 13-100 et NFC 13-200)
<b>Infiltration d'huile dans le sol</b>	En cas d'infiltration d'huiles dans le sol, les volumes de substances libérées dans le sol restent mineurs.  Ce scénario peut ne pas être détaillé dans le chapitre de l'étude détaillée des risques sauf en cas d'implantation dans un périmètre de protection rapprochée d'une nappe phréatique.

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

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

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

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

# 8 ETUDES DETAILLEES DES RISQUES

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

## 8.1. RAPPEL DES DEFINITIONS

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

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

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

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

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

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

### 8.1.1. Cinétique

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

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

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

### 8.1.2. Intensité

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

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

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

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

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

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

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

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

Tableau 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.

### 8.1.3. Gravité

Par analogie aux niveaux de gravité retenus dans l'annexe III de l'arrêté du 29 septembre 2005, les seuils de gravité sont déterminés en fonction du nombre équivalent de personnes permanentes dans chacune des zones d'effet définies dans le paragraphe précédent.

Gravité \ Intensité	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)

La détermination du nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes) présentes dans chacune des zones d'effet est effectuée à l'aide de la méthode présentée sur la fiche n°1 de la circulaire du 10 mai 2010 relative aux règles méthodologiques applicables aux études de dangers. Cette fiche permet de compter aussi simplement que possible, selon des règles forfaitaires, le nombre de personnes exposées. **Dans le cas de présence d'enjeux humains différents dans la zone d'effet impliquant un nombre de personnes exposées différents, l'enjeu humain présentant le nombre de personnes exposées le plus élevé est pris en compte pour caractériser la gravité.**

### 8.1.4. Probabilité

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

Niveaux	Echelle qualitative	Echelle quantitative (probabilité annuelle)
<b>A</b>	<b>Courant</b> Se produit sur le site considéré et/ou peut se produire à plusieurs reprises pendant la durée de vie des installations, malgré d'éventuelles mesures correctives.	$P > 10^{-2}$
<b>B</b>	<b>Probable</b> S'est produit et/ou peut se produire pendant la durée de vie des installations.	$10^{-3} < P \leq 10^{-2}$
<b>C</b>	<b>Improbable</b> Événement similaire déjà rencontré dans le secteur d'activité ou dans ce type d'organisation au niveau mondial, sans que les éventuelles corrections intervenues depuis apportent une garantie de réduction significative de sa probabilité.	$10^{-4} < P \leq 10^{-3}$

<b>D</b>	<b>Rare</b> S'est déjà produit mais a fait l'objet de mesures correctives réduisant significativement la probabilité.	$10^{-5} < P \leq 10^{-4}$
<b>E</b>	<b>Extrêmement rare</b> Possible mais non rencontré au niveau mondial. N'est pas impossible au vu des connaissances actuelles.	$\leq 10^{-5}$

Tableau 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.

### 8.1.5. Matrice de criticité

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

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

- **En vert** : une zone pour laquelle les risques peuvent être qualifiés de très faibles et donc acceptables. L'évènement est jugé sans effet majeur et ne nécessite pas de mesure particulière ;
- **En jaune** : une zone de risques faibles, 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 importants, qualifiés de non acceptables pour laquelle des modifications substantielles doivent être définies afin de réduire le risque à un niveau acceptable par la démonstration de la maîtrise de ce risque.

CONSEQUENCES \ GRAVITÉ	Classe de Probabilité				
	E	D	C	B	A
Désastreux	Jaune	Rouge	Rouge	Rouge	Rouge
Catastrophique	Jaune	Jaune	Rouge	Rouge	Rouge
Important	Jaune	Jaune	Jaune	Rouge	Rouge
Sérieux	Vert	Vert	Jaune	Jaune	Rouge
Modéré	Vert	Vert	Vert	Vert	Jaune

Légende de la matrice :

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

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

## 8.2. DETERMINATION DES PARAMETRES POUR L'ETUDE DETAILLEE DES RISQUES

### 8.2.1. Effondrement de l'éolienne

#### Zone d'effet

La zone d'effet de l'effondrement d'une éolienne correspond à une surface circulaire de rayon égal à la hauteur totale de l'éolienne en bout de pale, soit 200 m dans le cas des éoliennes du parc éolien des Trois Cantons.

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 le plus défavorable (cf. 3-4) du parc éolien des Trois Cantons. R est la longueur de la pale (R= 55 m), H la hauteur du mat (H= 145 m), L la largeur du mat (L= 11 m) et LB la largeur de la base de la pale (LB= 5 m).

Effondrement de l'éolienne (dans un rayon inférieur ou égal à la hauteur totale de l'éolienne en bout de pale ; R=200m)			
Zone d'impact en m <sup>2</sup>	Zone d'effet du phénomène étudié en m <sup>2</sup>	Degré d'exposition du phénomène étudié en %	Intensité
$Z_i = (H \times L) + (3 \times R \times LB/2)$	$Z_E = \pi \times (H+R)^2$	$d = (Z_i/Z_E) \times 100$	
2008	125664	1,60 % (> 1% et <5%)	Exposition forte

Tableau 43 : Evaluation de l'intensité dans le scénario de l'effondrement de l'éolienne

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 une personne exposée → « Sérieux » ;
- Pas de zone de létalité en dehors de l'établissement → « Modéré ».

<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.

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	12,23	0,12	0,37	0,04	0,16	Sérieuse
E2	12,6	0,13	0	0	0,13	Sérieuse
E3	12,28	0,12	0,32	0,03	0,15	Sérieuse
E4	12,33	0,12	0,27	0,03	0,15	Sérieuse
E5	12,6	0,13	0	0	0,13	Sérieuse
E6	12,45	0,12	0,15	0,02	0,14	Sérieuse

Tableau 44 : Evaluation de la gravité dans le scénario de l'effondrement de l'éolienne

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

#### Probabilité

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

Source	Fréquence	Justification
Guide for risk based zoning of wind turbine	$4,5 \times 10^{-4}$	Retour d'expérience
Specification of minimum distances	$1,8 \times 10^{-4}$ (effondrement de la nacelle et de la tour)	Retour d'expérience

Tableau 45 : 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  $4,47 \times 10^{-4}$  par éolienne et par an.

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

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

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

- respect intégral des dispositions de la norme IEC 61 400-1 ;
- contrôles réguliers des fondations et des différentes pièces d'assemblages ;
- système de détection des survitesses et un système redondant de freinage ;

- système de détection des vents forts et un système redondant de freinage et de mise en sécurité des installations – un système adapté est installé en cas de risque cyclonique.

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

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

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

### Acceptabilité

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

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

Tableau 46 : Détermination de l'acceptabilité du risque du scénario « effondrement de l'éolienne »

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

## 8.2.2. Chute de glace

### Considérations générales

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

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

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

### Zone d'effet

Le risque de chute de glace est cantonné à la zone de survol des pales, soit un disque de rayon égal à un demi-diamètre de rotor autour du mat de l'éolienne. Pour le parc éolien des Trois Cantons, la zone d'effet a donc un rayon de 65,5 mètres. Cependant, il convient de noter que 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 le plus défavorable (cf. 3-4) du parc éolien des Trois Cantons.  $Z_I$  est la zone d'impact,  $Z_E$  est la zone d'effet,  $R$  est la longueur de pale maximale ( $R=65,5$  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 $R =$ zone de survol = 65,5m)			
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
$Z_I = SG$	$Z_E = \pi \times R^2$	$d = (Z_I/Z_E) \times 100$	
1	13478	0,01% (<1 %)	Exposition modérée

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

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

### Gravité

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

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



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

Chute de glace						
Eolienne	Terrains non aménagés et très peu fréquentés 1 personne / 100 ha		Terrains aménagés mais peu fréquentés 1 personne / 10 ha		Nombre total de personnes exposées	Gravité
	Surface exposée en ha	Nombre de personnes exposées	Surface exposée en ha	Nombre de personnes exposées		
E1	1,28	0,013	0,07	0,007	0,020	Modérée
E2	1,35	0,014	0	0	0,014	Modérée
E3	1,35	0,014	0	0	0,014	Modérée
E4	1,35	0,014	0	0	0,014	Modérée
E5	1,35	0,014	0	0	0,014	Modérée
E6	1,35	0,014	0	0	0,014	Modérée

Tableau 48 : Evaluation de la gravité dans le scénario « chute de glace »

### Probabilité

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

### Acceptabilité

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

Chute de glace			
Eolienne	Gravité	Probabilité	Niveau de risque
E1	Modérée	A	Acceptable
E2	Modérée	A	Acceptable
E3	Modérée	A	Acceptable
E4	Modérée	A	Acceptable
E5	Modérée	A	Acceptable
E6	Modérée	A	Acceptable

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

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

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

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

### Zone d'effet

La chute d'éléments comprend la chute de tous les équipements situés en hauteur : trappes, boulons, morceaux de pales ou pales entières. Le cas majorant est ici le cas de la chute d'une 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 ( $R = 65,5$  m).

### Intensité

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

Le tableau ci-dessous permet d'évaluer l'intensité du phénomène de chute d'élément de l'éolienne dans le cas le plus défavorable (cf. 3-4) du parc éolien des Trois Cantons.  $d$  est le degré d'exposition,  $Z_I$  la zone d'impact,  $Z_E$  la zone d'effet,  $R$  la longueur de pale maximale ( $R = 65,5$  m) et  $LB$  la largeur de la base de la pale ( $LB = 5$  m).

Chute d'éléments de l'éolienne (dans un rayon inférieur ou égal à $R =$ zone de survol = 65m)			
Zone d'impact en $m^2$	Zone d'effet du phénomène étudié en $m^2$	Degré d'exposition du phénomène étudié en %	Intensité
$Z_I = R \times LB/2$	$Z_E = \pi \times R^2$	$d = (Z_I/Z_E) \times 100$	
164	13478	1,21% (>1% et <5%)	Exposition forte

Tableau 50 : Evaluation de l'intensité dans le scénario de chute de glace

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

### Gravité

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

- Plus de 100 personnes exposées → « Désastreux » ;
- Entre 10 et 100 personnes exposées → « Catastrophique » ;
- Entre 1 et 10 personnes exposées → « Important » ;
- Au plus une 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'élément 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	1,28	0,013	0,07	0,007	0,020	Sérieuse
E2	1,35	0,014	0	0	0,014	Sérieuse
E3	1,35	0,014	0	0	0,014	Sérieuse
E4	1,35	0,014	0	0	0,014	Sérieuse
E5	1,35	0,014	0	0	0,014	Sérieuse
E6	1,35	0,014	0	0	0,014	Sérieuse

Tableau 51 : 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 des Trois Cantons, la gravité associée à la probabilité et le niveau de risque (acceptable/inacceptable) :

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

Tableau 52 : Détermination de l'acceptabilité du risque du scénario « chute d'éléments de l'éolienne »

⇒ Ainsi, pour le parc éolien des Trois Cantons, le phénomène de chute d'éléments de l'éolienne constitue un risque acceptable pour les personnes.

## 8.2.4. Projection de pales et de fragments de pales

### Zone d'effet

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

L'accidentologie éolienne mondiale manque de fiabilité car la source la plus importante (en termes statistiques) est une base de données tenue par une association écossaise majoritairement opposée à l'énergie éolienne. Pour autant, des études de risques déjà réalisées dans le monde ont utilisé une distance de 500 mètres, en particulier les études présentées aux points 5 et 6 au chapitre 10.5 (bibliographie).

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

### Intensité

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

Le tableau ci-dessous permet d'évaluer l'intensité du phénomène de projection d'élément de l'éolienne dans le cas le plus défavorable (cf. 3-4) du parc éolien des Trois Cantons.  $d$  est le degré d'exposition,  $Z_I$  la zone d'impact,  $Z_E$  la zone d'effet,  $R$  la longueur maximale de pale ( $R=65,5$  m),  $LB$  la largeur de la base de la pale ( $LB=5$  m) et  $R_E$  la zone de 500 m autour de l'éolienne.

Projection de pale ou de fragment de pale (dans un rayon de 500 m autour de chaque éolienne ; $R=500$ m)			
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
$Z=R \times LB/2$	$Z_E = \pi \times R_E^2$	$d = (Z_I/Z_E) \times 100$	
164	785 398	0,021% (<1%)	Exposition modérée

Tableau 53 : Evaluation de l'intensité dans le scénario « projection de pale ou de fragment de pale »

### Gravité

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

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

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

Projection de pale ou de fragment de pale										
Eolienne	Terrains non aménagés et très peu fréquentés 1 personne / 100 ha		Terrains aménagés mais peu fréquentés 1 personne / 10 ha		Autoroute 64 personnes / km		Aire de service		Nombre total de personnes exposées	Gravité
	Surface exposée en ha	Nombre de personnes exposées	Surface exposée en ha	Nombre de personnes exposées	Surface exposée en ha	Nombre de personnes exposées	Surface exposée en ha	Nombre de personnes exposées		
E1	77,3	0,77	1,3	0,13	0	0	0	0	0,90	Modérée
E2	75,5	0,76	1,5	0,15	1,5	31,4	0	0	32,31	Important
E3	77,3	0,77	1,2	0,12	0	0	0	0	0,89	Modérée
E4	77,3	0,77	1,2	0,12	0	0	0	0	0,89	Modérée
E5	77,8	0,78	0,7	0,07	0	0	0	0	0,85	Modérée
E6	71,2	0,71	2,6	0,26	1,9	41,2	2,8	106	148,17	Catastrophique

Tableau 54 : Evaluation de la gravité dans le scénario « projection de pale ou de fragment de pale »

### Probabilité

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

Source	Fréquence	Justification
Site specific hazard assesment for a wind farm project	$1 \times 10^{-6}$	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 55 : Fréquence de rupture de tout ou partie de pale dans la littérature (source : INERIS/SER/FEE, 2012)

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

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

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

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

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

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

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

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

### Acceptabilité

Le tableau ci-dessous rappelle, pour chaque aérogénérateur du parc éolien des Trois Cantons, la gravité associée à la probabilité et le niveau de risque (acceptable/inacceptable).

Projection de pale ou de fragment de pale			
Eolienne	Gravité	Probabilité	Niveau de risque
E1	Modérée	D	Acceptable
E2	Important	D	Acceptable
E3	Modérée	D	Acceptable
E4	Modérée	D	Acceptable
E5	Modérée	D	Acceptable
E6	Catastrophique	D	Acceptable

Tableau 56 : Détermination de l'acceptabilité du risque du scénario « projection de pale ou de fragment de pale »

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

## 8.2.5. Projection de glace

### Zone d'effet

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

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

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

soit **398 m dans le cas le plus défavorable**

Le cas le plus défavorable a été calculé en maximisant la longueur de pale, tout en conservant une hauteur maximale de l'éolienne de 200m en bout de pale. La hauteur au moyeu est alors de 134,5m et la longueur de pale est de 65,5m (cf. 3-4).

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 morceaux de glace dans le cas le plus défavorable (cf. 3-4) du parc éolien des Trois Cantons. d est le degré d'exposition, Z<sub>I</sub> la zone d'impact, Z<sub>E</sub> la zone d'effet, R la longueur de pale (R= 65,5 m), H la hauteur au moyeu (H= 134,5 m), et S<sub>G</sub> 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 ; R=398m			
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= SG	$Z_E = \pi \times (1,5 \times (H+2 \times R))^2$	$d = (Z_I/Z_E) \times 100$	
1	498266	0,0002% (<1%)	Exposition modérée

Tableau 57 : Evaluation de l'intensité dans le scénario « projection de glace »

### Gravité

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

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

Il a été observé dans la littérature disponible qu'en cas de projection, les morceaux de glace se cassent en petits fragments dès qu'ils se détachent de la pale. La possibilité de l'impact de glace sur des personnes abritées par un bâtiment ou un véhicule est donc négligeable et ces personnes ne doivent pas être comptabilisées pour le calcul de la gravité. Les personnes comprises sur l'autoroute et les routes de l'aire de service ne sont donc pas comptabilisées dans ce scénario. Pour rappel, aucune place de parking de l'aire de service n'est incluse dans le périmètre de projection de glace. En revanche, les superficies concernées sont incluses dans les terrains aménagés et peu fréquentés.

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

Projection de glace						
Eolienne	Terrains non aménagés et très peu fréquentés 1 personne / 100 ha		Terrains aménagés mais peu fréquentés 1 personne / 10 ha		Nombre total de personnes exposées	Gravité
	Surface exposée en ha	Nombre de personnes exposées	Surface exposée en ha	Nombre de personnes exposées		
E1	48,8	0,49	1	0,10	0,59	Modérée
E2	48,5	0,48	1,3	0,13	0,62	Modérée
E3	49,0	0,49	0,9	0,09	0,57	Modérée
E4	48,9	0,49	0,9	0,09	0,58	Modérée
E5	49,6	0,50	0,2	0,02	0,52	Modérée
E6	47,4	0,47	2,4	0,24	0,71	Modérée

Tableau 58 : Evaluation de la gravité dans le scénario « projection de morceaux de glace »

### Probabilité

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

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

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

### Acceptabilité

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

La présence de système d'arrêt en cas de détection ou déduction de glace est présent sur chaque aérogénérateur.

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

Projection de morceaux de glace			
Eolienne	Gravité	Probabilité	Niveau de risque
E1	Modérée	B	Acceptable
E2	Modérée	B	Acceptable
E3	Modérée	B	Acceptable
E4	Modérée	B	Acceptable
E5	Modérée	B	Acceptable
E6	Modérée	B	Acceptable

Tableau 59 : Détermination de l'acceptabilité du risque du scénario « projection de morceaux de glace »

⇒ Ainsi, pour le parc éolien des Trois Cantons, le phénomène de projection de glace constitue un risque acceptable pour les personnes.

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

### 8.3.1. Tableaux de synthèse des scénarios étudiés

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

Scenario	Zone d'effet	Cinétique	Intensité	Probabilité	Gravité
<b>Effondrement de l'éolienne</b>	Disque dont le rayon correspond à une hauteur totale de la machine en bout de pale (R=200m)	Rapide	Exposition forte	D	<u>Sérieuse</u> E1 à E6
<b>Chute d'élément de l'éolienne</b>	Zone de survol (R=65,5m)	Rapide	Exposition forte	C	<u>Sérieuse</u> E1 à E6
<b>Chute de glace</b>	Zone de survol (R=65,5m)	Rapide	Exposition modérée	A	<u>Modérée</u> E1 à E6
<b>Projection de pale</b>	500 m autour de l'éolienne	Rapide	Exposition modérée	D	<u>Modérée</u> E1, E3, E4, E5 <u>Important</u> E2 <u>Catastrophique</u> E6
<b>Projection de glace</b>	1,5 x (H+2R) autour de l'éolienne (R=398m)	Rapide	Exposition modérée	B	<u>Modérée</u> E1 à E6

Tableau 60 : Synthèse des scénarios étudiés pour l'ensemble des éoliennes du parc

### 8.3.2. Synthèse de l'acceptabilité des risques

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

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

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

- Chute d'éléments des éoliennes E1 à E6 (scénario C<sub>e</sub>1 à C<sub>e</sub>6) ;
- Chute de glace des éoliennes E1 à E6 (scénario C<sub>g</sub>1 à C<sub>g</sub>6) ;
- Effondrement des éoliennes E1 à E6 (scénario E<sub>r</sub>1 à E<sub>r</sub>6) ;
- Projection de glace des éoliennes E1 à E6 (scénario P<sub>g</sub>1 à P<sub>g</sub>6) ;
- Projection de pale des éoliennes E1 à E6 (scénario P<sub>p</sub>1 à P<sub>p</sub>6).

Conséquence	Classe de Probabilité				
	E	D	C	B	A
Désastreux					
Catastrophique		P <sub>p</sub> 6			
Important		P <sub>p</sub> 2			
Sérieux		E <sub>r</sub> 1 à E <sub>r</sub> 6	C <sub>e</sub> 1 à C <sub>e</sub> 6		
Modéré		P <sub>p</sub> 1, P <sub>p</sub> 3, P <sub>p</sub> 4, P <sub>p</sub> 5		P <sub>g</sub> 1 à P <sub>g</sub> 6	C <sub>g</sub> 1 à C <sub>g</sub> 6

Légende de la matrice :

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

Tableau 61 : Matrice de criticité de l'installation (source : INERIS/SER/FEE, 2012)

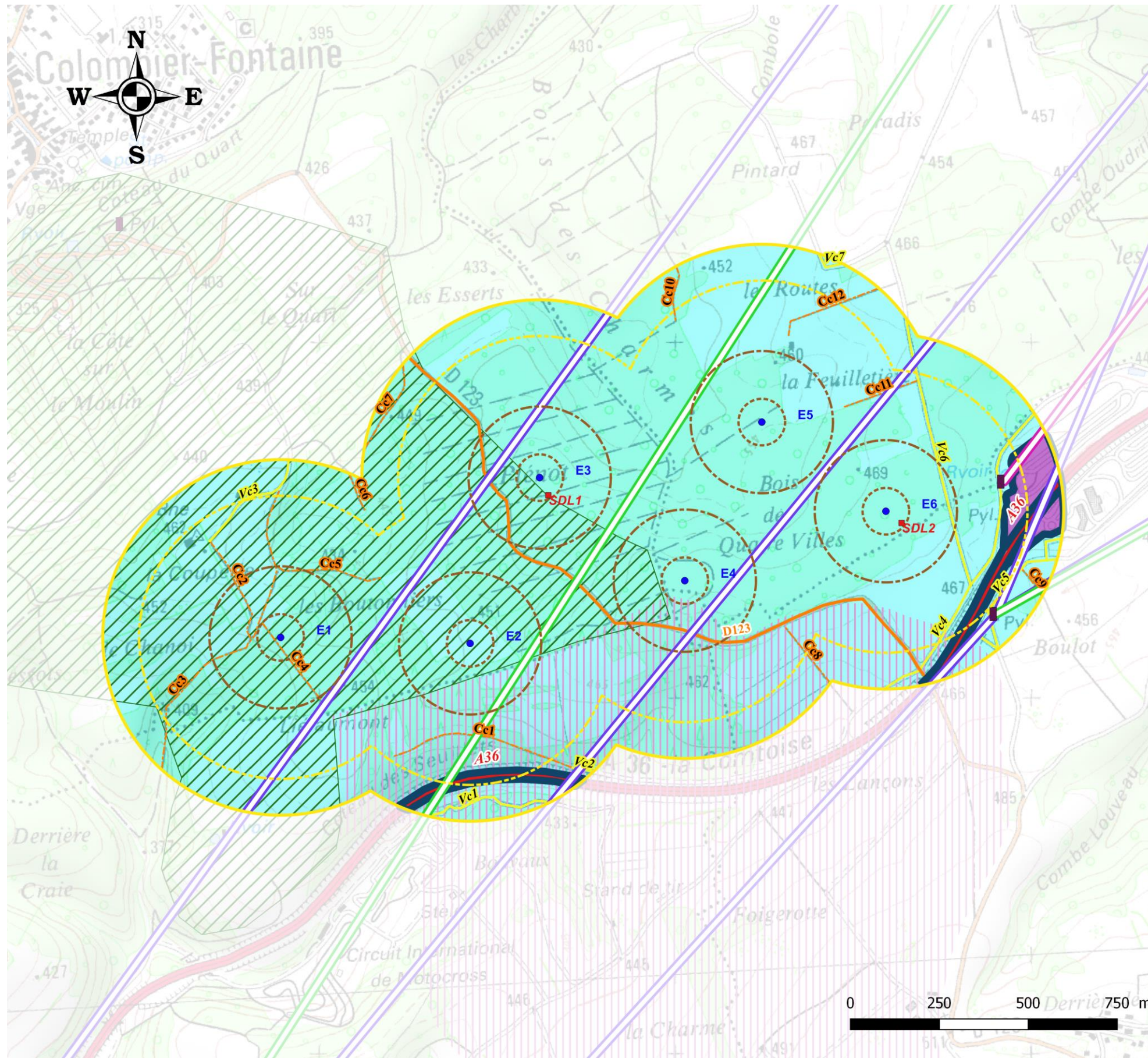
Il apparaît au regard de la matrice ainsi complétée que :

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

### 8.3.3. Cartographie des risques

Une carte de synthèse des risques est présentée ci-contre. Elle fait apparaître, pour les scénarios les plus critiques :

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



## Synthèse des risques

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

Source: SCAN25 ©IGN FRANCE  
Copie et reproduction interdites

### Légende

Projet du parc éolien des Trois Cantons

- Eolienne
- Structure de livraison

Etablissement recevant du public

- Aire de service

Faisceaux hertziens

- Pylône
- Bouygues Telecom
- SFR
- IFW

Captage AEP

- Périmètre de protection rapprochée
- Périmètre de protection éloignée

Infrastructures routières

- Autoroute
- Départementale
- Voie communale
- Chemin rural

Scénarios

- Zone de surplomb par les pales (65,5 m)
- Zone d'effondrement (200 m)
- Zone de projection de glace (398 m)
- Zone de projection de pale (500 m)

Personnes exposées

- Moins de 1 personne
- Entre 10 et 100 personnes

Intensité d'exposition

- Modérée
- Forte

Carte 19 : Synthèse des risques sur le périmètre de dangers

## 9 CONCLUSIONS

**Les principaux accidents majeurs identifiés** du parc éolien des Trois Cantons 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 la projection de glace.

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

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

On rappellera qu'à 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.

**Quels que soient les scénarios étudiés, les risques encourus sur les différents enjeux humains sont qualifiés de faible à très faible et sont tous acceptables selon la matrice de criticité de l'Ineris pour le parc éolien des Trois Cantons.**

Dans la zone de surplomb des éoliennes (R = 65,5 m), là où peut s'observer la chute de glace et d'éléments, l'enjeu humain est compris entre 0,014 et 0,020 personne, ce qui représente une gravité modérée (chute de glace) et sérieuse (chute d'éléments). Seuls sont présents, des chemins communaux, des prairies et des boisements.

Dans la zone d'effondrement des machines (dite également zone de ruine, R = 200 m), sont présents une départementale, des voies communales, des chemins communaux, des prairies et des boisements. En l'absence d'infrastructure structurante, l'enjeu humain est nettement inférieur à une personne. Ainsi, l'enjeu humain est évalué entre 0,13 et 0,16 personne pour toutes les éoliennes (ce qui représente une gravité sérieuse).

Dans la zone de projection de glace (R = 398 m), l'enjeu humain est compris entre 0,52 et 0,71 personne pour toutes les éoliennes (ce qui représente une gravité modérée). Sont également présents une départementale, des voies communales, des chemins communaux, des prairies et des boisements.

Enfin, sur le reste de la zone qui correspond à la zone de projection de pale (R = 500 m), l'enjeu humain reste modéré autour des éoliennes E1, E3, E4, et E5 (moins de 1 personne), puisqu'il s'agit, pour l'essentiel, de pâtures et de boisements mais également une départementale, des voies communales et des chemins communaux. Sont présents également une aire de service et une autoroute à moins de 500 m des éoliennes E2 et E6, pour lesquelles le niveau de gravité est plus élevé mais dont le risque demeure acceptable.

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

- Des barrières de prévention avec :
  - ✓ Des balisages des éoliennes ;
  - ✓ Des détecteurs de feux ;
  - ✓ Des détecteurs de survitesse ;
  - ✓ Un système antifoudre ;
  - ✓ Des protections contre la glace ;
  - ✓ Des protections contre l'échauffement des pièces mécaniques ;
  - ✓ Des protections contre les courts-circuits ;
  - ✓ Des protections contre la pollution environnementale.
- Une maintenance préventive et vérification :
  - ✓ Planning de maintenance préventive ;
  - ✓ Maintenance des installations électriques ;
  - ✓ Vérifications électrique, incendie, annuelle par un organisme agréé.
- Un personnel formé ;
- Des machines certifiées.

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

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

**L'étude conclut donc à l'acceptabilité du risque engendré par le projet éolien des Trois Cantons.**





# 10 ANNEXES

## 10.1. SCENARIOS GENERIQUES ISSUS DE L'ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES

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'accidents pouvant potentiellement se produire sur les éoliennes et pourra par conséquent être repris à l'identique dans les études de dangers.

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

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

#### Scénario G01

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

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

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

#### Scénario G02

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

### Scénario F01

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

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

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

Deux événements peuvent être aggravants :

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

### Scénario F02

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

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

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

Ce scénario est à adapter en fonction des produits utilisés.

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

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

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

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

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

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

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

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

L'emballlement de l'éolienne constitue un facteur aggravant en cas de projection de tout ou partie d'une pale. Cet emballlement peut notamment être provoqué par la perte d'utilité décrite au 2.2 de la présente partie C (scénarios incendies).

### Scénario P01

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

### Scénario P02

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

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

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

### Scénarios P03

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

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

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

- Erreur de dimensionnement de la fondation : Contrôle qualité, respect des spécifications techniques du constructeur de l'éolienne, étude de sol, contrôle technique de construction ;

Non-respect des instructions de montage et/ou de maintenance : Formation du personnel intervenant

- Causes externes dues à l'environnement : séisme, ...

## 10.2. PROBABILITE D'ATTEINTE ET RISQUE INDIVIDUEL

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

## 10.3. GLOSSAIRE

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

**Intensité des effets d'un phénomène dangereux** : Mesure physique de l'intensité du phénomène (thermique, toxique, surpression, projections). Parfois appelée gravité potentielle du phénomène dangereux (mais cette expression est source d'erreur). Les échelles d'évaluation de l'intensité se réfèrent à des seuils d'effets moyens conventionnels sur des types d'éléments vulnérables [ou enjeux] tels que « homme », « structures ». Elles sont

définies, pour les installations classées, dans l'arrêté du 29/09/2005. L'intensité ne tient pas compte de l'existence ou non d'enjeux exposés. Elle est cartographiée sous la forme de zones d'effets pour les différents seuils.

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

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

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

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

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

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

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

Attention aux confusions possibles :

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

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

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

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

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

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

**Scénario d'accident (majeur) :** Enchaînement d'événements conduisant d'un événement initiateur à un accident (majeur), dont la séquence et les liens logiques découlent de l'analyse de risque. En général, plusieurs

scénarios peuvent mener à un même phénomène dangereux pouvant conduire à un accident (majeur) : on dénombre autant de scénarios qu'il existe de combinaisons possibles d'événements y aboutissant. Les scénarios d'accident obtenus dépendent du choix des méthodes d'analyse de risque utilisées et des éléments disponibles.

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

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

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

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

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

**ICPE :** Installation Classée pour la Protection de l'Environnement

**SER :** Syndicat des Energies Renouvelables

**FEE :** France Energie Eolienne (branche éolienne du SER)

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

**EDD :** Etude de dangers

**APR :** Analyse Préliminaire des Risques

**ERP :** Etablissement Recevant du Public

Braam H. (2005) – *Handboek Risicozonering Winturbines – 2<sup>e</sup> versie. S1.*

Chambre de l'Agriculture de la Franche-Comté (2011) – *Assolement et Stratégie*

DDT du Doubs (2012) – *Dossier Départemental des Risques Majeurs*

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

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

Région Champagne-Ardenne (2012) – *Schéma Régional Eolien ;*

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

Sites internet consultés :

- [www.argiles.fr](http://www.argiles.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.alstom.com](http://www.alstom.com) ;
- [www.statistiques-locales.insee.fr](http://www.statistiques-locales.insee.fr)

## 10.4. BIBLIOGRAPHIE

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

## 10.5. TABLE DES ILLUSTRATIONS

### 10.5.1. Liste des figures

Figure 1 : Illustration des températures de 2000 à 2009 – Station de Maïche (Source : Météo France, 2018) ..16	16
Figure 2 : Illustration des précipitations de 2000 à 2009 – Station de Maïche (Source : Météo France, 2018) ..16	16
Figure 3 : Rose des vents établie avec un an de mesures sur site (source : OPALE EN, 2018).....17	17
Figure 4 : Schéma simplifié d'un aérogénérateur (à gauche) - Illustration des emprises au sol d'une éolienne (à droite) (Les dimensions sont données à titre d'illustration pour une éolienne d'environ 150m de hauteur totale) .....31	31
Figure 5 : Principe du balisage du parc éolien des Trois Cantons.....34	34
Figure 6 : Illustration du système en anneau garantissant une communication continue des éoliennes – .....37	37
Figure 7 : Raccordement électrique des installations (source : INERIS/SER/FEE, 2012) .....38	38
Figure 8 : Vue en coupe des tranchées selon le nombre de câbles passés (source : ATER Environnement, 2014) .....39	39
Figure 9 : Répartition des événements accidentels et de leurs causes premières sur le parc éolien français entre 2000 et 2011 (source : SER/FEE/INERIS, 2011).....47	47
Figure 10 : Evolution du nombre d'incidents annuels en France et nombre d'éoliennes installées (source : INERIS/SER/FEE, 2012).....50	50

### 10.5.2. Liste des tableaux

Tableau 1 : Nomenclature ICPE pour l'éolien terrestre (source : décret n°2011-984 du 23 août 2011) _____ 6	6
Tableau 2 : Inventaire des éoliennes possibles (non exhaustif) pour le projet (source : Opale EN, 2018) _____ 6	6
Tableau 3 : Référence administrative de la société Trois Cantons EnR (source : Opale EN, 2018) _____ 9	9
Tableau 4 : Références du signataire pouvant engager la société (source : Opale EN, 2018) _____ 9	9
Tableau 5 : Identification des parcelles cadastrales (source : Opale EN, 2018) _____ 9	9
Tableau 6 : Quelques indicateurs de la population et leur logement (source : Insee, 2018) _____ 11	11
Tableau 7 : Liste des ICPE en activité présentes sur les communes intégrant le périmètre d'étude de dangers (source : Basias, 2018) _____ 15	15
Tableau 8 : Synthèse des risques majeurs sur les communes intégrant le périmètre d'étude de dangers (source : DDRM 25, 2012) _____ 18	18
Tableau 9 : Inventaire des arrêtés de catastrophe naturelle sur les communes intégrant le périmètre d'étude de dangers (source : georisques.gouv.fr, 2018) _____ 18	18
Tableau 10 : Liste des cavités présentes sur les communes intégrant le périmètre d'étude de dangers (source : georisques.gouv.fr, 2018) _____ 19	19
Tableau 11 : Distance des éoliennes par rapport aux infrastructures intégrant le périmètre d'étude de dangers _____ 22	22
Tableau 12 : Définition de la zone d'impact maximale liée à l'effondrement de la machine _____ 25	25
Tableau 13 : Définition du rayon maximal de la zone de projection de glace _____ 25	25
Tableau 14 : Définition de l'enjeu humain relatif aux terrains non urbanisés pour une éolienne _____ 26	26
Tableau 15 : Définition de l'enjeu humain relatif aux terrains aménagés mais peu fréquentés – Eolienne E1_ _____ 26	26
Tableau 16 : Définition de l'enjeu humain relatif aux terrains aménagés mais peu fréquentés – Eolienne E2_ _____ 26	26
Tableau 17 : Définition de l'enjeu humain relatif aux terrains aménagés mais peu fréquentés – Eolienne E3_ _____ 26	26
Tableau 18 : Définition de l'enjeu humain relatif aux terrains aménagés mais peu fréquentés – Eolienne E4_ _____ 26	26
Tableau 19 : Définition de l'enjeu humain relatif aux terrains aménagés mais peu fréquentés – Eolienne E5_ _____ 27	27
Tableau 20 : Définition de l'enjeu humain relatif aux terrains aménagés mais peu fréquentés – Eolienne E6_ _____ 27	27
Tableau 21 : Définition de l'enjeu humain relatif à l'A36 dans les différentes zones d'effet _____ 27	27
Tableau 22 : Personnes exposées par éolienne pour les établissements recevant du public _____ 28	28
Tableau 23 : Récapitulatif des enjeux humains _____ 29	29
Tableau 24 : Coordonnées géographiques du parc éolien _____ 33	33
Tableau 25 : Synthèse du fonctionnement des aérogénérateurs selon le tableau type de l'INERIS/SER/FEE, 2012 _____ 34	34
Tableau 27 : Normes et certifications auxquelles répondent les machines retenues (source : Opale EN, 2018) _____ 37	37
Tableau 28 : Produits sortants de l'installation (source : Opale EN – 2018) _____ 43	43

Tableau 29 : Exemple de fiche de classification des produits et substances utilisées pour les éoliennes (source : Opale EN, 2018) _____ 44	44
Tableau 30 : Potentiels de dangers liés au fonctionnement de l'installation (source : guide INERIS/SER/FEE, 2012) _____ 45	45
Tableau 31 : Liste des incidents intervenus en France (source : Base de données ARIA, mise à jour 02/07/2018) _____ 49	49
Tableau 32 : Liste des accidents humains inventoriés _____ 49	49
Tableau 33 : Répartition des événements accidentels dans le monde entre 2000 et 2011 (source : SER/FEE/INERIS, 2012) _____ 49	49
Tableau 34 : Répartition des causes premières d'accident pour le parc éolien mondial (source : SER/FEE/INERIS, 2012) _____ 50	50
Tableau 35 : Liste des agressions externes liées aux activités humaines (source : INERIS/SER/FEE, 2012) _____ 52	52
Tableau 36 : Liste des agressions externes liées aux phénomènes naturels (source : INERIS/SER/FEE, 2012) _____ 53	53
Tableau 37 : Analyse générique des risques (source : INERIS/SER/FEE, 2012) _____ 55	55
Tableau 38 : Ensemble des fonctions de sécurité (source : INERIS/SER/FEE, 2012) _____ 59	59
Tableau 39 : Scénarios exclus (source : INERIS/SER/FEE, 2012) _____ 59	59
Tableau 40 : Degré d'exposition (source : INERIS/SER/FEE, 2012) _____ 60	60
Tableau 41 : Critères permettant d'apprécier les conséquences de l'événement (source : arrêté du 29 septembre 2005) _____ 61	61
Tableau 42 : Grille de criticité du scénario redouté (source : arrêté du 29 septembre 2005) _____ 61	61
Tableau 43 : Matrice de criticité de l'installation (source : INERIS/SER/FEE, 2012) _____ 62	62
Tableau 44 : Evaluation de l'intensité dans le scénario de l'effondrement de l'éolienne _____ 63	63
Tableau 45 : Evaluation de la gravité dans le scénario de l'effondrement de l'éolienne _____ 63	63
Tableau 46 : Fréquence d'effondrement d'une éolienne dans la littérature (source : INERIS/SER/FEE, 2012) _____ 63	63
Tableau 47 : Détermination de l'acceptabilité du risque du scénario « effondrement de l'éolienne » _____ 64	64
Tableau 48 : Evaluation de l'intensité dans le scénario de chute de glace _____ 64	64
Tableau 49 : Evaluation de la gravité dans le scénario « chute de glace » _____ 65	65
Tableau 50 : Détermination de l'acceptabilité du risque du scénario « chute de glace » _____ 65	65
Tableau 51 : Evaluation de l'intensité dans le scénario de chute de glace _____ 65	65
Tableau 52 : Evaluation de la gravité dans le scénario « chute d'éléments de l'éolienne » _____ 66	66
Tableau 53 : Détermination de l'acceptabilité du risque du scénario « chute d'éléments de l'éolienne » _____ 66	66
Tableau 54 : Evaluation de l'intensité dans le scénario « projection de pale ou de fragment de pale » _____ 66	66
Tableau 55 : Evaluation de la gravité dans le scénario « projection de pale ou de fragment de pale » _____ 67	67
Tableau 56 : Fréquence de rupture de tout ou partie de pale dans la littérature (source : INERIS/SER/FEE, 2012) _____ 67	67
Tableau 57 : Détermination de l'acceptabilité du risque du scénario « projection de pale ou de fragment de pale » _____ 67	67
Tableau 58 : Evaluation de l'intensité dans le scénario « projection de glace » _____ 68	68
Tableau 59 : Evaluation de la gravité dans le scénario « projection de morceaux de glace » _____ 68	68
Tableau 60 : Détermination de l'acceptabilité du risque du scénario « projection de morceaux de glace » _____ 68	68
Tableau 61 : Synthèse des scénarios étudiés pour l'ensemble des éoliennes du parc _____ 69	69
Tableau 62 : Matrice de criticité de l'installation (source : INERIS/SER/FEE, 2012) _____ 69	69

### 10.5.3. Liste des cartes

Carte 1 : Localisation géographique de l'installation.....	8
Carte 2 : Définition du périmètre d'étude de dangers .....	10
Carte 3 : Distance aux premières zones urbanisées ou à urbaniser (source : OPALE EN, 2018).....	12
Carte 4 : Aire de service d'Ecot.....	14
Carte 5 : Circuit de motocross.....	14
Carte 6 : Gisement éolien de la Franche Comté, à 100 m d'altitude – Légende : Etoile rouge / Localisation du site (source : Schéma Régional Eolien, 2012) .....	17
Carte 7 : Sensibilité des territoires aux phénomènes d'inondations par remontée de nappe (source : inondationsnappes.fr, 2018).....	19
Carte 8 : Aléa retrait-gonflement des argiles sur les communes intégrant le périmètre d'étude de dangers (source : georisques.gouv.fr, 2018).....	19
Carte 9 : Zones sismiques en Franche-Comté – Légende : Etoile bleue / localisation du site (source : planseisme.fr, 2018).....	20
Carte 10 : Localisation des communes exposées aux risques de feux de forêts – Légende : Orange / Communes exposées, Cercle rouge / Projet (MEEDM, base de données Gaspar, mars 2010) .....	20
Carte 11 : Densité de foudroiement / Légende : Etoile bleue – localisation du site (source : Météo France).....	21
Carte 12 : Enjeux matériels dans le périmètre d'étude de dangers .....	24
Carte 13 : Prise en compte de l'aire de service d'Ecot dans l'étude des dangers .....	28
Carte 14 : Synthèse des enjeux humains et matériels sur l'aire d'étude de dangers .....	30
Carte 15 : Carte de l'installation (source : OPALE, 2018).....	32
Carte 16 : Réseau électrique externe à l'installation (source : OPALE EN, 2018) .....	41
Carte 17 : Réseau électrique interne à l'installation .....	42
Carte 18 : Zones favorables à l'implantation d'éolienne – Région Franche-Comté - Légende : Etoile rouge / localisation du site (source : Schéma Régional Eolien, 8 octobre 2012).....	46
Carte 19 : Synthèse des risques sur le périmètre de dangers .....	70

### 10.6. COORDONNEES WGS 84

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

