



# DOSSIER DE DEMANDE D'AUTORISATION ENVIRONNEMENTALE

pour une installation de production d'électricité utilisant l'énergie mécanique du vent (éoliennes)

**Maitre d'ouvrage :** SARL PARC EOLIEN DE LA VALLEE DU HAUT BAC  
Siège social : 3 bis route de Lacourtenourt  
31150 FENOUILLET

**Filiale de :**  
**SOLVEO DEVELOPPEMENT**  
3 bis route de Lacourtenourt  
31150 FENOUILLET  
tél : 05 61 820 820  
www.solveo-energie.com

**Représentée par :**  
**SOLVEO ENERGIE - Assistance à Maître d'Ouvrage & Maîtrise d'Œuvre**  
3 bis route de Lacourtenourt  
31150 FENOUILLET  
parc-eolien@solveo-energie.com

**Volume 5.0**

## ETUDE DE DANGERS

**VOLET 2/ ICPE**



**Dossier consolidé pour enquête publique**  
Compléments : Mai 2020  
Dépôt : Décembre 2018



# Etude de dangers

Création d'un parc éolien sur la commune de Rom (79)



*Dossier 4403734 - Mars 2020*

**SOLVEO Energie**  
3 bis route de Lacourtenourt  
31 150 FENOUILLET



**CLIENT**

<b>NOM</b>	SOLVEO Energie
<b>ADRESSE</b>	3 bis route de Lacourtenourt 31 150 LE FENOUILLET
<b>INTERLOCUTEUR</b>	Adeline MANCEL

**ECR ENVIRONNEMENT**

<b>DATE</b>	<b>INDICE</b>	<b>OBSERVATION / MODIFICATION</b>	<b>REDACTEUR</b>	<b>VERIFICATEUR</b>
15/11/2016	01	Rapport	S. LATOUR	N. LE MENE
Mars 2020	02	Rapport modifié	S. LATOUR	N. LE MENE



SOMMAIRE

<b>SOMMAIRE</b> .....	<b>3</b>
<b>TABLE DES ILLUSTRATIONS</b> .....	<b>4</b>
<b>1. PREAMBULE</b> .....	<b>6</b>
1.1. OBJECTIFS DE L'ETUDE DE DANGERS .....	6
1.2. CONTEXTE LEGISLATIF REGLEMENTAIRE .....	6
1.3. NOMENCLATURE DES INSTALLATIONS CLASSEES .....	7
<b>2. INFORMATIONS GENERALES CONCERNANT L'INSTALLATION</b> .....	<b>7</b>
2.1. RENSEIGNEMENTS ADMINISTRATIFS .....	7
2.2. LOCALISATION DU SITE.....	8
2.2.1. <i>Situation régionale</i> .....	8
2.2.2. <i>Situation locale</i> .....	8
2.3. PERIMETRE DE L'ETUDE DE DANGERS .....	9
<b>3. DESCRIPTION DE L'ENVIRONNEMENT DE L'INSTALLATION</b> .....	<b>11</b>
3.1. ENVIRONNEMENT HUMAIN.....	11
3.1.1. <i>Zones urbanisées</i> .....	11
3.1.2. <i>Etablissements Recevant du Public (ERP)</i> .....	11
3.1.3. <i>Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (ICPE) et installations nucléaires de base</i> .....	11
3.1.4. <i>Autres activités</i> .....	11
3.2. ENVIRONNEMENT NATUREL.....	13
3.2.1. <i>Contexte climatique</i> .....	13
3.2.2. <i>Risques naturels</i> .....	15
3.3. ENVIRONNEMENT MATERIEL.....	20
3.3.1. <i>Voies de communication</i> .....	20
3.3.2. <i>Servitudes et réseaux publics et privés</i> .....	20
3.3.3. <i>Autres ouvrages publics</i> .....	22
3.4. CARTOGRAPHIE DE SYNTHESE.....	22
<b>4. DESCRIPTION DE L'INSTALLATION</b> .....	<b>28</b>
4.1. CARACTERISTIQUES DE L'INSTALLATION .....	28
4.1.1. <i>Caractéristiques générales d'un parc éolien</i> .....	28
4.1.2. <i>Activité de l'installation</i> .....	29
4.1.3. <i>Composition de l'installation</i> .....	29
4.2. FONCTIONNEMENT GENERAL DE L'INSTALLATION .....	32
4.2.1. <i>Principe de fonctionnement d'un aérogénérateur</i> .....	32
4.2.2. <i>Sécurité des installations</i> .....	33
4.2.3. <i>Opérations de maintenance de l'installation</i> .....	33
4.2.4. <i>Stockage et flux de produits dangereux</i> .....	34
4.3. FONCTIONNEMENT DES RESEAUX DE L'INSTALLATION .....	35

4.3.1. <i>Raccordement électrique</i> .....	35
4.3.2. <i>Autres réseaux</i> .....	36
<b>5. IDENTIFICATION DES POTENTIELS DE DANGERS DE L'INSTALLATION</b> .....	<b>38</b>
5.1. POTENTIEL DE DANGERS LIES AUX PRODUITS.....	38
5.2. POTENTIELS DE DANGERS LIES AU FONCTIONNEMENT DE L'INSTALLATION .....	38
5.3. REDUCTION DES POTENTIELS DE DANGERS A LA SOURCE.....	39
5.3.1. <i>Réduction des dangers liés aux produits</i> .....	39
5.3.2. <i>Réduction des dangers liés aux installations</i> .....	39
5.3.3. <i>Utilisation des meilleures techniques disponibles</i> .....	39
<b>6. ANALYSE DES RETOURS D'EXPERIENCE</b> .....	<b>40</b>
6.1. INVENTAIRE DES ACCIDENTS ET INCIDENTS EN FRANCE.....	40
6.2. ENVIRONNEMENT DES ACCIDENTS ET INCIDENTS A L'INTERNATIONAL.....	41
6.3. INVENTAIRE DES ACCIDENTS MAJEURS SURVENUS SUR LES SITES DES ACTEURS DU PROJET .....	42
6.4. SYNTHESE DES PHENOMENES DANGEREUX REDOUTES ISSUS DU RETOUR D'EXPERIENCE .....	42
6.4.1. <i>Analyse de l'évolution des accidents en France</i> .....	42
6.4.2. <i>Analyse des typologies d'accidents les plus fréquents</i> .....	43
6.5. LIMITES D'UTILISATION DE L'ACCIDENTOLOGIE .....	43
<b>7. ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES</b> .....	<b>44</b>
7.1. OBJECTIF DE L'ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES.....	44
7.2. RECENSEMENT DES EVENEMENTS INITIATEURS EXCLUS DE L'ANALYSE DES RISQUES .....	44
7.3. RECENSEMENT DES AGRESSIONS EXTERNES POTENTIELLES .....	44
7.3.1. <i>Agresions externes liées aux activités extérieures</i> .....	44
7.3.2. <i>Agresions externes liées aux phénomènes naturels</i> .....	46
7.4. SCENARIOS ETUDIES DANS L'ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES.....	46
7.4.1. <i>Tableau d'Analyse Préliminaire des Risques</i> .....	46
7.4.2. <i>Précisions concernant les scénarios identifiés</i> .....	50
7.4.3. <i>Effets dominos</i> .....	51
7.4.4. <i>Fonctions de sécurité des éoliennes</i> .....	52
7.4.5. <i>Synthèse du tableau d'APR</i> .....	67
<b>8. ETUDE DETAILLEE DES RISQUES</b> .....	<b>68</b>
8.1. RAPPEL DES DEFINITIONS.....	68
8.1.1. <i>Cinétique</i> .....	68
8.1.2. <i>Intensité</i> .....	68
8.1.3. <i>Gravité</i> .....	68
8.1.4. <i>Probabilité</i> .....	69
8.2. CARACTERISATION DES SCENARIOS RETENUS .....	70
8.2.1. <i>Effondrement de l'éolienne</i> .....	70
8.2.2. <i>Chute de glace</i> .....	71
8.2.3. <i>Chute d'éléments de l'éolienne</i> .....	72
8.2.4. <i>Projections de pales ou de fragments de pales</i> .....	73
8.2.5. <i>Projections de glace</i> .....	74



8.3. SYNTHÈSE DÉTAILLÉE DE L'ÉVALUATION DES RISQUES .....	75
8.3.1. Tableau de synthèse des scénarios étudiés .....	75
8.3.2. Synthèse de l'acceptabilité des risques.....	76
8.3.3. Cartographie des risques .....	76
<b>9. CONCLUSION.....</b>	<b>79</b>
<b>ANNEXE 1 : ACCIDENTOLOGIE EN FRANCE .....</b>	<b>80</b>
<b>ANNEXE 2 : METHODE DE COMPTAGE DES PERSONNES POUR LA DETERMINATION DE LA GRAVITE POTENTIELLE D'UN ACCIDENT A PROXIMITE D'UNE EOLIENNE.....</b>	<b>90</b>
<b>ANNEXE 3 : PROBABILITE D'ATTEINTE ET RISQUE INDIVIDUEL.....</b>	<b>92</b>
<b>GLOSSAIRE.....</b>	<b>94</b>
<b>BIBLIOGRAPHIE ET REFERENCES UTILISEES .....</b>	<b>94</b>

## TABLE DES ILLUSTRATIONS

### Liste des figures

Figure 1 : Carte de situation régionale du parc éolien .....	8
Figure 2 : Communauté de communes du Mellois en Poitou .....	8
Figure 3 : Zone d'étude.....	10
Figure 4 : Enjeux humains à proximité de l'aire d'étude .....	12
Figure 5 : Histogramme des précipitations moyennes de 1981 à 2010 (station de Civray).....	13
Figure 6 : Courbe des températures moyennes de 1981 à 2010 (station de la Civray) .....	13
Figure 7 : Potentiel éolien en France.....	14
Figure 8 : Vitesse moyennes des vents en Poitou-Charentes (m/s).....	14
Figure 9 : Densité de foudroiement (impact de la foudre au sol par an et par km <sup>2</sup> ) .....	16
Figure 10 : Aléa remontée de nappe phréatique .....	18
Figure 11 : Aléa retrait/gonflement des argiles.....	19
Figure 12 : Cartographie de synthèse.....	23
Figure 13 : Synthèse éolienne E1.....	24
Figure 14 : Synthèse éolienne E2.....	25
Figure 15 : Synthèse éolienne E3.....	26
Figure 16 : Dénomination des différents éléments d'une éolienne.....	28

Figure 17 : Illustration des emprises au sol d'une éolienne .....	29
Figure 18 : Caractéristiques principales des éoliennes.....	29
Figure 19 : Localisation des éoliennes, des postes de livraison.....	31
Figure 20 : Illustration du système en anneau garantissant une communication continue des éoliennes .....	34
Figure 21 : Raccordement électrique des installations.....	35
Figure 22 : Vue en coupe des tranchées selon le nombre de câbles passés .....	35
Figure 23 : Schéma du raccordement électrique interne .....	37
Figure 24 : Répartition des événements accidentels et de leurs causes premières sur le parc d'aérogénérateurs français entre 2000 et 2018 .....	40
Figure 25 : Répartition des événements accidentels dans le monde entre 2000 et 2011 .....	41
Figure 26 : Répartition des causes premières d'effondrement .....	41
Figure 27 : Répartition des causes premières de ruptures de pale .....	42
Figure 28 : Répartition des causes premières d'incendies .....	42
Figure 29 : Evolution du nombre d'accidents et de la taille du parc éolien en France.....	42
Figure 30 : Evolution du pourcentage d'accidents par éolienne .....	43
Figure 31 : Cartographie des zones de risque pour l'ensemble des éoliennes .....	77
Figure 32 : Cartographie des niveaux de risques identifiés .....	78

### Liste des tableaux

Tableau 1 : Extrait de la nomenclature des installations classées .....	7
Tableau 2 : Caractéristiques des éoliennes.....	7
Tableau 3 : Renseignements administratifs des acteurs du projet.....	7
Tableau 4 : Arrêtés de reconnaissance de catastrophes naturelles .....	15
Tableau 5 : Rafales maximales de vent.....	15
Tableau 6 : Carte du zonage de la sismicité en France .....	15
Tableau 7 : Données de foudroiement sur site.....	16
Tableau 8 : Prescription pour la protection des forages F0 et F1 .....	21
Tableau 9 : Tableau des services de servitudes consultés .....	22
Tableau 10 : Comptage des enjeux humains par éolienne .....	27
Tableau 11 : Coordonnées des éléments de l'installation .....	29
Tableau 12 : Altitude des éoliennes.....	30
Tableau 13 : Caractéristiques des éléments de l'installation.....	32
Tableau 14 : Dangers potentiels de l'installation.....	38
Tableau 15 : Accidentologie à l'international .....	41



Tableau 16 : Dangers liés aux activités extérieures aux installations (dont humaines) .....	45
Tableau 17 : Dangers liés aux vents .....	46
Tableau 18 : Dangers liés à la foudre .....	46
Tableau 19 : Tableau d'APR .....	49
Tableau 20 : Fonctions de sécurité de l'éolienne N117 NORDEX .....	56
Tableau 21 : Fonctions de sécurité de l'éolienne V117 VESTAS .....	62
Tableau 22 : Fonctions de sécurité de l'éolienne E115 ENERCON .....	66
Tableau 23 : Scénarios de l'analyse préliminaire des risques non retenus .....	67
Tableau 24: Intensité et degré d'exposition .....	68
Tableau 25 : Classe de gravité selon l'intensité du phénomène.....	69
Tableau 26 : Classe de probabilité .....	69
Tableau 27 : Rayons des zones d'effet dans le pire des cas .....	70
Tableau 28 : Intensité du phénomène d'effondrement d'éolienne .....	70
Tableau 29 : Gravité du phénomène d'effondrement d'éolienne.....	70
Tableau 30 : Probabilité du phénomène d'effondrement d'éolienne .....	70
Tableau 31 : Acceptabilité du risque dû au phénomène d'effondrement d'éolienne.....	71
Tableau 32 : Intensité du phénomène de chute de glace.....	71
Tableau 33 : Gravité du phénomène de chute de glace .....	72
Tableau 34 : Acceptabilité du risque dû au phénomène de chute de glace .....	72
Tableau 35 : Intensité du phénomène de chute d'éléments de l'éolienne .....	72
Tableau 36 : Gravité du phénomène de chute d'éléments de l'éolienne .....	72
Tableau 37 : Acceptabilité du risque dû au phénomène de chute d'éléments de l'éolienne .....	73
Tableau 38 : Intensité du phénomène de projection de pale ou de fragment de pale .....	73
Tableau 39 : Gravité du phénomène de projection de pale ou de fragment de pale .....	73
Tableau 40 : Probabilité du phénomène de projection de pale ou de fragment de pale.....	74
Tableau 41 : Acceptabilité du risque dû au phénomène de projection de pale ou de fragment de pale .....	74
Tableau 42 : Intensité du phénomène de projection de glace .....	74
Tableau 43 : Gravité du phénomène de projection de glace.....	75
Tableau 44 : Acceptabilité du risque dû au phénomène de projection de glace .....	75
Tableau 45 : Synthèse des scénarios étudiés.....	75
Tableau 46 : Matrice de criticité .....	76
Tableau 47 : Intensité, gravité et probabilité des accidents majeurs dans le pire des cas.....	79



## 1. PREAMBULE

Depuis septembre 2011, la branche éolienne du Syndicat des Energies Renouvelables (SER), France Energie Eolienne (FEE), en collaboration avec l'INERIS a travaillé à l'élaboration d'un guide technique pour l'élaboration d'une étude de dangers type ayant pour but de servir de cadre principal aux études de dangers pour les parcs éoliens.

Ce rapport est basé sur la trame définitive de mai 2012 de cette étude de dangers type.

### 1.1. OBJECTIFS DE L'ÉTUDE DE DANGERS

La présente étude de dangers a pour objet de rendre compte de l'examen effectué par SOLVEO Energie pour caractériser, analyser, évaluer, prévenir et réduire les risques du parc éolien de Rom situé sur la commune de Rom, autant technologiquement réalisable que économiquement acceptable, 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 de Rom. Le choix de la méthode d'analyse utilisée et la justification des mesures de prévention, de protection et d'intervention, sont adaptés à la nature et la complexité des installations et de leurs risques.

Elle précise l'ensemble des mesures de maîtrise des risques mises en œuvre sur le parc éolien de Rom, 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.

### 1.2. CONTEXTE LEGISLATIF REGLEMENTAIRE

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

L'arrêté du 29 septembre 2005 relatif à l'évaluation et à la prise en compte de la probabilité d'occurrence, de la cinétique, de l'intensité des effets et de la gravité des conséquences des accidents potentiels dans les études de dangers des installations classées soumises à autorisation fournit un cadre méthodologique pour les évaluations des scénarios d'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 (voir l'étude d'impact, rapport ECR Environnement 4403734, projet porté par SOLVEO Energie, Octobre 2018).

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, des pratiques et de la vulnérabilité de l'environnement de l'installation.

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

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

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

Enfin, l'étude de dangers s'intéresse aux risques générés par les aérogénérateurs lorsqu'ils sont en phase d'exploitation. Elle exclut donc la phase de construction.



### 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			B - Taxe générale sur les activités polluantes	
	Désignation de la rubrique	A, D, E, S, C (1)	Rayon (2)	Capacité de l'activité	Coef.
2890	Installation terrestre de production d'électricité à partir de l'énergie mécanique du vent et regroupant un ou plusieurs aérogénérateurs 1. Comprenant au moins un aérogénérateur dont le mât a une hauteur supérieure ou égale à 50 m :	A	6	Néant	Néant
	2. Comprenant uniquement des aérogénérateurs dont le mât a 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 <sup>2</sup> .....	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 exprimé en kilomètres

**Tableau 1 : Extrait de la nomenclature des installations classées**

Le parc éolien de la Vallée du Haut Bac comprendra 3 aérogénérateurs d'une hauteur de mât au moyeu comprise entre 91 et 92 m, au moins un aérogénérateur possède un mât a une hauteur supérieure ou égale à 50 m : cette installation est donc soumise à autorisation (A) au titre des Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (ICPE) et doit présenter une étude de dangers au sein de son dossier de demande d'autorisation environnementale.

Le parc éolien de la Vallée du Haut Bac sera doté de 3 éoliennes d'une puissance unitaire comprise entre 3 MégaWatts et 3,3 MégaWatts. Sa puissance totale sera donc entre 9 MégaWatts et 9,9 MégaWatts.

Selon la réglementation, une installation soumise à la rubrique 2980-1 des installations classées correspond à un parc éolien exploité par un seul et même exploitant. Dans un souci de simplification, nous emploierons indifféremment les termes « parc éolien » ou « installation » dans la présente étude de dangers.

Le projet de parc éolien prévoit la construction et la mise en service de trois éoliennes présentant les caractéristiques générales suivantes :

Modèle	Eolienne V117	Eolienne N117	Eolienne E115
Marque	VESTAS	NORDEX	ENERCON
Puissance	3,3 MW	3,3 MW	3 MW
Diamètre du rotor	117 m	116,8 m	115,71 m
Hauteur du mât au moyeu	91,5 m	91 m	92 m
Hauteur du mât au sens ICPE (mât + nacelle)	94,9 m	93 m	95,07 m
Hauteur en bout de pales	150 m	149,4 m	149,9 m

**Tableau 2 : Caractéristiques des éoliennes**

## 2. INFORMATIONS GENERALES CONCERNANT L'INSTALLATION

### 2.1. Renseignements administratifs

Le porteur de projet est la société SOLVEO Energie, créée en 2008.

Fonction	Nom	Raison Sociale	Adresse	N°RC
Porteur	SOLVEO Energie	SAS	3 bis route de Lacourtenourt 31 150 FENOUILLET	508 886 132 RCS Toulouse
Exploitant	Parc éolien de la Vallée du Haut Bac	SARL	3 bis route de Lacourtenourt 31 150 FENOUILLET	822 292 587 RCS Toulouse
Maintenance	NORDEX France	SAS	1 rue de la Procession 93217 LA PLAINE-SAINT-DENIS	B 439 008 004 RCS Bobigny
	VESTAS	SAS	770 avenue Alfred Sauvy 34 470 PEROLS	B 440 849 016 RCS Montpellier
	ENERCON	SASU	9001 rue du Tourteret 60 880 LE MEUX	B 452 330 632 RCS Compiègne
Auteur de l'étude de danger	ECR Environnement Sarah LATOUR	SARL	ZA du Taillis, 5 rue des Clairières 44 840 LES SORINIERES	504 451 139 RCS Lorient

**Tableau 3 : Renseignements administratifs des acteurs du projet**



## 2.2. LOCALISATION DU SITE

### 2.2.1. Situation régionale

Le projet de parc éolien se situe dans la région Nouvelle Aquitaine (anciennement Poitou-Charentes) en partie Sud-Est du département des Deux-Sèvres (79) en limite départementale avec la Vienne (86), sur la commune de Rom, à environ 46 km à l'Est de Niort et 35 km au Sud-Ouest de Poitiers.

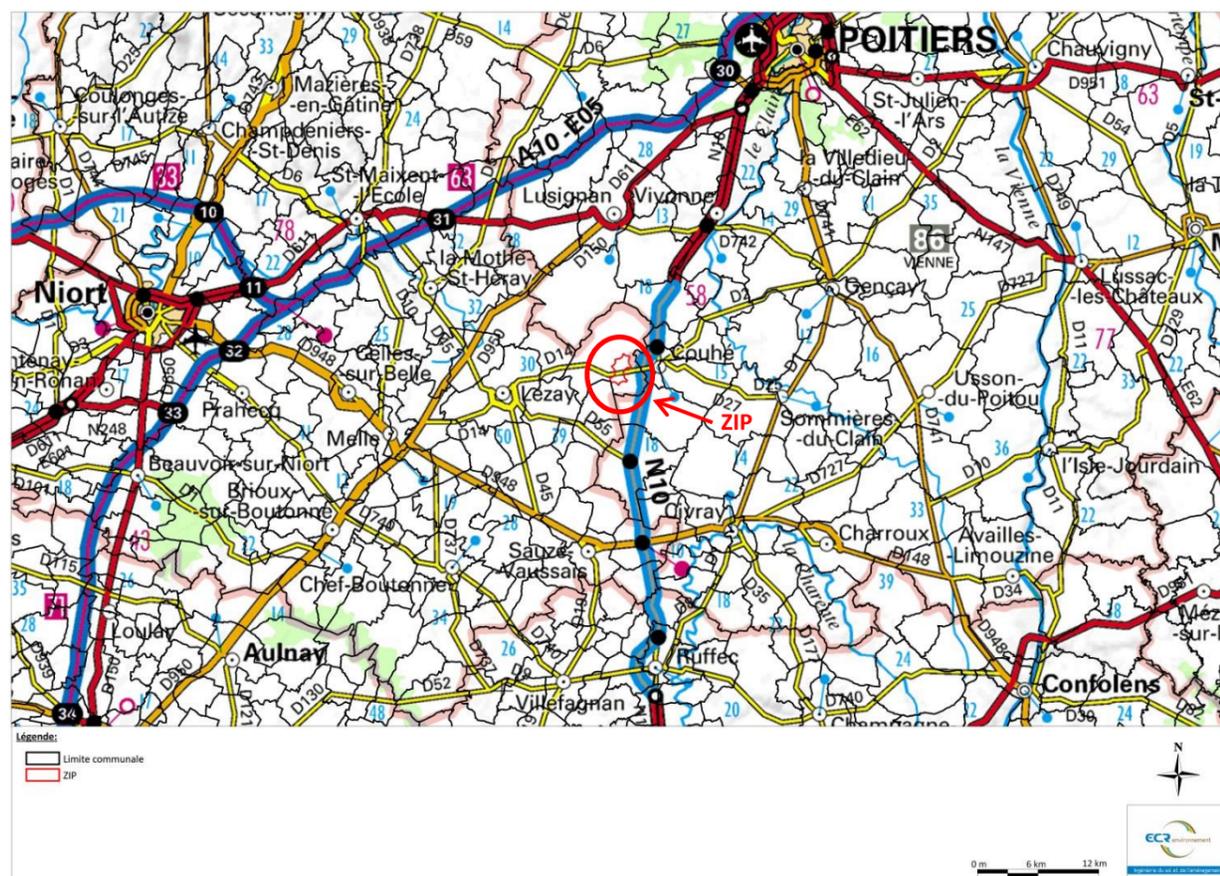


Figure 1 : Carte de situation régionale du parc éolien

### 2.2.2. Situation locale

La commune de Rom fait partie de la communauté de communes du Mellois en Poitou qui regroupe 78 communes depuis le 1<sup>er</sup> janvier 2017. Elle est issue de la fusion des communautés de communes de Mellois, de la communauté de communes Cœur du Poitou, de la communauté de communes Val de Boutonne et la communauté de cantonale de Celles-sur-Belle.

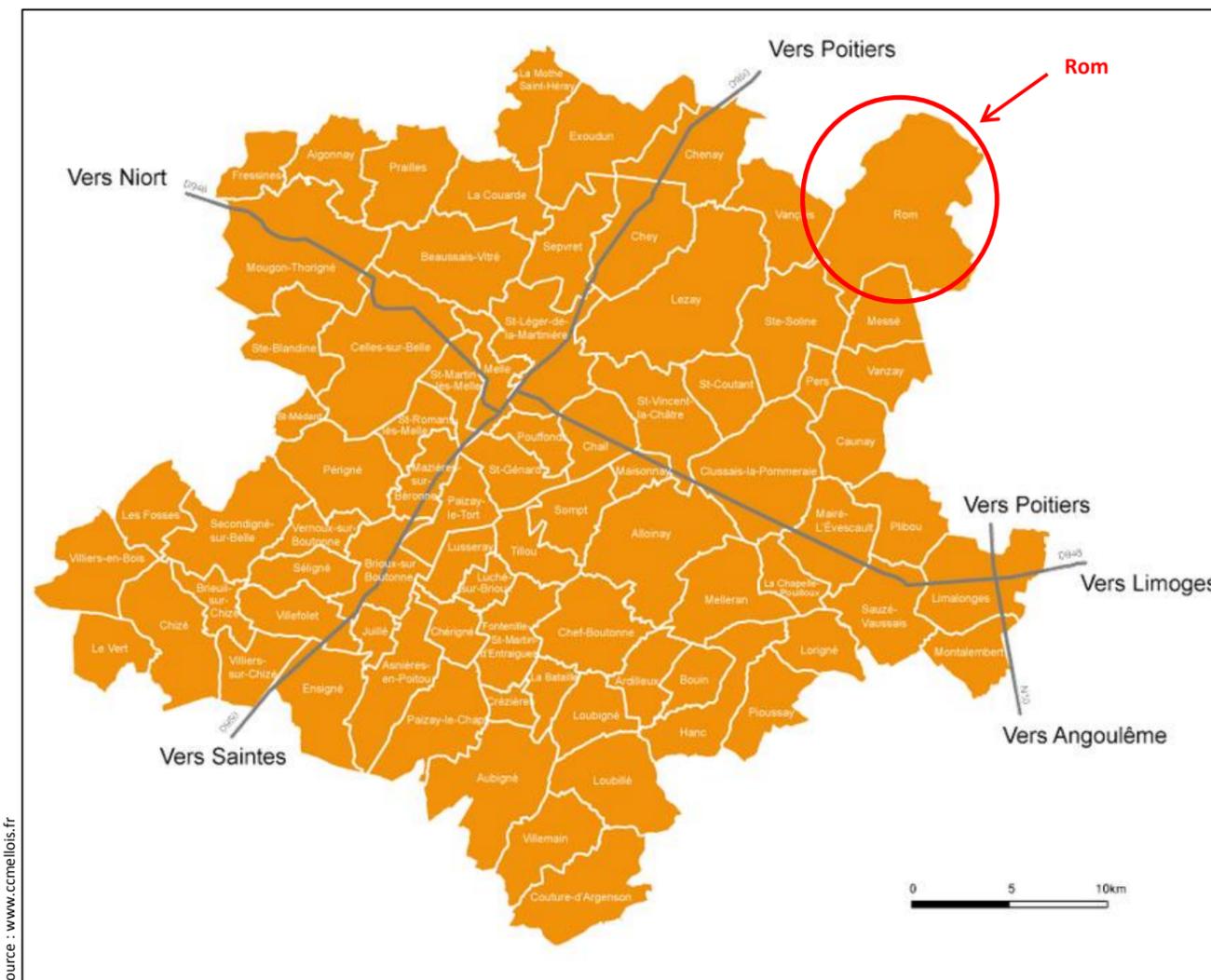


Figure 2 : Communauté de communes du Mellois en Poitou

La liste des hameaux et lieux-dits les plus proches des contours de cette zone inclut :

- Bréjeuille, le Boux et la Chaussée au Nord,
- la Guessonnière, le bourg de Rom et la Vergnauderie, à l'Ouest,
- le Bois de Messé (commune de Messé), Mérichard, le Fouilloux et la Chemeraudière au Sud,
- Beaulieu, la Martinière, la Puilière et le Tuffeau à l'Est.

### 2.3. PERIMETRE DE L'ETUDE DE DANGERS

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

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

La zone d'étude n'intègre pas les environs du poste de livraison, situé près de l'accès à l'éolienne E1. Les expertises réalisées dans le cadre de la présente étude ont en effet montré l'absence d'effet à l'extérieur du poste de livraison pour chacun des phénomènes dangereux potentiels pouvant l'affecter.

En page suivante est présentée une cartographie de la zone d'implantation des éoliennes représentant la zone d'étude, de 500 mètres autour des éoliennes.

La zone d'étude s'étend uniquement sur la commune de Rom.



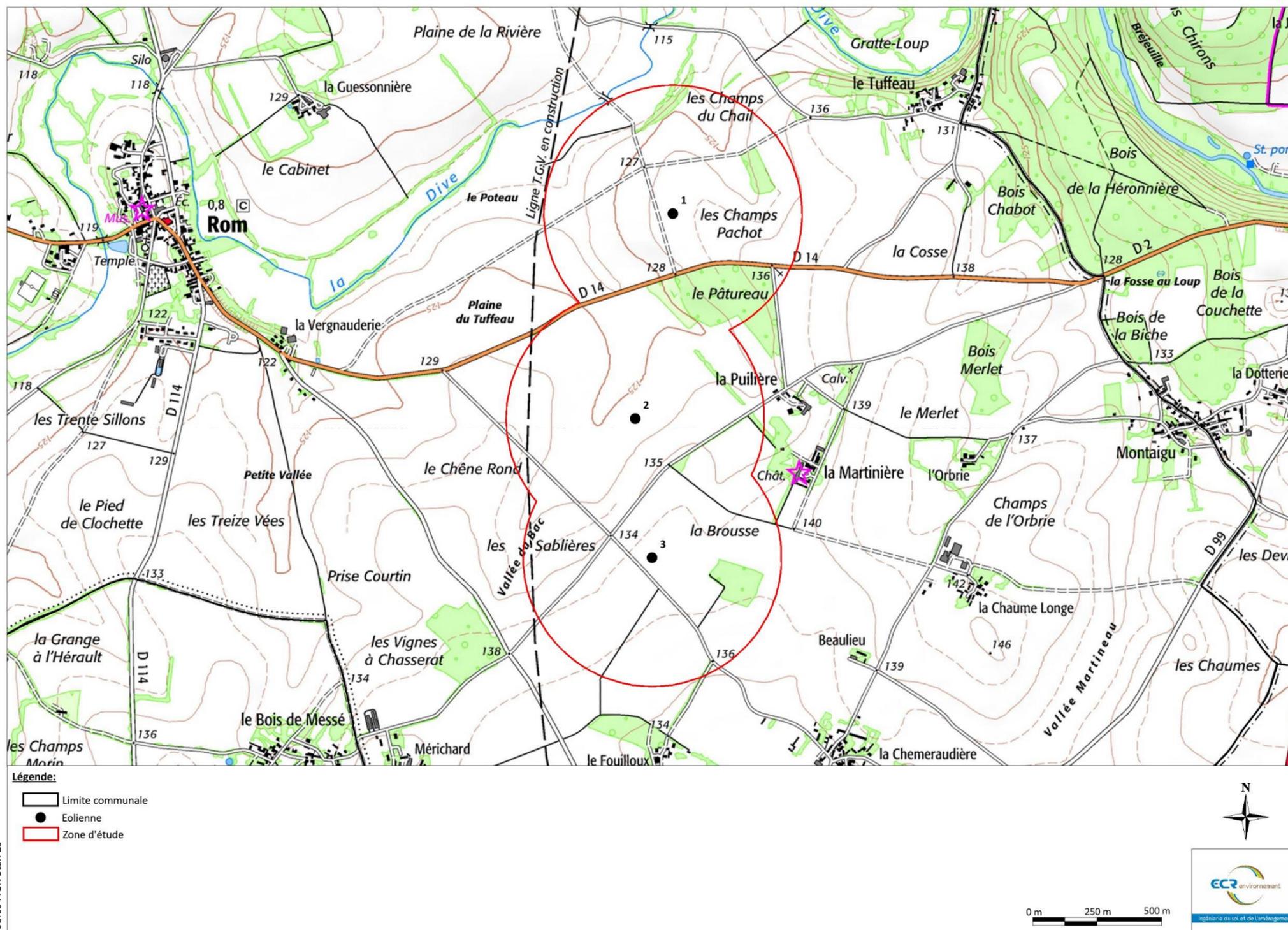


Figure 3 : Zone d'étude

### 3. DESCRIPTION DE L'ENVIRONNEMENT DE L'INSTALLATION

Ce chapitre a pour objectif de décrire l'environnement dans la zone 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 HUMAIN

##### 3.1.1. Zones urbanisées

Les futures éoliennes seront implantées sur la commune de Rom.

Au dernier recensement en 2015 (source INSEE), la commune comptait 878 habitants.

La commune de Rom ne dispose pas de document d'urbanisme, c'est donc le Règlement National d'Urbanisme qui s'applique (RNU).

Aucun hameau n'est inclus au sein de la zone d'étude.

On notera qu'aucune zone urbanisée ou urbanisable n'est inscrite au sein du périmètre (uniquement des zones agricoles).

##### 3.1.2. Etablissements Recevant du Public (ERP)

Chaque commune dispose de plusieurs Etablissements Recevant du Public. Ceux-ci sont caractérisés en fonction de leur type (fonction) et de leur catégorie (capacité d'accueil). Il existe 5 catégories :

- 1° catégorie : au-dessus de 1 500 personnes,
- 2° catégorie : de 701 à 1 500 personnes,
- 3° catégorie : de 301 à 700 personnes,
- 4° catégorie : jusqu'à 300 personnes, sauf pour les établissements de 5° catégorie,
- 5° catégorie : établissement accueillant un nombre de personnes inférieur au seuil fixé par la législation. Ce seuil dépend du type d'établissement.

La commune de Rom possède 9 ERP :

- école primaire publique,
- église,
- temple,
- salle des fêtes communale,
- salle de la Dive,
- salle de l'Acanthe,

- mairie,
- bibliothèque,
- musée de Rauranum.

Tous ces établissements sont de 5<sup>ème</sup> catégorie à l'exception de la salle des fêtes communale qui est de 4<sup>ème</sup> catégorie.

Aucun Etablissement Recevant du Public ne se situe dans l'aire de 500 m autour des éoliennes.

##### 3.1.3. Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (ICPE) et installations nucléaires de base

Le territoire de Rom se situe en dehors de toute zone à risque industriel ou technologique (sites SEVESO, installation nucléaire, ...) mais est concerné par le risque de transport de marchandises dangereuses.

*(Source Dossier Départemental des Risques Majeurs (DDRM) des Deux-Sèvres)*

Il existe deux Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (ICPE) sur la commune de Rom :

- le GAEC Rogeon (régime de l'enregistrement), élevage de vaches laitières,
- la SCEA l'Aubergère (régime de l'autorisation), élevage de porcs.

##### 3.1.4. Autres activités

Les autres activités dans la zone d'étude sont principalement des activités agricoles (culture de céréales).



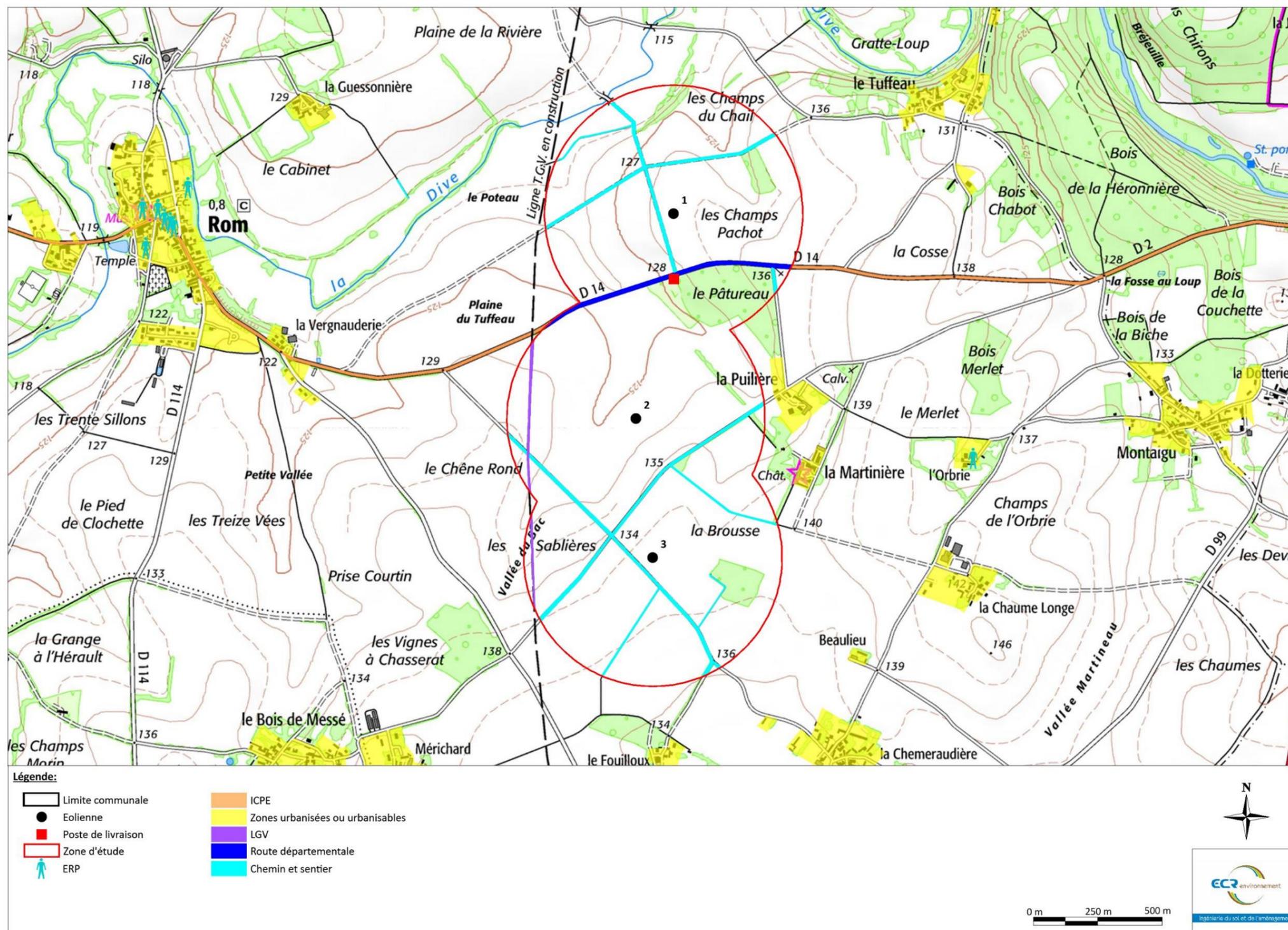


Figure 4 : Enjeux humains à proximité de l'aire d'étude

### 3.2. ENVIRONNEMENT NATUREL

#### 3.2.1. Contexte climatique

Avec une ouverture sur la façade atlantique, l'ex région Poitou-Charentes bénéficie d'un climat océanique. Les hivers y sont relativement doux et les étés tempérés avec un ciel assez variable. Toutefois, à l'intérieur des terres, ce climat est plus ou moins dégradé (hivers plus rigoureux et étés plus chauds).

##### La côte bénéficiant d'un climat océanique :

- hivers doux (en moyenne 6,5°C à La Rochelle), printemps et automne cléments, chaleurs estivales tempérées par la brise de mer (une moyenne de 19°C à La Rochelle)
- printemps et été relativement secs (minimum des pluies en juillet), automne et hiver plus arrosés (maximum des pluies en novembre)
- ensoleillement exceptionnel, de l'ordre de 2 200 heures (2<sup>ème</sup> région de France pour l'ensoleillement).

##### L'intérieur des terres bénéficiant d'un climat océanique plus ou moins dégradé :

- les hivers sont plus rigoureux que sur la frange côtière, et les étés plus chauds, le mois de janvier est le plus froid, et le mois de juillet le plus chaud
- l'amplitude thermique entre le mois le plus froid et le mois le plus chaud est d'autant plus réduite que l'on se rapproche de l'océan
- les précipitations s'échelonnent entre 630 et 1 050 mm. La partie Nord-Est du Poitou-Charentes est la région la moins arrosée. Les pluies sont légèrement plus importantes en Charente (840 mm). La partie ouest des Deux-Sèvres, séparée de la Vendée par les hauteurs des Gâtines, bénéficie de précipitations abondantes (environ 900 mm).

Le climat du département des Deux-Sèvres est de type océanique doux. La faiblesse des altitudes (max 272 m) n'entraîne pas de grandes modifications climatiques au sein du département.

La station Météo France choisie est celle de Civray (86078002), distante de la zone d'étude d'environ 20 km au Sud-Est. Elle possède des résultats statistiques complets sur une période de 30 ans (1981-2010).

#### a. Précipitations

Les précipitations moyennes en ex région Poitou-Charentes, de 838 mm/an, sont légèrement supérieures à la moyenne nationale (800 mm/an).

En Deux-Sèvres, les précipitations annuelles varient entre 650 mm et 900 mm. La hauteur moyenne de précipitations du département est de 867,2 mm.

Au niveau de la commune de Civray, les précipitations sont homogènes sur l'année avec un niveau des plus hautes eaux entre octobre et janvier.

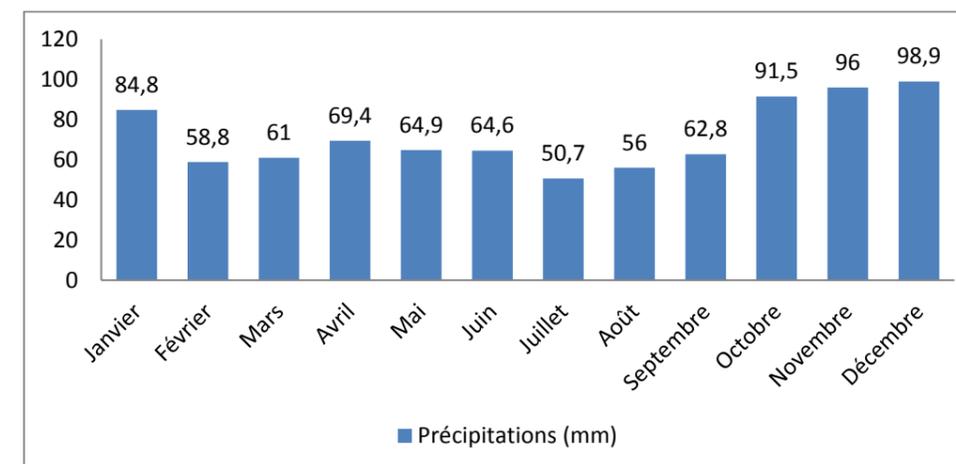


Figure 5 : Histogramme des précipitations moyennes de 1981 à 2010 (station de Civray)

#### b. Températures

Les températures sont souvent douces avec des variations relativement modérées.

La température la plus élevée relevée sur la période du 01/04/1990 au 02/02/216 est de 40,2°C en août 2003.

La température la plus basse relevée sur la période du 01/04/1990 au 02/02/216 est de -12,7°C en février 2012.

Les températures sont dépendantes des conditions topographiques locales conditionnées par le relief, la nature des sols, la répartition des cours d'eau, les types de végétation.

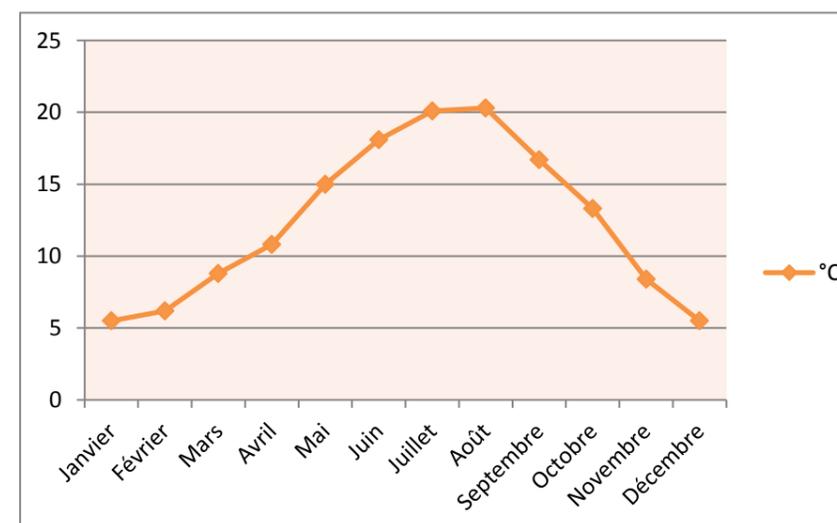


Figure 6 : Courbe des températures moyennes de 1981 à 2010 (station de la Civray)



### c. Ensoleillement

Le département des Deux-Sèvres recense 1980 heures de soleil par an en moyenne pour la période 1981-2010 (station de Niort).

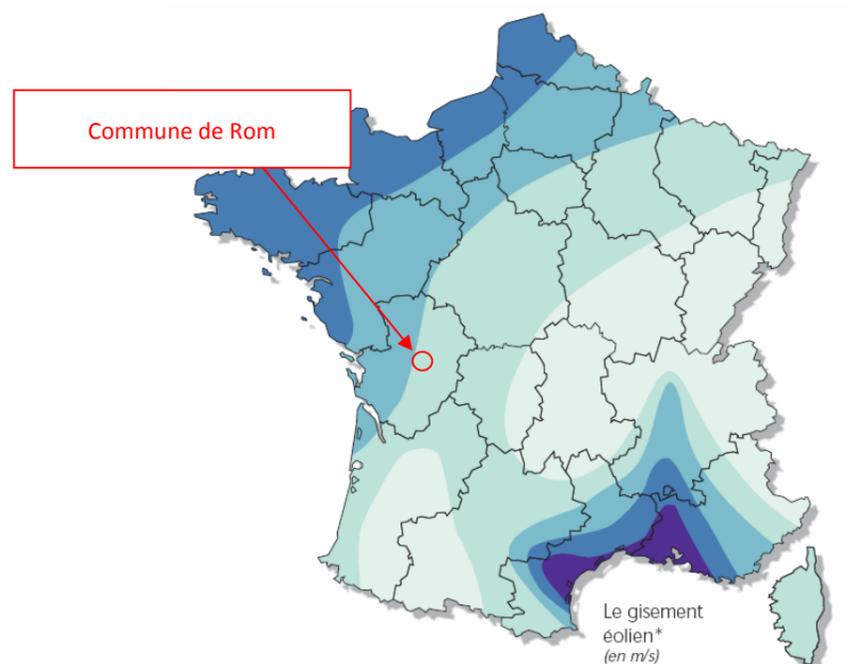
Le département des Deux-Sèvres a connu 1 878 heures d'ensoleillement en 2013, contre une moyenne nationale des départements de 1 819 heures de soleil. Le département des Deux-Sèvres a bénéficié de l'équivalent de 78 jours de soleil en 2013.

Le département se situe à la position n°23 du classement des départements les plus ensoleillés.

### d. Vents

#### Potentiel éolien

La France bénéficie d'un potentiel éolien remarquable de par son important linéaire côtier. Elle possède en effet le deuxième potentiel éolien en Europe, après celui du Royaume-Uni. Ce potentiel est estimé à 66 TWh<sup>1</sup> sur terre, et à 90 TWh en mer.



Le gisement éolien\* (en m/s)

Bocage dense, bois, banlieue	Rase campagne, obstacles épars	Prairies plates, quelques buissons	Lacs, mer	Crêtes** collines	
<3,5	<4,5	<5,0	<5,5	<7,0	Zone 1
<b>3,5 - 4,5</b>	<b>4,5 - 5,5</b>	<b>5,0 - 6,0</b>	<b>5,5 - 7,0</b>	<b>7,0 - 8,5</b>	Zone 2
4,5 - 5,0	5,5 - 6,5	6,0 - 7,0	7,0 - 8,0	8,5 - 10,0	Zone 3
5,0 - 6,0	6,5 - 7,5	7,0 - 8,5	8,0 - 9,0	10,0 - 11,5	Zone 4
>6,0	>7,5	>8,5	>9,0	>11,5	Zone 5

\* Vitesse du vent à 50 mètres au-dessus du sol en fonction de la topographie

\*\* Les zones montagneuses nécessitent une étude de gisement spécifique

Figure 7 : Potentiel éolien en France

<sup>1</sup> : 1 TWh = 1 Tera Watt heure = 1 milliard de kWh



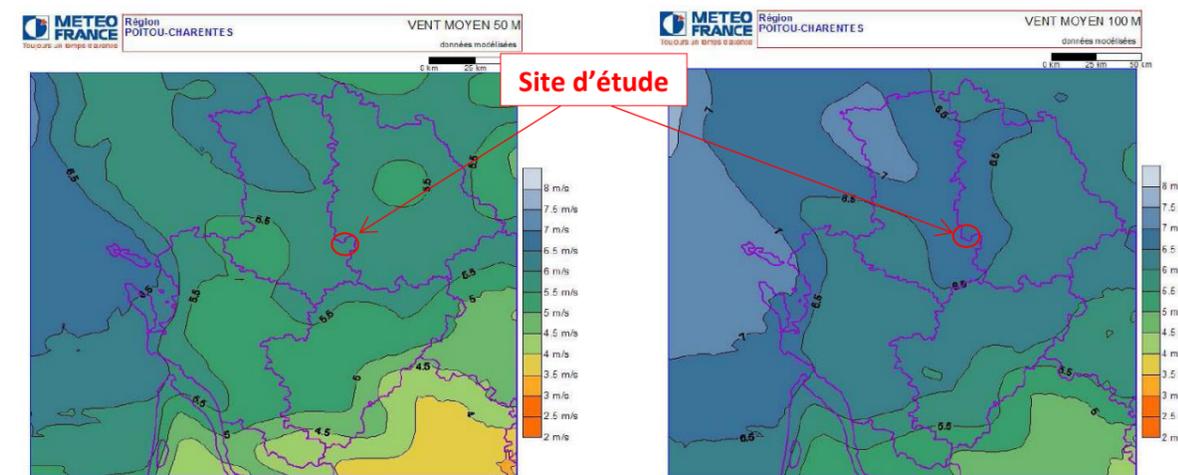
Située en zone 2, la commune de Rom bénéficie de conditions propices au développement de projets éoliens.

#### Potentiel éolien en Deux-Sèvres

Les données utilisées pour appréhender au mieux la ressource en vent du Poitou-Charentes sont les cartes des vents de Météo France à 50 m et à 100 m. Cette ressource est un facteur important pour la localisation d'un parc éolien car l'énergie produite par l'éolienne est proportionnelle au cube de la vitesse du vent. Le gisement est déterminé par :

- la distribution des vitesses du vent
- le régime du vent
- la propagation du vent, autrement dit l'absence d'obstacles

Les cartes de vent ci-après fournies en février 2011 par Météo France indiquent sur toute la région des vitesses de vent supérieures à 4,5 m/s à 50 mètres et à 100 mètres d'altitude. Le potentiel éolien est donc, au regard de ce critère, important notamment dans les départements Nord du Poitou-Charentes (les Deux-Sèvres et la Vienne).



Vitesse moyenne du vent à une hauteur de 50 m

Vitesse moyenne du vent à une hauteur de 100 m

Figure 8 : Vitesse moyennes des vents en Poitou-Charentes (m/s)

3.2.2. Risques naturels

a. Catastrophes naturelles

Les derniers arrêtés pour reconnaissance de catastrophe naturelle pour la commune de Rom font état d'inondations, de coulées de boues et de mouvements de terrain (source Géorisques.gouv.fr).

Type de catastrophe	Début le	Fin le	Arrêté du	Sur le JO du
Mouvements de terrain différentiels consécutifs à la sécheresse et à la réhydratation des sols	01/01/1995	31/10/1996	28/05/1997	01/06/1997
Inondations, coulées de boue et mouvements de terrain	25/12/1999	29/12/1999	29/12/1999	30/12/1999
Mouvements de terrain différentiels consécutifs à la sécheresse et à la réhydratation des sols	01/07/2006	30/09/2003	25/08/2004	26/08/2004
Inondations, coulées de boue et mouvements de terrain	27/02/2010	01/03/2010	01/03/2010	02/03/2010
Mouvements de terrain différentiels consécutifs à la sécheresse et à la réhydratation des sols	01/01/2016	31/03/2016	25/07/2017	01/09/2017

Tableau 4 : Arrêtés de reconnaissance de catastrophes naturelles

Concernant la force des vents, la station météorologique de Civray rapporte l'historique de rafales maximales suivant des mesures effectuées à 10 m de haut pour chaque mois de l'année entre 1981 et 2016.

Mois	Janv.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Année (maximum)
Date	13-2004	10-2009	10-2008	09-2013	13-2002	10-1997	15-2003	06-1999	13-1993	24-2006	13-2002	27-1999	2009
Vitesse vent (m/s)	29	34,7	22,4	24,4	25	29	29	28	26	22,5	22	33	34,7

Tableau 5 : Rafales maximales de vent  
(Météo France)

b. Mouvements de terrains

D'après le site prim.net, la commune de Rom est également soumise au risque de mouvement de terrain. La commune a fait l'objet de quatre arrêtés pour reconnaissance de catastrophe naturelle pour mouvement de terrain en juin 1997, décembre 1999, août 2004 et mars 2010. Néanmoins, les communes n'apparaissent pas sur la base de données du BRGM (georisques.gouv.fr).

c. Sismicité

Depuis le 24 octobre 2010, la France dispose d'un nouveau zonage sismique. Celui-ci divise le territoire national en 5 zones de sismicité, allant de 1 (zone d'aléa très faible) à 5 (zone d'aléa fort). Ces zones sont déterminées par les décrets n°2010-1254 et n°2010-1255 du 22 octobre 2010. Ce zonage va faciliter l'application des nouvelles normes parasismiques telles que les règles Eurocode 8 (depuis le 1<sup>er</sup> mai 2011) et permettre une harmonisation des normes françaises avec celles des autres pays européens.

La commune de Rom se situe en zone de sismicité 3, « risque modéré ».

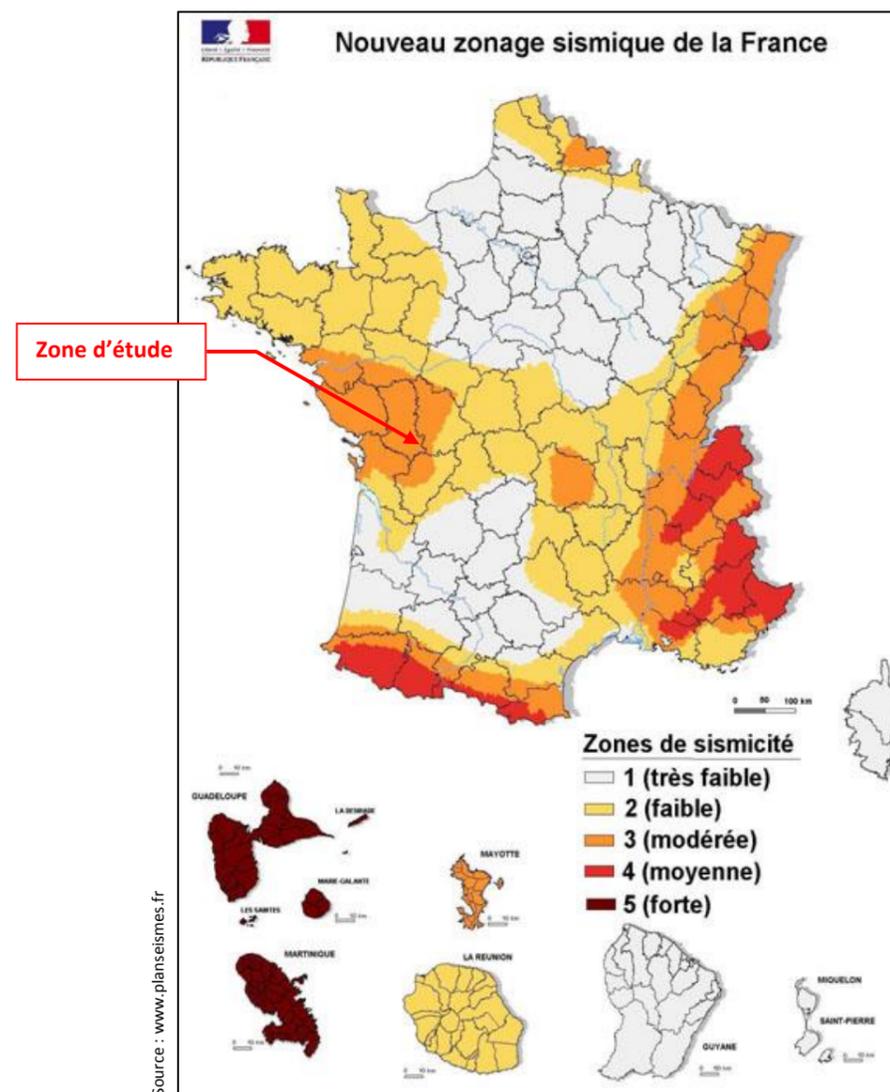


Tableau 6 : Carte du zonage de la sismicité en France

Comme il est d'usage, l'étude géotechnique des sols n'est effectuée pour le calcul et la définition précises des fondations qu'après l'obtention de l'ensemble des autorisations nécessaires à la réalisation du projet. Plusieurs sondages de reconnaissance seront



effectués pour déterminer la nature exacte du sous-sol, ses caractéristiques géotechniques ainsi que ses conditions hydrogéologiques.

Par ailleurs, il existe actuellement plusieurs techniques de réalisation des fondations des éoliennes (embase poids, sur colonnes ballastées, sur inclusions rigides, sur pieux, etc.) qui permettent de répondre à la problématique de chaque type de sol.

Suite à cette étude géotechnique, le constructeur dimensionne la fondation de l'éolienne. Le calcul des charges extrêmes des éoliennes est basé sur la norme EC8 (Eurocode 8 - conception et dimensionnement des structures pour leur résistance aux séismes). Le modèle de charge des éoliennes prendra en compte les conditions de vent normales et extrêmes (par exemple le vent extrême, les rafales, les turbulences, etc.), les charges sismiques et le comportement dynamique de l'ensemble de la structure (pales, nacelle, tour, fondation).

#### d. Orages et foudre

L'activité orageuse sur une commune peut être évaluée par le nombre de jours d'orage.

Le **nombre de jours d'orage** provient des mesures du réseau de détection foudre nommé « réseau Météorage ». Pour chaque commune, ce nombre est calculé à partir de la Base de Données Foudre et représente une moyenne sur les 10 dernières années.

La valeur moyenne du nombre de jours d'orage, en France, est de 11,47.

La meilleure représentation de l'activité orageuse est la **densité d'arcs** (Da) qui est le nombre d'arcs de foudre au sol par km<sup>2</sup> et par an. Le réseau de détection de la foudre utilisé par Météorage permet une mesure directe de cette grandeur.

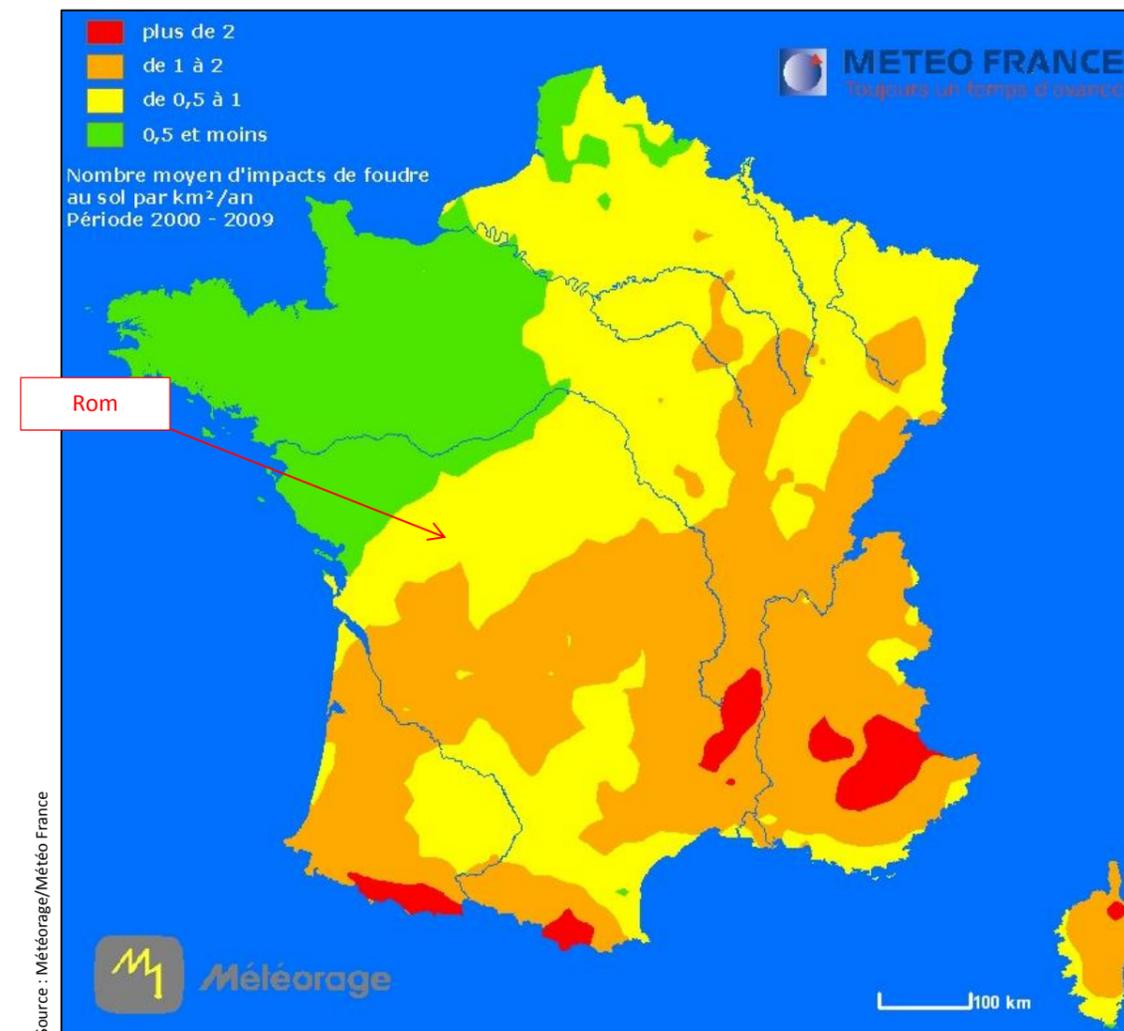
La valeur moyenne de la densité d'arcs, en France, est de 1,53 arc par km<sup>2</sup> et par an, soit un nombre d'impacts de foudre de 0,73/km<sup>2</sup>/an (la relation est : nombre d'impact de foudre = Densité d'arcs/2,1).

Les données de foudre pour la commune de Rom sont les suivantes :

	Densité d'arcs (Da)	Classement (sur 37759 communes)
Rom	1,24	21 860

**Tableau 7 : Données de foudroiement sur site**  
(Source : Météorage / Météo France)

Ces données montrent que les orages ont une intensité et une fréquence peu élevées (par rapport à la moyenne nationale) sur le secteur du projet de parc.



**Figure 9 : Densité de foudroiement (impact de la foudre au sol par an et par km<sup>2</sup>)**



**e. Inondations, remontée de nappe et aléa gonflement/retrait des argiles**

La commune de Rom n'est pas concernée par un Plan de Prévention du Risque Naturel (PPRN) ou un Plan de Prévention des Risques d'Inondation (PPRI) d'après le Dossier Départemental des Risques Majeurs (DDRM). Toutefois, la commune est incluse dans l'AZI (Atlas des Zones Inondables) de la Dive du Sud. D'après le site « cartorisque.prim.net », le Nord de la zone d'étude est concerné par ce risque.

Les sols argileux présentent des comportements structuraux différentiels selon s'ils sont asséchés ou s'ils sont gorgés d'eau. Ainsi, ils ont tendance à se rétracter en période sèche et se gonfler en présence de précipitations. Ce mécanisme est appelé « Aléa retrait/gonflement des argiles ». Plus un sol sera sujet à ce phénomène dans sa fréquence et son intensité, plus le risque d'effondrement des structures construites au-dessus sera fort.

La commune de Rom est soumise à un aléa gonflement/retrait des argiles allant de nul à moyen. L'aire d'étude est également concernée par un aléa nul à moyen.

Pour le risque de remontée de nappe (domaine des sédiments), la commune concernée par le projet de parc éolien a des niveaux d'aléa allant de très faible à « nappe sub-affleurante ». L'aire d'étude est quant à elle concernée par des niveaux d'aléa « remontée de nappes » allant de faible au Sud, à l'Ouest et au Nord-Est à nappe sub-affleurante au Nord-Ouest.

Les cartes en pages suivantes représentent ces aléas.

**f. Autres risques naturels**

Rom est également soumise aux risques météorologiques :

- foudre,
- neige et pluies verglaçantes,
- tempête et grains.



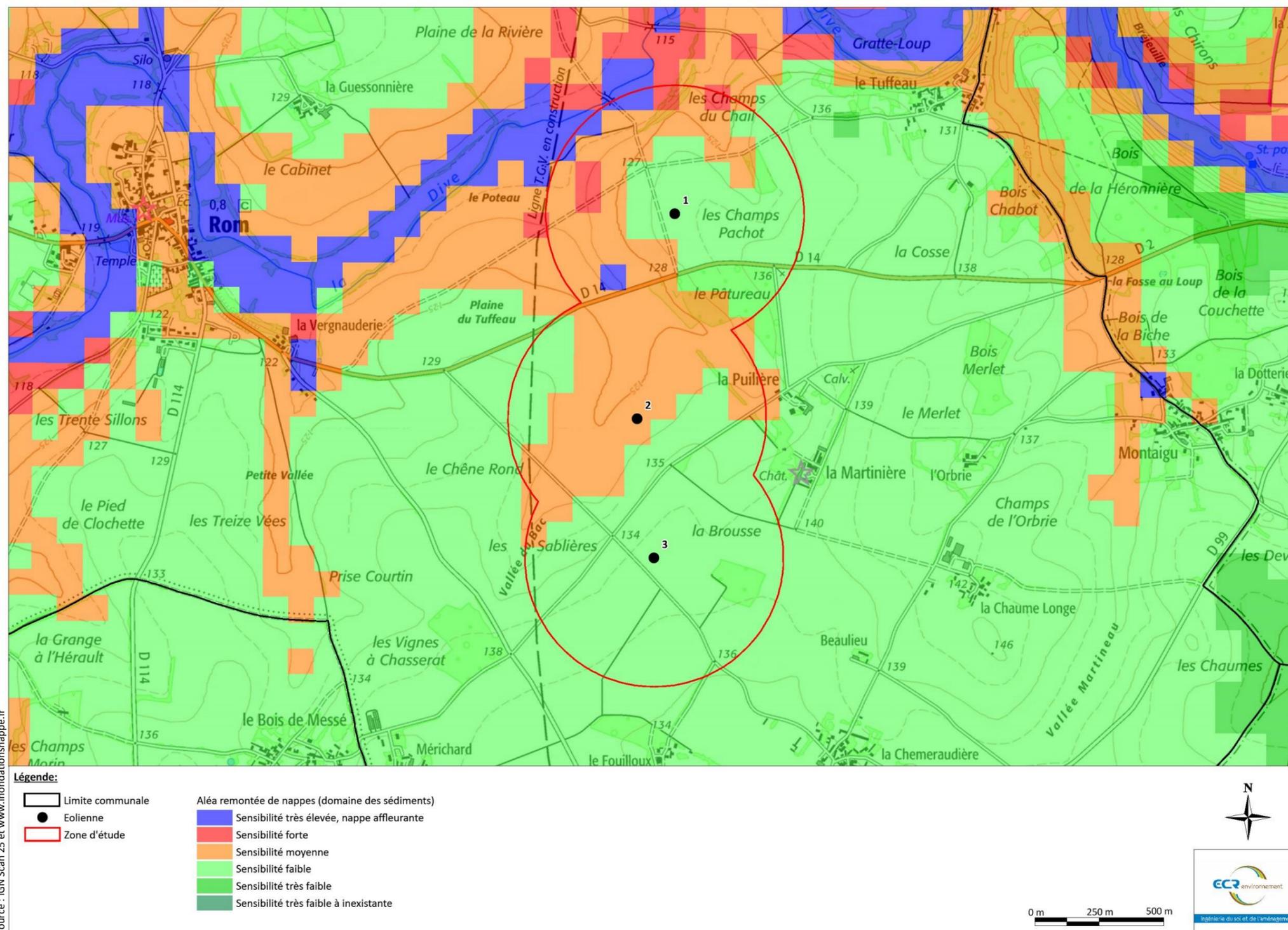


Figure 10 : Aléa remontée de nappe phréatique

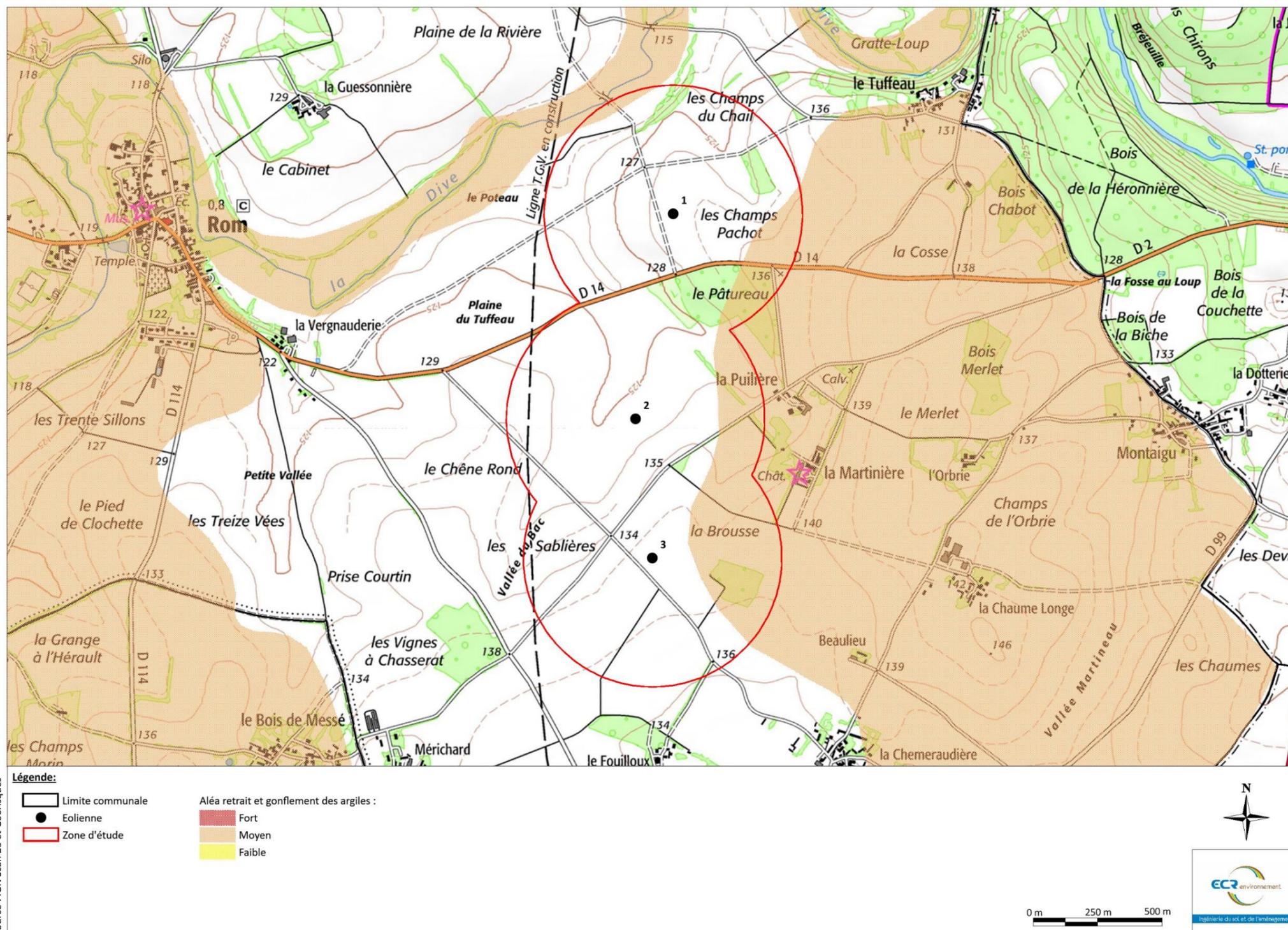


Figure 11 : Aléa retrait/gonflement des argiles

### 3.3. ENVIRONNEMENT MATERIEL

#### 3.3.1. Voies de communication

Les principaux axes de communication appartenant à l'aire d'étude sont :

- les voies communales et chemins d'exploitations,
- la RD 14 au centre, reliant Rom à Lezay,
- la LGV Tours-Bordeaux traverse la zone d'implantation potentielle du Nord vers le Sud.

D'après le Conseil Général des Deux-Sèvres, les données du comptage routier sur la RD 14 nous donnent une moyenne journalière annuelle de 1 086 véhicules par jour dont 8% de poids-lourds. La circulation y est inférieure à 2000 véhicules/jour, la RD14 n'est donc pas une voie structurante.

La LGV Tours-Bordeaux traverse la zone d'étude du Nord vers le Sud. L'hypothèse retenue lors des études pour la fréquentation à l'horizon 2036 est de 53 TGV unités simples et 79 TGV unités doubles, dans les deux sens confondus soit 132 TGV par jour. Selon « Le Guide technique de l'étude de dangers », 1 train équivaut à 100 véhicules, pour Rom cela signifie 13 200 « véhicules ». Ainsi la LGV est une voie structurante.

L'aire d'étude n'est concernée par aucun transport fluvial ou aérien (absence de servitude aéronautique). On notera toutefois la présence d'un aérodrome privé à 4,9 km au Nord-Ouest de l'éolienne E1 (la plus proche).

#### 3.3.2. Servitudes et réseaux publics et privés

Des demandes de renseignements ont été envoyées aux organismes concernés.

##### a. Servitudes de protection du patrimoine archéologique, de l'architecture et du patrimoine

La Direction Régionale des Affaires Culturelles de Poitou-Charentes nous informe de la présence de nombreux sites archéologiques au sein de la zone d'étude. Ainsi, une opération d'archéologie préventive est prescrite, selon la réglementation en vigueur (article L.522.2 du Code du Patrimoine). Cette opération peut avoir lieu en amont, avec une demande anticipée de l'aménageur ou bien dans le cadre de l'instruction de l'autorisation environnementale.

Aucun Monument Historique inscrit ou classé n'est présent sur la commune de Rom et donc au sein de la ZIP, toutefois l'Architecte des Bâtiments de France évoque la présence de monuments historiques sur les communes voisines et indique qu'au vue de la taille des éoliennes projetées (150 m) et de la topographie du secteur, il émettra un avis défavorable (en date du 1<sup>er</sup> décembre 2014).

##### b. Servitudes liées à l'eau potable

L'ARS indique que le projet s'inscrit au sein des périmètres de protection du captage de Chantemerle situé sur la commune de Couhé (86).

En effet, la ZIP s'inscrit au sein des périmètres de protection rapprochée et éloignée des forages F0 et F1 selon la DUP du 11/09/2008. La réglementation est la suivante :

N°	Définition des activités	Protection rapprochée		Protection éloignée
		Interdiction	Réglementation spécifique	Réglementation spécifique
1	La création de forage ou de puits autres que pour l'AEP	X		
2	L'ouverture et l'exploitation de carrières ou gravières	X		
3	L'ouverture d'excavations autres que celles destinées au passage de canalisations d'AEP ou éventuellement d'assainissement, d'irrigation ou à l'effacement des réseaux aériens	X		
4	Le remblaiement des excavations ou carrières existantes		X	
5	L'installation de dépôts d'ordures ménagères, d'immondices, de débris, de produits radioactifs et de tous produits ou matières susceptibles d'altérer la qualité des eaux	X		
6	L'établissement de toutes constructions mêmes provisoires, autres que celles strictement nécessaires à l'exploitation et à l'entretien des points d'eau			
7	L'assainissement individuel		X	
8	L'implantation d'ouvrages de transport d'eaux pluviales ou d'eaux usées, qu'elles soient brutes ou épurées		X	
9	L'implantation de canalisations d'hydrocarbures liquides ou de tout autre produit liquide ou gazeux susceptible de porter directement ou indirectement atteinte à la qualité des eaux		X	
10	Les installations de stockage d'hydrocarbures liquides ou gazeux		X	
11	Les installations de stockage d'eaux usées d'origine industrielle ou de tous produits chimiques autres que ceux cités en 10, 12 et 13	X		
12	Le stockage de fumier, d'engrais organiques ou chimiques et de tous produits ou substances destinés à la fertilisation des sols ou à la lutte contre les ennemis des cultures		X	
13	Le stockage de matières fermentescibles destinées à l'alimentation du bétail		X	
14	L'épandage du fumier, d'engrais organiques ou chimiques destinés à la fertilisation des sols autres que ceux cités en 15		X	
15	L'épandage de lisiers, de boues de station d'épuration, de matières de vidange, de jus d'ensilage ou de toutes eaux usées brutes	X		
16	L'épandage de tous produits ou substances destinés à la lutte contre les ennemis des cultures (produits phytosanitaires ou apparentés)		X	



N°	Définition des activités	Protection rapprochée		Protection éloignée
		Interdiction	Réglementation spécifique	Réglementation spécifique
17	L'établissement d'étables ou de stabulations libres		X	
18	Le pacage d'animaux			
19	L'installation d'abreuvoirs ou d'abris destinés au bétail			
20	Le drainage des terres agricoles	X		
21	Le déboisement en dehors des coupes d'entretien et le dessouchage	X		
22	La création d'étangs	X		
23	Le camping (même sauvage) et le stationnement des caravanes ou camping-cars		X	
24	La construction et la modification des voies de communication ainsi que leurs conditions d'utilisation		X	
25	La création d'activités artisanales, industrielles ou commerciales, même temporaires, susceptibles de générer des pollutions non domestiques	X		
26	Autres : la modification du lit de la Dive (curage ou détournement)		X	

NB : En l'absence d'interdiction ou de réglementation spécifique, c'est la réglementation générale qui s'applique

**Tableau 8 : Prescription pour la protection des forages F0 et F1**

**RAPPEL DE LA RÉGLEMENTATION GÉNÉRALE :**

- Tous les bâtiments et habitations doivent être munis de dispositifs d'assainissement individuel conformes.
- Tous les stockages d'hydrocarbures doivent être sécurisés (double paroi ou cuvette de rétention).
- Aux sièges d'exploitation, les dépôts de fumier doivent être stockés sur aire étanche avec fosse de récupération.

La ZIP s'inscrit au sein du périmètre de protection éloignée du forage F0 selon la DUP du 11/09/2008 pour lequel la réglementation générale s'applique.

**c. Servitudes lignes électriques**

RTE nous informe qu'aucun ouvrage du Réseau de Transport d'Electricité n'est présent à proximité du projet.

Gérédis nous indique pour sa part la présence de réseau HTA et BTA à proximité de la ZIP et demande une distance minimale égale à la hauteur totale de l'éolienne, pales comprises, augmentée d'une distance de 30 m.

**d. Servitudes canalisation de gaz ou hydrocarbures**

GRT gaz a été contacté et a indiqué qu'il n'y avait pas d'ouvrages à proximité du projet.

**e. Servitudes aéronautique et militaire**

Le projet est situé en dehors de toute servitude aéronautique ou radioélectrique associée à des installations. Par ailleurs, compte-tenu de la hauteur totale hors sol des éoliennes, un balisage diurne et nocturne conforme à l'arrêté du 23 avril 2018 relatif à la réalisation du balisage des obstacles à la navigation aérienne, est à prévoir.

**f. Servitudes aéronautiques civiles**

L'aviation civile informe de la présence d'un aérodrome privé sur la commune de Rom (coordonnées WGS 84 : 46°20'11.9"N/0°7'20.7"E). Toutefois compte tenu que le tour de piste se fait à l'opposé du projet, l'implantation d'éoliennes à moins de 5 km ne constituera pas un danger pour l'utilisation de cet aérodrome.

La partie Sud du polygone d'étude est également située à moins de 5 km de l'aérodrome de Couhé – Vêrac, ouvert à la circulation aérienne publique.

L'aviation civile émet un avis favorable à l'implantation d'éoliennes à moins de 5 km de l'aérodrome sous réserve que l'altitude sommitale des éoliennes soit limitée à 300 m NGF.

Compte tenu de la hauteur des éoliennes, il est nécessaire de prévoir un balisage diurne et nocturne réglementaire (en application de l'arrêté du 23 avril 2018 relatif à la réalisation du balisage des obstacles à la navigation aérienne).

**g. Servitudes radioélectriques**

Il n'y a pas de servitude radioélectrique sur la commune de Rom

**h. Servitudes liées au radar Météo France**

La zone d'étude est située en dehors de toute servitude liée aux radars Météo France.

**i. Servitudes liées à la LGV**

Il est préconisé, à titre indicatif, à minima une implantation à une distance égale à deux fois la hauteur du mât, soit 300 m pour des éoliennes de 150 m.

**j. Récapitulatif des servitudes**

Les différents services et organismes gestionnaires des réseaux ou installations à l'origine de servitudes et obligations réglementaires ont été consultés. Les points importants à signaler sont les suivants :

- présence d'une servitude liée à la présence d'installations aéronautiques de l'aviation civile,
- présence de servitudes liées au patrimoine archéologique,
- présence d'une servitude liée à l'eau potable (périmètres de protection de captage),
- présence d'une servitude liée à la présence de la LGV.

Le tableau suivant énumère la liste de services consultés et résume les prescriptions imposées :

Services consultés	Servitudes/conseils
ARS	– Zone d'implantation au sein des périmètres de protection du captage de Chantemerle
CG 79	– Respecter une distance d'au moins de la hauteur des éoliennes (mât + pale) vis-à-vis des routes
GRTgaz	– Absence de réseaux à proximité
RTE	– Absence de réseaux à proximité



Services consultés	Servitudes/conseils
<b>GEREDIS</b>	– Présence de réseau HTA et BTA à proximité, une distance minimale égale à la hauteur totale de l'éolienne, pales comprises, augmentée d'une distance de 30 m
<b>DGAC Direction Générale de l'Aviation Civile</b>	– Avis favorable sous réserve que l'altitude sommitale des éoliennes soit limitée à 300 m NGF
<b>Armée de l'Air</b>	– Absence de servitudes
<b>Service Départemental de l'Architecture et du Patrimoine des Deux- Sèvres</b>	– Aucun site ni monument historique classé ou inscrit ne s'inscrit dans la zone d'implantation potentielle toutefois l'avis est défavorable en date du 1 <sup>er</sup> décembre 2014
<b>Service Régional de l'Archéologie</b>	– Présence de nombreux sites archéologiques, une opération d'archéologie préventive est donc prescrite
<b>COSEA (groupement d'entreprises piloté par Vinci Construction pour la construction de la LGV Tours-Bordeaux)</b>	– Il est préconisé à minima une implantation à une distance égale à deux fois la hauteur du mât, soit 300 m pour une éolienne de 150 m de hauteur
<b>Service départemental d'incendie et de secours des Deux-Sèvres</b>	– Avis favorable

Tableau 9 : Tableau des services de servitudes consultés

### 3.3.3. Autres ouvrages publics

La commune de Rom ne dispose pas de système d'assainissement collectif (station d'épuration).

## 3.4. CARTOGRAPHIE DE SYNTHÈSE

Ci-après est présentée une cartographie représentant les enjeux à protéger dans l'aire d'étude de chaque aérogénérateur.

Le Tableau 10 page 27 identifie le nombre de personnes exposées par secteur (champs, routes, habitations, ...).



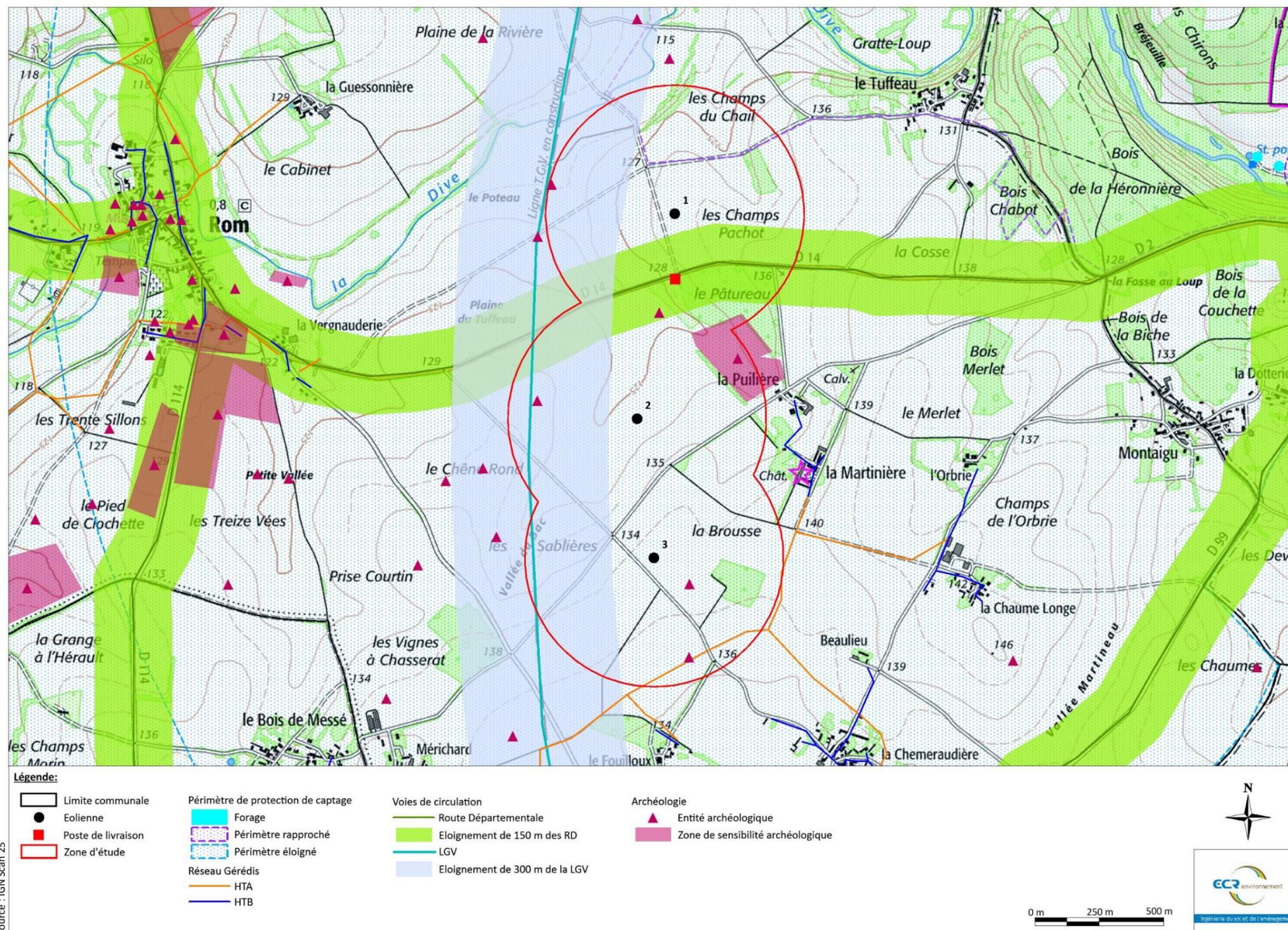


Figure 12 : Cartographie de synthèse

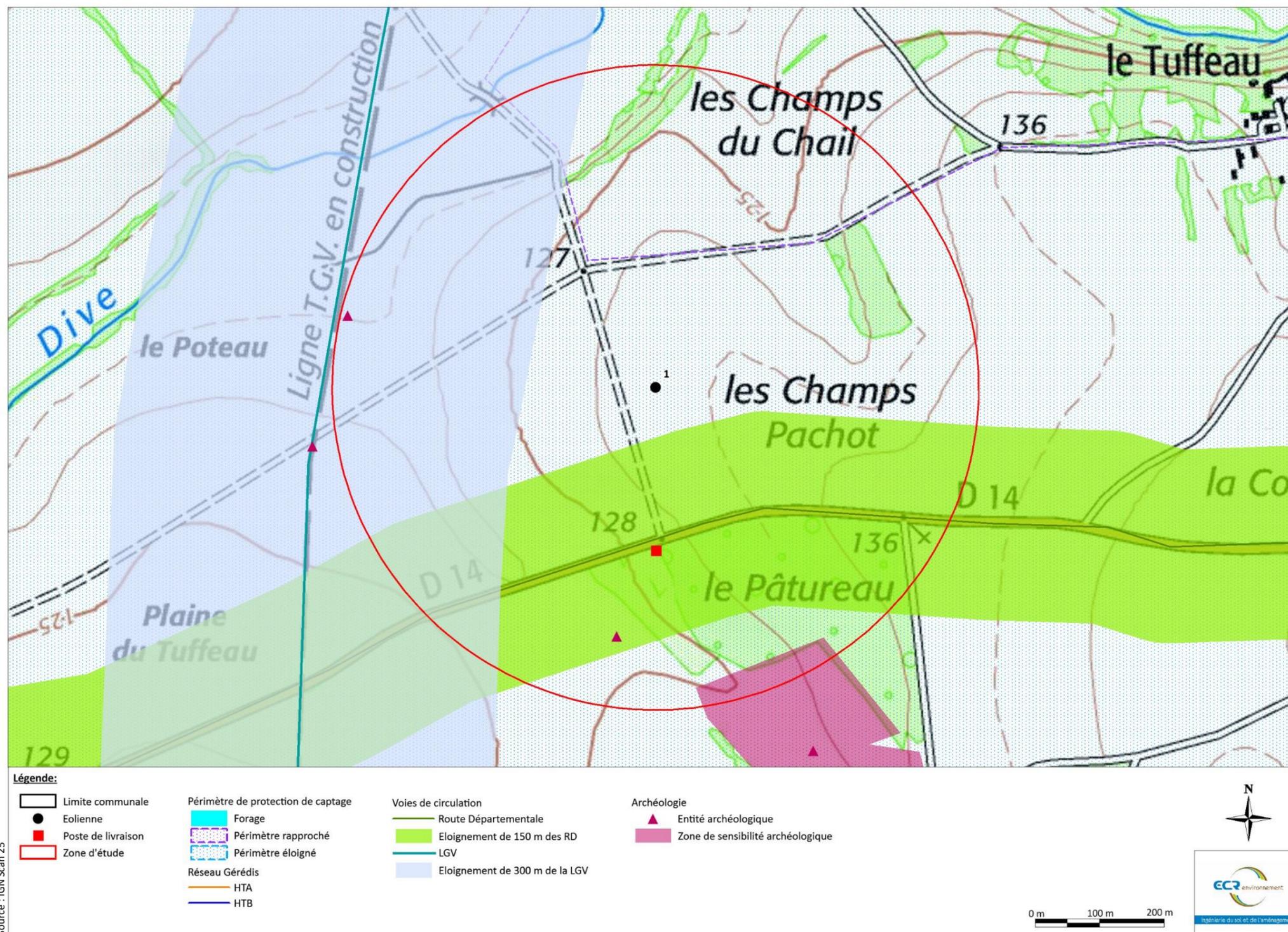


Figure 13 : Synthèse éolienne E1

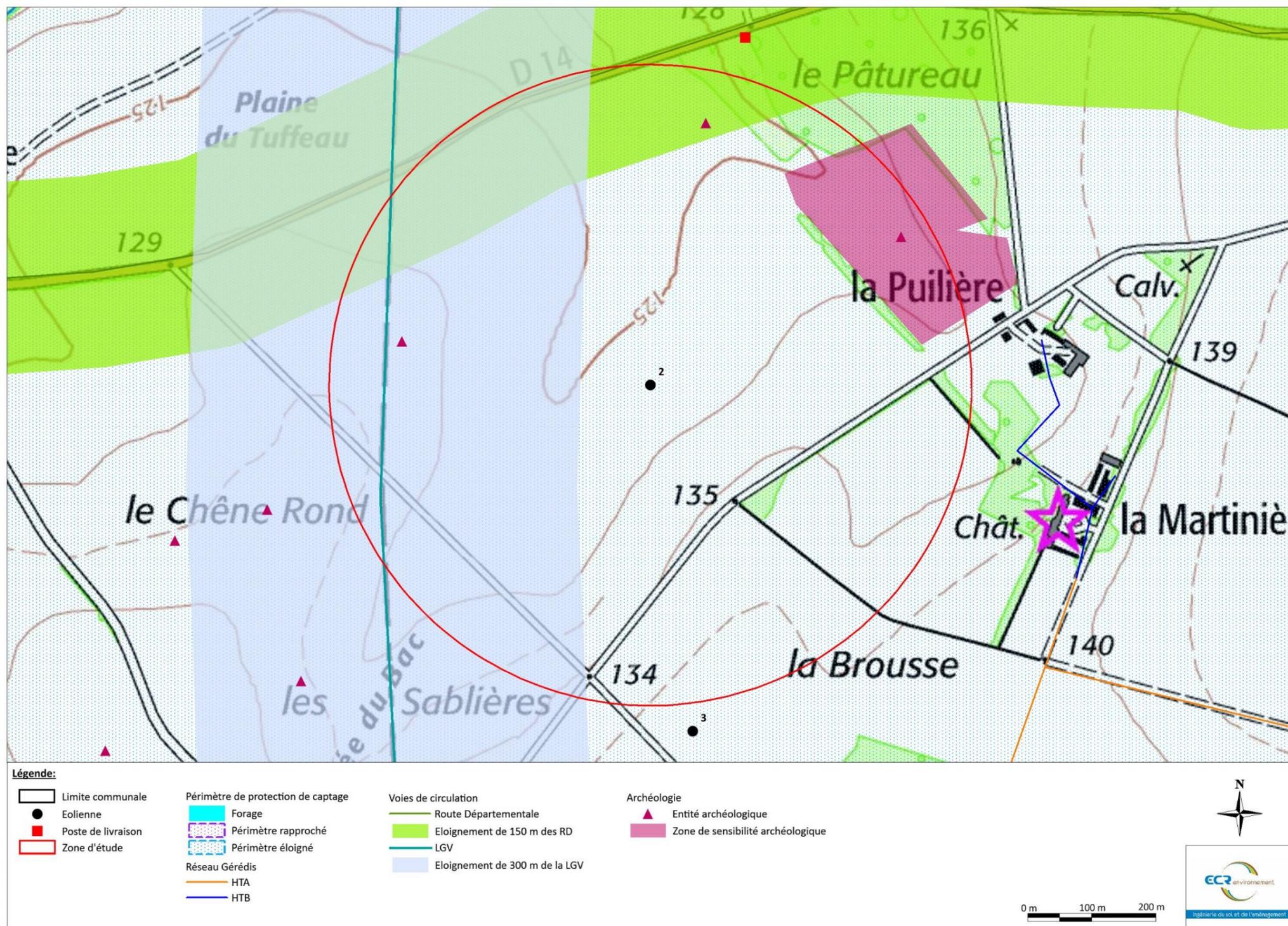


Figure 14 : Synthèse éolienne E2

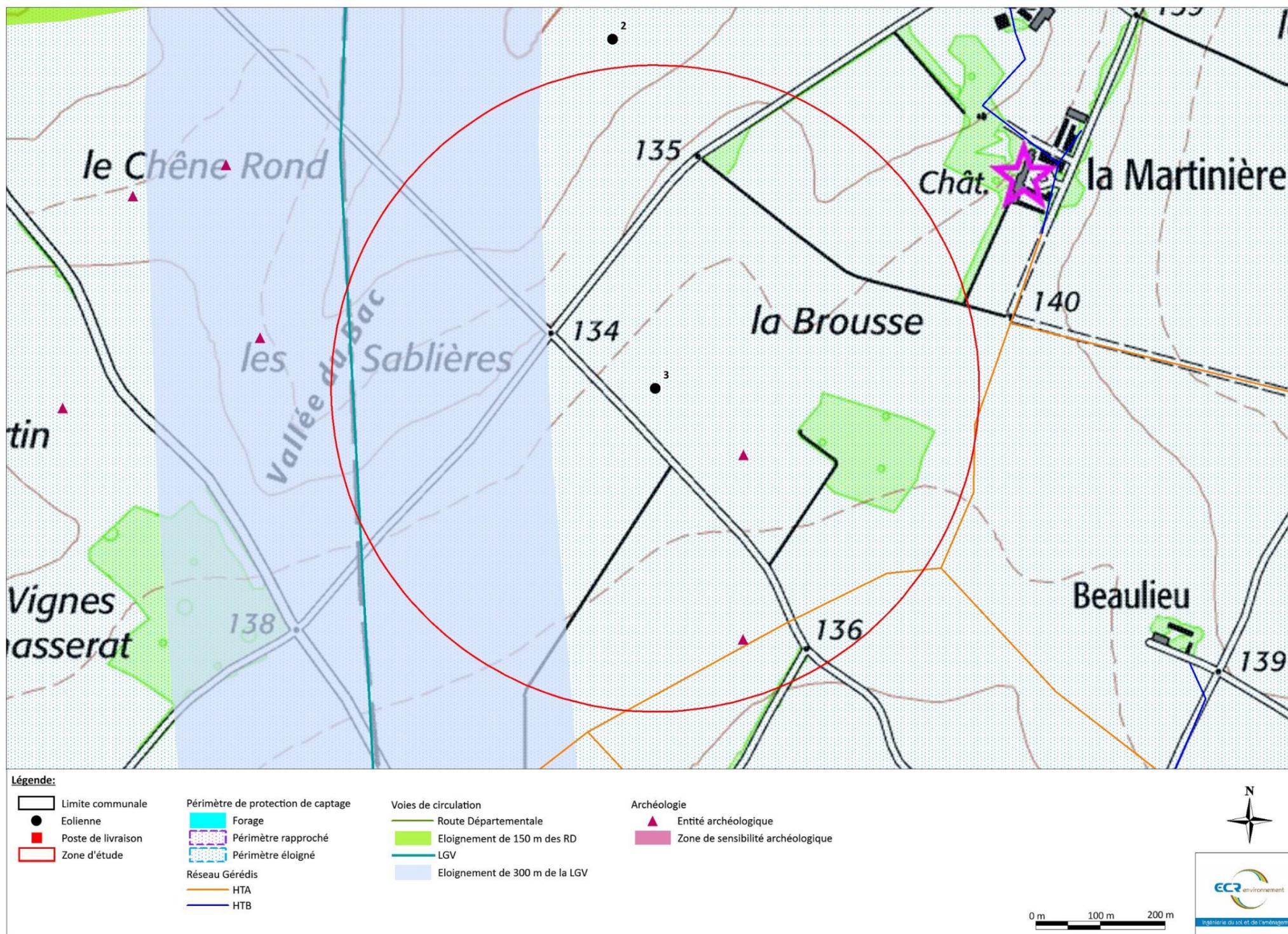


Figure 15 : Synthèse éolienne E3

secteurs	Terrains non bâtis			Voies de circulation				Logements	ERP	ZA	Total enjeu humain
	Non aménagés*	Aménagés peu fréquentés**	Aménagés fréquentés	Automobile	Ferroviaire***	Navigable	Chemin et voie piétonne				
Eolienne 1	74,72 ha soit 0,7472 personne	3,81 ha soit 0,381 personne									<b>1,1282 personne</b>
Eolienne 2	75,82 ha soit 0,7582 personne	2,71 ha soit 0,271 personne			0,620 km 32,736 personnes						<b>33,7655 personnes</b>
Eolienne 3	75,151 ha soit 0,75151 personne	3,379 ha soit 0,379 personne			0,24 km 12,672 personnes						<b>13,80 personnes</b>

**Tableau 10 : Comptage des enjeux humains par éolienne**

Notons qu'une aire d'étude représente 78,53 hectares.

\*Terrains non aménagés et très peu fréquentés (champ, prairies, forêts, friches, marais...) : compter 1 personne par tranche de 100 hectares.

\*\*Terrains aménagés mais peu fréquentés (voies de circulation non structurantes, chemins agricoles) : compter une personne par tranche de 10 hectares.

\*\*\*Voie ferroviaire, compter 1 train équivalent à 100 véhicules (soit 0,4 personnes exposées en permanence par kilomètre et par train).

La LGV Tours-Bordeaux devrait à l'horizon 2036 comptabiliser 132 TGV par jours (deux sens confondus) selon COSEA.



## 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, 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, composée de plusieurs aérogénérateurs et de leurs annexes :

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

#### a. Eléments 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.

Une éolienne est constituée des éléments principaux suivants :

- un rotor, constitué du moyeu, de trois pales (pour la grande majorité des éoliennes actuelles) construites en matériaux composites et du système à pas variable (1)
- une nacelle supportant le rotor, dans laquelle se trouvent des éléments techniques indispensables à la création d'électricité (2)
  - o le générateur transforme l'énergie de rotation du rotor en énergie électrique ;
  - o le multiplicateur (certaines technologies n'en utilisent pas) ;

- o le système de freinage mécanique ;
  - o le système d'orientation de la nacelle qui place le rotor face au vent pour une production optimale d'énergie ;
  - o les outils de mesure du vent (anémomètre, girouette),
  - o le balisage diurne et nocturne nécessaire à la sécurité aéronautique.
- un mât maintenant la nacelle et le rotor (3), 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;
  - une fondation assurant l'ancrage de l'ensemble (4) ;

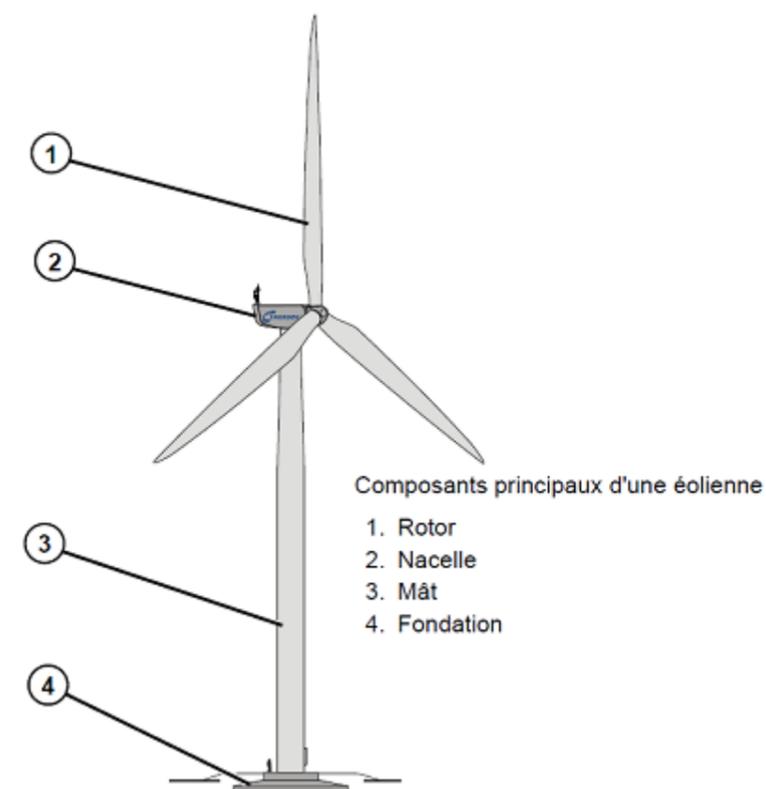


Figure 16 : Dénomination des différents éléments d'une éolienne

#### b. 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.

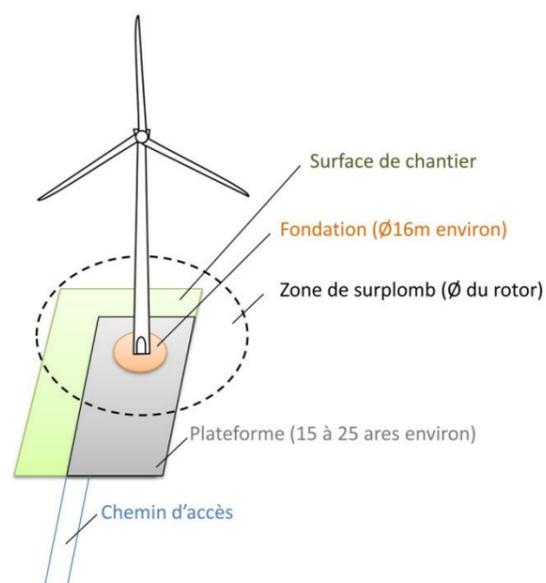


Figure 17 : Illustration des emprises au sol d'une éolienne

(Les dimensions sont données à titre d'illustration pour une éolienne d'environ 150 m de hauteur totale).

### c. Chemins d'accès

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

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

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

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

### 4.1.2. Activité de l'installation

L'activité principale du parc éolien de Rom est la production d'électricité à partir de l'énergie mécanique du vent avec une hauteur (mât + nacelle) :

- Cas n°1 : éolienne issue du fabricant ENERCON, modèle E115 de 95,07 m,
- Cas n°2 : éolienne issue du fabricant NORDEX, modèle N117 de 93 m,
- Cas n°3 : éolienne issue du fabricant VESTAS, modèle V117 de 94,9 m.

Cette installation est donc soumise à la rubrique 2980 des installations classées pour la protection de l'environnement.

### 4.1.3. Composition de l'installation

Le parc éolien de Rom est composé de 3 aérogénérateurs et d'un poste de livraison. Le poste source supposé serait celui de Anché-Voulon à Anché (86), à environ 13 km (11 km à vol d'oiseau) du projet.

Le choix de la société SOLVEO Energie porte sur trois types d'éoliennes, à savoir :

Modèle	Eolienne V117	Eolienne N117	Eolienne E115
Marque	VESTAS	NORDEX	ENERCON
Puissance	3,3 MW	3,3 MW	3 MW
Diamètre du rotor	117 m	116,8 m	115,71 m
Hauteur du mât au moyeu	91,5 m	91 m	92 m
Hauteur du mât au sens ICPE (mât + nacelle)	94,9 m	93 m	95,07 m
Hauteur en bout de pales	150 m	149,4 m	149,9 m

Figure 18 : Caractéristiques principales des éoliennes

Le tableau suivant indique les coordonnées géographiques des aérogénérateurs et du poste de livraison dans le système de coordonnées UTM/WGS84 :

Eolienne	Coordonnée UTM/WGS 84	
	Longitude (E)	Latitude (N)
E1	0°8'28.0363" E	46°17'37.2638" N
E2	0°8'22.4887" E	46°17'11.4194" N
E3	0°8'26.6006" E	46°16'54.1060" N
Poste de livraison	0°8'28.57" E	46°17'29.1" N

Tableau 11 : Coordonnées des éléments de l'installation



Numéro de l'éolienne	Altitude en bout de pale en mètres NGF
1	282
2	278
3	288
Poste de livraison	

**Tableau 12 : Altitude des éoliennes**

Conformément à l'article 14 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 prescriptions à observer par les tiers sont affichées en caractères lisibles avec des pictogrammes sur un panneau sur le chemin d'accès de chaque aérogénérateur et sur le poste de livraison. Elles concernent notamment :

- les consignes de sécurité à suivre en cas de situation anormale,
- l'interdiction de pénétrer dans l'aérogénérateur,
- la mise en garde face aux risques d'électrocution.

Le parc sera exploité par Le Parc Eolien de la Vallée du Haut Bac qui missionnera l'équipe d'exploitation technique et administrative de SOLVEO Energie et la maintenance sera assurée par le fabricant de l'éolienne qui sera choisie.



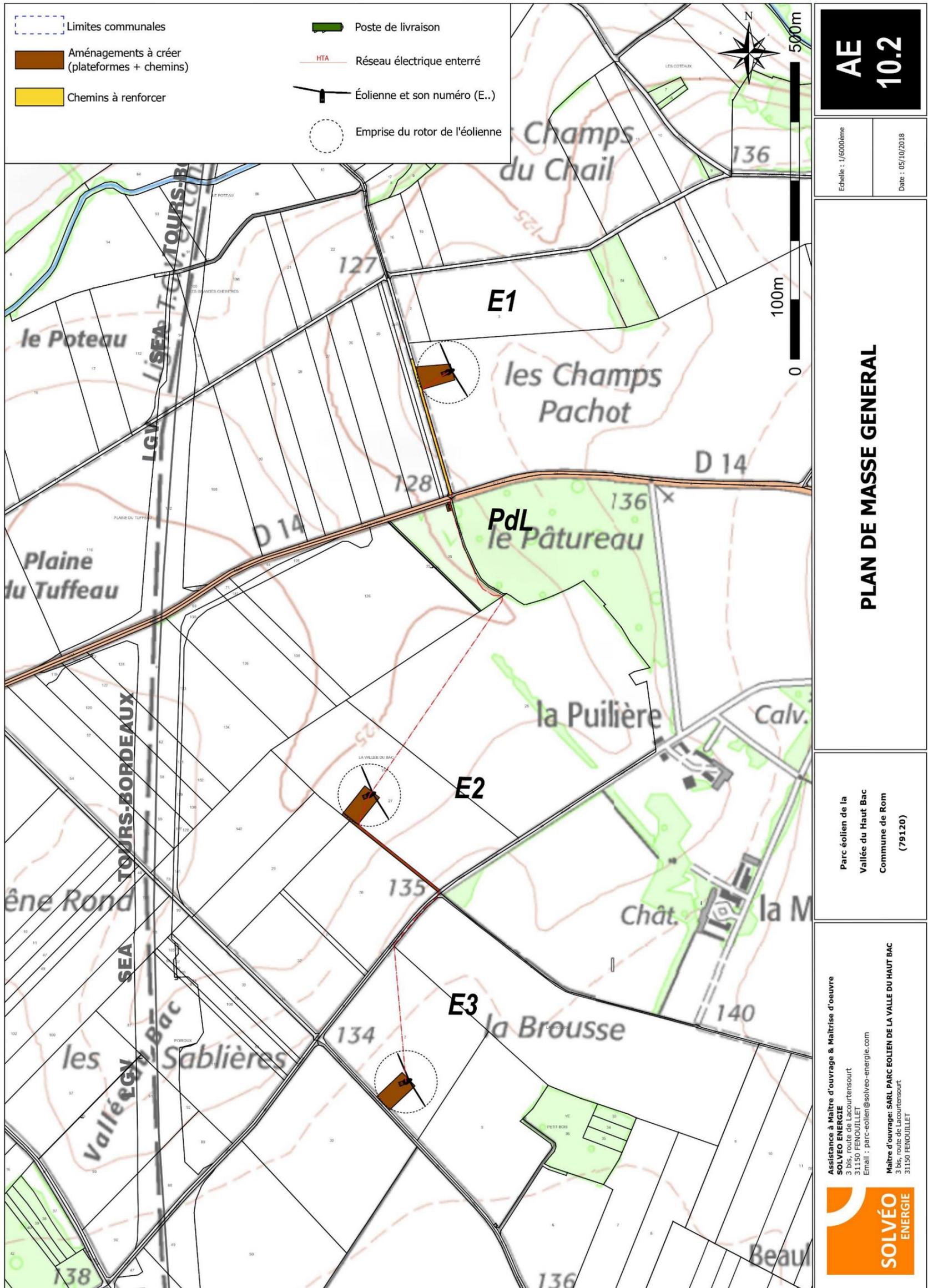


Figure 19 : Localisation des éoliennes, des postes de livraison

## 4.2. FONCTIONNEMENT GENERAL 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 à partir de 12 km/h que l'éolienne peut être couplée au réseau électrique. Le rotor et l'arbre dit «lent» transmettent alors l'énergie mécanique à basse vitesse (entre 5 et 20 tr/min) aux engrenages du multiplicateur, dont l'arbre dit «rapide» tourne environ 100 fois plus vite que l'arbre lent. Certaines éoliennes sont dépourvues de multiplicateur et la génératrice est entraînée directement par l'arbre «lent» lié au rotor, c'est notamment le cas pour les machines ENERCON. Ensuite, 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».

La vitesse de rotation du rotor est quasi constante pour les machines asynchrones (Vestas, Senvion, Nordex...). Elle est plus variable (de 4 à 10,8 tours/minutes) pour les machines synchrones (Enercon).

Pour un aérogénérateur de 2,5 MW par exemple, la production électrique atteint 2 500 W dès que le vent atteint environ 50 km/h à hauteur de nacelle. L'électricité produite par la génératrice est 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.

Le tableau ci-après donne des précisions sur les caractéristiques des aérogénérateurs.

Élément de l'installation	Fonction	Caractéristiques
Fondation	Ancrer et stabiliser l'éolienne dans le sol	Le massif de fondation est composé de béton armé et conçu pour répondre aux prescriptions de l'Eurocode 2. Les fondations ont entre 2.5 et 4 mètres d'épaisseur pour un diamètre de l'ordre de 15 à 20 mètres. Cette structure doit répondre aux calculs de dimensionnement des massifs qui prennent en compte les caractéristiques suivantes : <ul style="list-style-type: none"> <li>• Le type d'éolienne ;</li> <li>• La nature des sols ;</li> <li>• Les conditions météorologiques extrêmes ;</li> <li>• Les conditions de fatigue.</li> </ul>
Mât	Supporter la nacelle et le rotor	La tour des éoliennes (également appelée mât) est généralement constituée d'environ 5 sections tubulaires en acier qui sont boulonnées ensemble. Certains fabricants optent pour des tours mixtes : en béton sur environ 2/3 de sa hauteur puis en acier pour le 1/3 supérieur. Les sections bétons sont assemblées sur site puis maintenues ensemble par des câbles ne acier.
Nacelle	Supporter le rotor Abriter le dispositif de conversion de l'énergie mécanique en électricité (génératrice, etc.) ainsi que les dispositifs de contrôle et de sécurité	La nacelle se situe au sommet de la tour et abrite le multiplicateur (quand il est présent) et la génératrice. Elle sert également de support pour les balisages lumineux et les capteurs de vent. La nacelle n'est pas fixée de façon rigide à la tour. La partie intermédiaire entre la tour et la nacelle constitue le système d'orientation, appelé « yaw system », permettant à la nacelle de s'orienter face au vent, c'est-à-dire de positionner le rotor dans la direction du vent.
Rotor / pales	Capter l'énergie mécanique du vent et la transmettre à la génératrice	Les rotors sont composés de trois pales fixées au moyeu. La rotation du rotor permet de convertir l'énergie cinétique du vent en énergie mécanique. Elle est ensuite transmise à la génératrice. Les pales peuvent pivoter d'environ 90 degrés sur leur axe. La position des pales est ajustée en fonction de la vitesse des vents afin d'optimiser au maximum la production en électricité de l'éolienne. Dans le cas où la vitesse de vent devient trop importante risquant d'amener une usure prématurée des divers composants ou de conduire à un emballement du rotor. Les pales sont ramenées dans une position où elles offrent le moins de prise au vent, dite « en drapeau », conduisant à l'arrêt du rotor (freinage aérodynamique).
Transformateur	Elever la tension de sortie de la génératrice avant l'acheminement du courant électrique par le réseau	Les éoliennes produisent une électricité en courant alternatif dont la tension est d'environ 690 V. La tension est relevée à 20 000 V par le transformateur, ce qui permet de réduire les pertes liées à l'effet Joule lors du transport de l'électricité.
Poste de livraison	Adapter les caractéristiques du courant électrique à l'interface entre le réseau privé et le réseau public	L'électricité d'un parc éolien est collectée par des câbles souterrains puis amenée jusqu'au poste de livraison. Ce dernier est un bâtiment qui sert d'interface entre le réseau public et le parc éolien. C'est là que sont disposés les compteurs, organes de sécurité électrique, et les interfaces de communication.

Tableau 13 : Caractéristiques des éléments de l'installation



#### 4.2.2. Sécurité des installations

##### a. Détection en cas d'incendie

Conformément à l'article 23 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 éoliennes seront équipées d'un système de détection incendie.

Les détecteurs de fumée font partie des équipements de série sur les turbines. Le couplage des éléments de détection de fumée au système SCADA permet l'envoi en temps réel d'alertes par SMS et par courriel, selon les instructions de l'exploitant.

##### b. Prévention en cas d'incendie

**Mesures réductrices** : conformément à l'article R111-5 du Code de l'urbanisme, des accès par les voies publiques pour les engins de lutte contre la protection d'incendie doivent être prévus.

Conformément à l'article 7 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 voies d'accès seront gardées en bon état d'utilisation pour permettre l'intervention des services d'incendie et de secours.

##### c. Mesures de protection contre les incendies

Les éoliennes sont principalement élaborées en matériaux non inflammables. La plupart des composants de l'éolienne sont surtout en métal. Ceci concerne le mât, le châssis machine, les arbres, le multiplicateur, l'agrégat hydraulique, le frein, la génératrice, les accouplements, les entraînements etc. Les fondations de l'éolienne sont quant à elles en béton armé.

**Mesures d'entretien** : les éoliennes sont visitées régulièrement pour des travaux d'entretien et de contrôle. Les techniciens de service sont tenus de prendre toutes les mesures nécessaires pour prévenir les incendies. Tous ces travaux sont uniquement confiés à du personnel dûment formé qui connaît tant les consignes de sécurité des manuels que les équipements correspondants. Les manuels correspondant contiennent des consignes détaillées à ce propos.

##### d. Prévention contre la foudre

Conformément à l'article 9 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, chaque éolienne est conforme à la norme IEC 61400-24.

##### e. Prévention contre les projections de neige ou de glace

Dans certaines conditions météorologiques, les pales peuvent se recouvrir de glace, de givre ou d'une couche de neige. Ceci arrive le plus souvent lorsque l'air est très humide, ou en cas de pluie ou de neige, et à des températures proches de 0 °C. Les dépôts de glace et de givre peuvent réduire le rendement et accroître la sollicitation du matériel (déséquilibre du rotor) et la nuisance sonore. La glace formée peut également présenter un danger pour les personnes et les biens en cas de chute ou de projection.

Pendant de telles conditions climatiques, l'exploitant de l'éolienne doit la surveiller particulièrement. Si un risque de givrage important est détecté, l'éolienne doit être arrêtée le redémarrage n'est possible qu'après avoir suivi une procédure spécifique.

Pour garantir la sécurité des personnes et des biens, les solutions consistent à installer un système d'alerte au givre, à mettre en place des périmètres de sécurité et/ou à immobiliser les machines en cas de gel sévère.

**Mesures de protection contre le givrage** : la présence de glace peut être automatiquement détectée par le système de détection de givre de l'éolienne. Ce dernier sert donc à détecter la présence de glace tout en évitant la projection de celle-ci.

Conformément à l'article 25 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 éoliennes seront équipées d'un système permettant de détecter ou de déduire la formation de glace sur les pales.

##### f. Prévention en cas de projection de pales ou de bris de pales

Le moyen le plus efficace pour se prémunir d'une éventuelle projection de fragment de pale ou de bout de pale consiste à respecter des distances d'isolement recommandées par rapport aux infrastructures existantes.

Des panneaux à cet effet sont d'ailleurs positionnés aux abords du parc éolien afin de prévenir les éventuels visiteurs des risques, du port du casque obligatoire ...

##### g. Prévention contre les chutes d'éléments dans le surplomb de l'éolienne

Les chutes d'éléments (bris de glace, bris de pales, chute de la nacelle...) peuvent potentiellement impacter des cibles humaines (promeneurs, agriculteurs...). Les moyens de prévention sont une maintenance régulière.

##### h. Balisage des éoliennes

Le Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable, du Transport et du Logement a publié un arrêté, en date du 13 novembre 2009, relatif à la réalisation du balisage des éoliennes. Ce dernier indique que l'ensemble du parc éolien doit être balisé.

Conformément à l'article 11 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 éoliennes seront dotées d'un balisage lumineux de nuit et de jour assuré par des feux d'obstacle.

Sur demande spécifique, le constructeur d'aérogénérateur (VESTAS, NORDEX, ENERCON) pourra fournir, pour information, ses documents EHS spécifiques (manuel de sécurité des turbines, plan EHS du site.. etc).

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

L'entretien sera confié à la société qui fournira les éoliennes : VESTAS, NORDEX ou ENERCON selon les aérogénérateurs choisis.

##### a. Formation du personnel

Les équipes de maintenance (turbinier) et d'exploitation font l'objet d'habilitations réglementaires, notamment liées au travail en hauteur et sont équipées d'Équipement de Protection Individuels (EPI) appropriés (casque, harnais, gants, longues avec amortisseur de chutes, dispositif antichute monté sur rail le long de l'échelle (type hakka ou autres) safety barrel (matériel d'évacuation d'urgence). Ils sont par ailleurs formés à l'évacuation d'urgence, et font l'objet de formations répétées en matière



de sécurité afin de les préparer au mieux au pire. Chaque montée en éolienne se fait en binôme afin de parer à un éventuel malaise.

Sur demande spécifique, le constructeur d'aérogénérateur (VESTAS, NORDEX et ENERCON) pourra fournir, pour information, ses documents EHS spécifiques (manuel de sécurité des turbines, plan EHS du site.. etc).

#### b. 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.

#### c. 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 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 du poste électrique de livraison, toutes les données d'exploitation peuvent être affichées et contrôlées, et des fonctions telles que le démarrage, l'arrêt et l'orientation des pales peuvent être commandées.

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

Le 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.

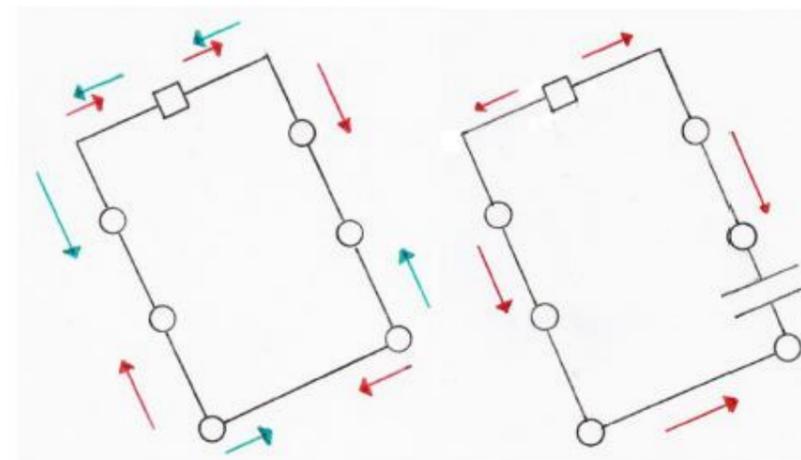


Figure 20 : Illustration du système en anneau garantissant une communication continue des éoliennes

○ Eolienne      □ SCADA      → Circulation de l'information

#### d. Certification des éoliennes

Les constructeurs de l'éolienne retenue s'engagent à respecter les principales normes et certifications applicables à l'installation.

#### 4.2.4. Stockage et flux de produits dangereux

Conformément à l'article 16 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, aucun produit combustible ou inflammable ne sera stocké dans les éoliennes du parc de Rom et l'intérieur restera propre. Les éléments à bain d'huiles ne sont pas un stock mais un élément de fonctionnement de l'installation (refroidissement, isolation électrique...) et ne sont donc pas concernés par cet article.

Les produits de nettoyage (type solvant) ne sont pas présents sur le site mais sont apportés de manière ponctuelle par les techniciens lors des phases de maintenance.



### 4.3. FONCTIONNEMENT DES RESEAUX DE L'INSTALLATION

Ce paragraphe permet de détailler la nature, les caractéristiques et l'organisation des réseaux électriques de l'installation :

- Tracés des câbles de liaison inter-éoliennes
- Tracés des câbles de liaison jusqu'au poste de livraison
- Caractéristiques des liaisons souterraines (profondeur d'enfouissement, type de câble, tension, etc.)
- Etc.

#### 4.3.1. Raccordement électrique

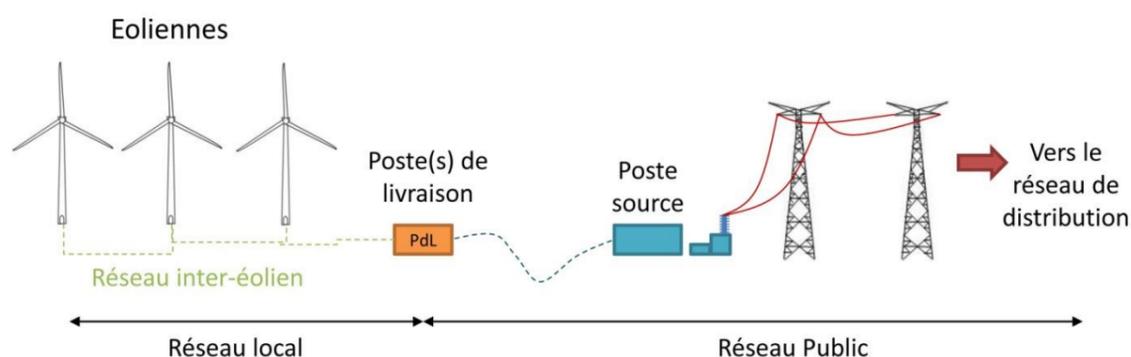


Figure 21 : Raccordement électrique des installations  
 (Source Guide SER/FEE)

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

Le réseau inter-éolien permet de relier le transformateur, intégré dans le mât de chaque éolienne<sup>2</sup>, au point de raccordement avec le réseau public. Ce réseau comporte également une liaison de télécommunication qui relie chaque éolienne au terminal de télésurveillance. Ces câbles constituent le réseau interne de la centrale éolienne, ils seront tous enfouis à une profondeur minimale de 80 cm.

#### b. Conformité des liaisons électriques

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

<sup>2</sup> Si le transformateur n'est pas intégré au mât de l'éolienne, il est situé à l'extérieur du mât, à proximité immédiate, dans un local fermé.

#### c. Caractéristique du câble électrique

Ces réseaux de raccordement électrique ou téléphonique (surveillance) entre les éoliennes et le poste de livraison seront enterrés sur toute leur longueur en longeant préférentiellement les pistes et chemins d'accès entre les éoliennes et le poste de livraison. La tension des câbles électriques est de 20 000 V.

#### d. 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. Ils passeront également pour partie à travers champs.

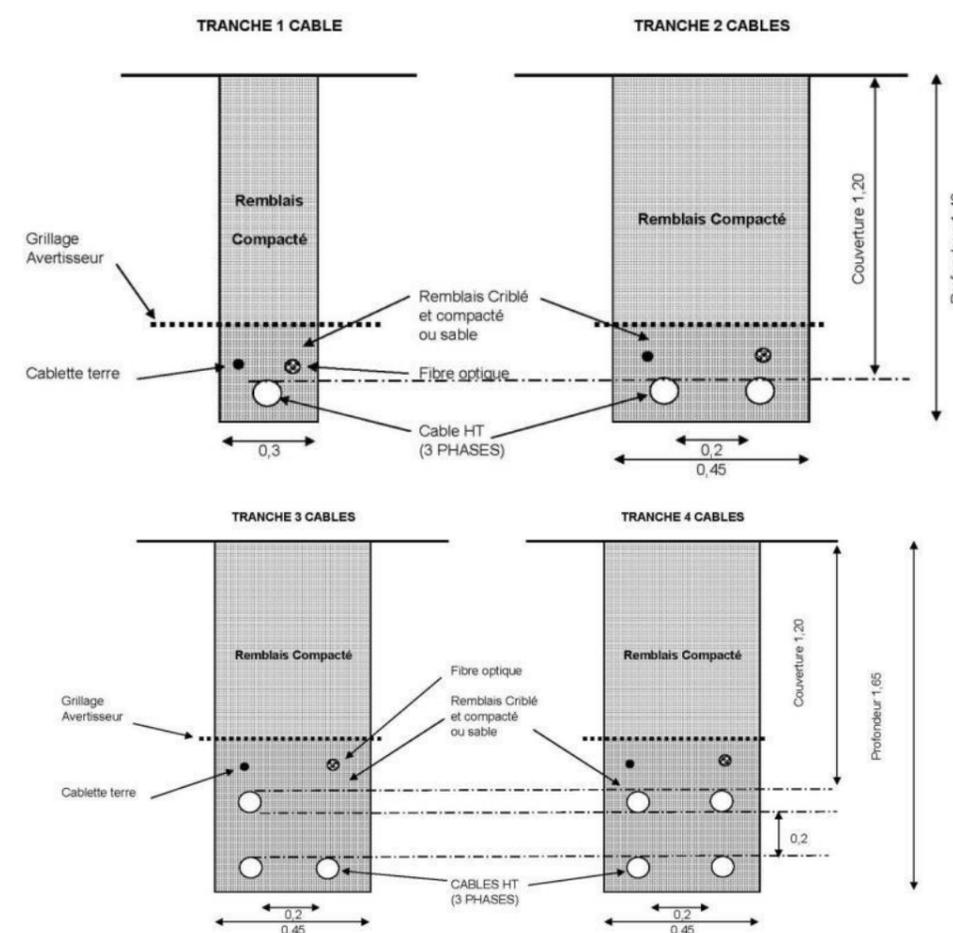


Figure 22 : Vue en coupe des tranchées selon le nombre de câbles passés  
 (Source ATER Environnement, 2015)



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

**e. Représentation graphique**

Une carte de situation sur fond IGN précise le tracé de principe des canalisations électriques projetées (Cf Figure 23, page suivante).

**f. Poste de livraison**

Le poste de livraison est le nœud de raccordement de toutes les éoliennes avant que l'électricité ne soit injectée dans le réseau public.

Pour le parc éolien de Rom, une structure de livraison est prévue. Cette structure est composée d'un poste de livraison dont les dimensions sont de 9 m de long par 2,5 m de large.

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

Le poste de livraison du parc éolien de Rom est situé à proximité de l'éolienne 1.

**g. Démarches préalables réalisées**

Le pétitionnaire atteste bénéficier des autorisations des propriétaires des terrains traversés par les câblages.

**h. Réseau électrique externe (ou réseau public)**

Le réseau électrique externe relie le poste de livraison avec le poste source (réseau public de transport d'électricité). Ce réseau est réalisé par le gestionnaire du réseau de distribution (généralement ERDF – Electricité Réseau Distribution France). Il est lui aussi entièrement enterré.

Dans le cas du parc éolien de Rom, le poste source du réseau électrique public sur lequel le raccordement du parc éolien paraît actuellement le plus probable est celui d'Anché-Voulon (86).

Toutefois, le tracé de ce réseau n'étant pas connu à ce jour et dépendant entièrement d'ErDF, il ne pourra être présenté dans le dossier.

---

**4.3.2. Autres réseaux**

Le parc éolien de Rom 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.



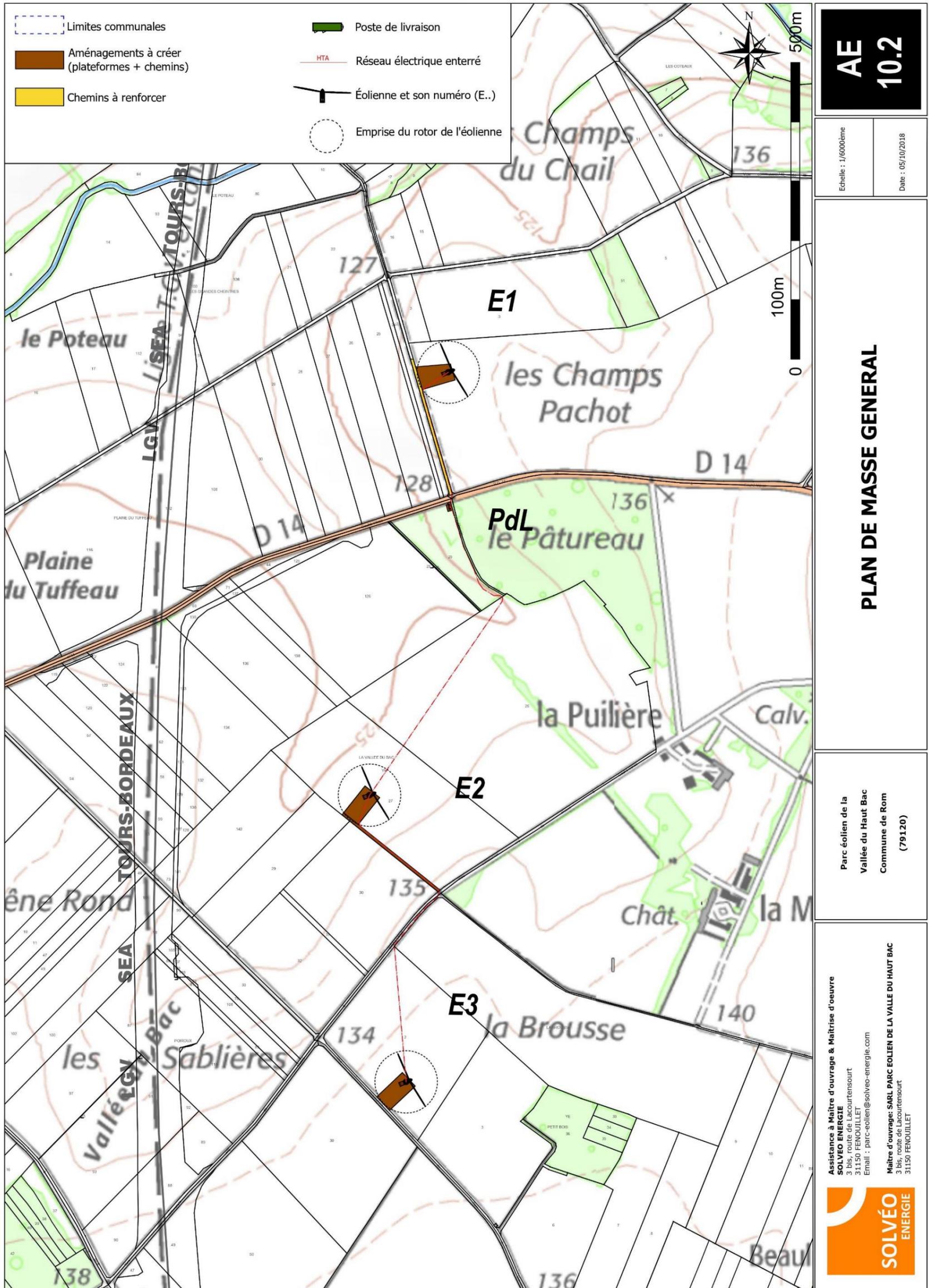


Figure 23 : Schéma du raccordement électrique interne

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

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

Les potentiels de dangers correspondent aux accidents majeurs susceptibles de se produire sur un équipement particulier, sans qu'aucun système de prévention ou de protection ne vienne influencer son développement ou limiter ses conséquences.

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. POTENTIEL DE DANGERS LIES AUX PRODUITS

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

Les potentiels de danger sont caractérisés par le couple :

- quantité de produit,
- dangerosité du produit.

Dans cette optique, tous les produits capables de conduire à un accident majeur sont recensés. Les produits de nettoyage ne sont pas pris en compte du fait de leurs très faibles quantités sur le site et de leur dangerosité faible.

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

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

Conformément à l'article 16 de l'arrêté du 26 août 2011 relatif aux installations éoliennes soumises à autorisation, aucun produit combustible ou inflammable n'est stocké dans les aérogénérateurs ou le poste de livraison.

Chaque constructeur dispose des fiches de données de sécurité de l'ensemble des produits utilisés et pourra les communiquer sur demande.

Les risques associés aux différents produits concernant le site du parc éolien sont :

**L'incendie** : des produits combustibles sont présents sur le site. Ainsi, la présence d'une charge calorifique peut alimenter un incendie en cas de départ de feu.

**La toxicité** : Ce risque peut survenir suite à un incendie créant certains produits de décomposition nocifs, entraînés dans les fumées de l'incendie.

**La pollution** : En cas de fuite sur une capacité de stockage, la migration des produits liquides dans le sol peut entraîner une pollution, également en cas d'entraînement dans les eaux d'extinction incendie.

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

Les dangers liés au fonctionnement du parc éolien de Rom 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,
- échauffement de pièces mécaniques,
- courts-circuits électriques (aérogénérateur ou poste de livraison).

Ces dangers potentiels sont recensés dans le tableau suivant :

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

Tableau 14 : Dangers potentiels de l'installation



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

#### 5.3.1. Réduction des dangers liés aux produits

Comme précédemment indiqué, les produits présents dans une éolienne sont principalement des huiles hydrauliques et des lubrifiants. Les lubrifiants doivent être contrôlés et partiellement renouvelés tous les 6 mois à 5 ans selon le type.

Les quantités de produits ne peuvent être diminuées et les produits lubrifiants en eux-mêmes ne peuvent faire l'objet de substitution (considérés comme non dangereux pour l'environnement si utilisés comme recommandés et combustibles mais non inflammables).

On note que la nacelle fait office de bac de récupération en cas de fuite au niveau de la couronne d'orientation (étanchéité à ce niveau-là).

La réduction des dangers liés aux produits dépend donc essentiellement de la bonne maintenance des appareils et du respect des règles de sécurité. Une attention particulière devra également être portée au transport des lubrifiants sur le site lors des phases de renouvellement.

#### 5.3.2. Réduction des dangers liés aux installations

Le choix du site d'implantation permet cette limitation. Les axes de communication à forte fréquentation ne sont pas présents dans l'aire d'étude. Seuls sont recensés :

- La route départementale D14 entre Rom et Lezay,
- La LGV Tours – Bordeaux,
- Les chemins communaux et/ou d'exploitation.

Cette départementale est fréquentée par 1 086 véhicules par jour dont 8% de poids-lourds. La RD24 se situe toutefois à environ 220 m de l'éolienne la plus proche (n°1).

La LGV Tours-Bordeaux traverse la zone d'étude du Nord vers le Sud. L'hypothèse retenue lors des études pour la fréquentation à l'horizon 2036 est de 53 TGV unités simples et 79 TGV unités doubles, dans les deux sens confondus.

Les chemins d'exploitation desservent quelques hangars agricoles et permettent l'accès aux champs aux engins agricoles. L'ensemble de ces voies de communication servira de voies d'accès pour l'acheminement des éoliennes.

L'emprise des éoliennes a été déterminée afin de tenir compte de plusieurs aspects : la sécurité, le potentiel vent, le paysage et la préservation des zones humides et habitats remarquables. Il s'agit donc d'un choix pour une considération optimale de ces différents aspects.

Le choix des machines a aussi son importance dans la réduction des potentiels de dangers.

Le balisage des éoliennes permet de les distinguer plus facilement de jour comme de nuit et permet d'éviter des collisions.

Une maintenance régulière permet de prévenir les accidents type bris de pales, chute d'objets.

Le port des EPI adaptés (et vêtements de travail) et le respect des règles de sécurité lors des interventions sur site sont définis et doivent être respectés pour éviter des accidents de type électrocution ou chute de grande hauteur. Des formations sécurité pour les techniciens intervenants sur le site seront dispensées. Des protections antibruit sont apportées par le personnel intervenant lors de leurs interventions sur site.

Les marches d'accès à l'éolienne seront munies d'un système doté d'anti-dérapant.

Des systèmes anti-chutes ainsi que des points d'ancrages seront présents dans le mât de l'éolienne.

Concernant les incendies, la majorité des matériaux composants les éoliennes sont incombustibles. La maintenance permettra également de repérer et d'endiguer (si besoin est) les fuites de lubrifiants. Des extincteurs sont mis à disposition dans chaque éolienne. La voie d'accès sera entretenue de manière régulière pour faciliter le passage des services de secours. On notera également la présence d'extincteurs et de systèmes de protection anti-incendie.

Concernant les dangers associés à la foudre, des systèmes parafoudres internes et externes (paratonnerre) sont prévus pour chaque éolienne.

Aucune mesure de réduction de danger particulière n'est mise en place pour des phénomènes naturels de type sismiques car ces risques sont considérés comme faibles dans la région. Concernant les inondations dues à la remontée du niveau de la nappe phréatique ainsi que le risque lié à l'aléa retrait-gonflement des argiles, ces risques doivent être pris en compte dans le dimensionnement des installations, comme indiqué au paragraphe 3.2.2e.

#### 5.3.3. 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 matières premières et ne rejetant aucune émission dans l'atmosphère, ne sont pas soumises à cette directive.



## 6. ANALYSE DES RETOURS D'EXPERIENCE

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

Il n'existe actuellement aucune base de données officielle recensant l'accidentologie dans la filière éolienne. Néanmoins, il a été possible d'analyser les informations collectées en France et dans le monde par plusieurs organismes divers (associations, organisations professionnelles, littérature 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

Un inventaire des incidents et accidents recensés en France a été réalisé afin d'identifier les principaux phénomènes dangereux potentiels pouvant affecter le parc éolien de Rom (annexe 1). Cet inventaire se base sur le retour d'expérience de la filière éolienne tel que présenté dans le guide technique de conduite de l'étude de dangers (mars 2012) enrichi par la base de données ARIA.

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

- Rapport du Conseil Général 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 l'état actuel, la base de données établie par le groupe de travail de SER/FEE ayant élaboré le guide technique d'élaboration de l'étude de dangers dans le cadre des parcs éoliens apparaît comme représentative des incidents majeurs ayant affecté le parc éolien français depuis l'année 2000. L'ensemble de ces sources permet d'arriver à un inventaire aussi complet que possible des incidents survenus en France. Un total de 37 incidents a pu être recensé entre 2000 et début 2012. Ce tableau de travail a été validé par les membres du groupe de travail précédemment mentionné.

Une mise à jour du tableau a été réalisée (base de données ARIA). Ainsi, un total de 65 accidents a pu être recensé entre 2000 et octobre 2018.

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

Le graphique suivant, issu des recherches du groupe de travail du SER et du recensement des accidents depuis la base de données ARIA par ECR Environnement, montre la répartition des événements accidentels et de leurs causes premières sur le parc d'aérogénérateur français entre 2000 et janvier 2018. 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. Elles sont représentées par des histogrammes de couleur foncée ;
- La répartition des causes premières pour chacun des événements décrits ci-dessus. Celle-ci est donnée par rapport à la totalité des accidents observés en France. Elles sont représentées par des histogrammes de couleur claire.

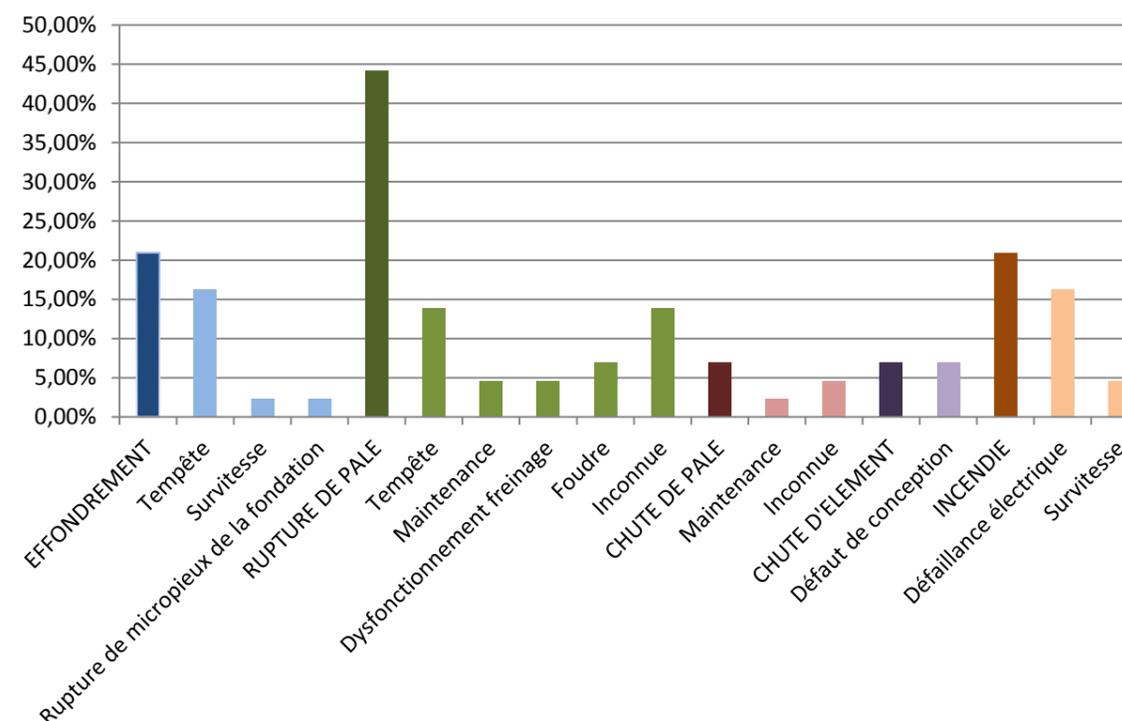


Figure 24 : Répartition des événements accidentels et de leurs causes premières sur le parc d'aérogénérateurs français entre 2000 et 2018

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. Les principales causes de ces accidents sont les tempêtes.



## 6.2. ENVIRONNEMENT 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 par le groupe de travail du SER de la base de données réalisée par l'association Caithness Windfarms Information Forum (CWIF). Sur les 994 accidents décrits dans la base de données au moment de sa consultation par le groupe de travail précédemment mentionné, 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.

La majorité des accidents se sont produits en Europe, aux Etats-Unis et au Canada. D'autres pays comme l'Australie et la Chine ont également été touchés par ces types d'accidents.

Type d'accident	Année	Description	Nombre
Maintenance Construction	1975 - 2011	Accidents sur tiers, accidents de chantier, entrainement dans les mécanismes rotatifs, électrocution, chute de grande hauteur (simples blessures à mortels)	149
Ruptures de pales	1975 - 2011	Bris de pales pouvant être projetés jusqu'à 1 300 m	203
Problèmes structurels	1975 - 2011	Chutes de rotors, nacelles, effondrement de l'éolienne	112
Incendies	1975 - 2011	Dus à des problèmes de surchauffe, d'emballement de moteur, et à la foudre voire pour certains cas très limités, à des actes de malveillance	158
Bris de glace	1975 - 2011	Formation de stalactites de glace pendant l'hiver sur les pales à l'arrêt, projection de morceaux quand les pales se remettent à tourner (projections observées pouvant aller jusqu'à 140 m)	31
Transport	1975 - 2011	Section d'éoliennes tombant du transporteur, heurtant des obstacles à proximité du transporteur/accident de la route	70
Impacts environnementaux	1975 - 2011	Éoliennes comme origine de la mort ou occasionnant des blessures sur la faune environnante	86
Autre	1975 - 2011	Accidents dus à des circonstances particulières: inondations, foudre, problèmes sur la délivrance de permis de construire sur des zones trop proches des habitations, manque de maintenance des machines	185

Tableau 15 : Accidentologie à l'international  
 (Source : SER-FEE)

Le graphique suivant montre la répartition des événements accidentels mondiaux par rapport à la totalité des accidents analysés.

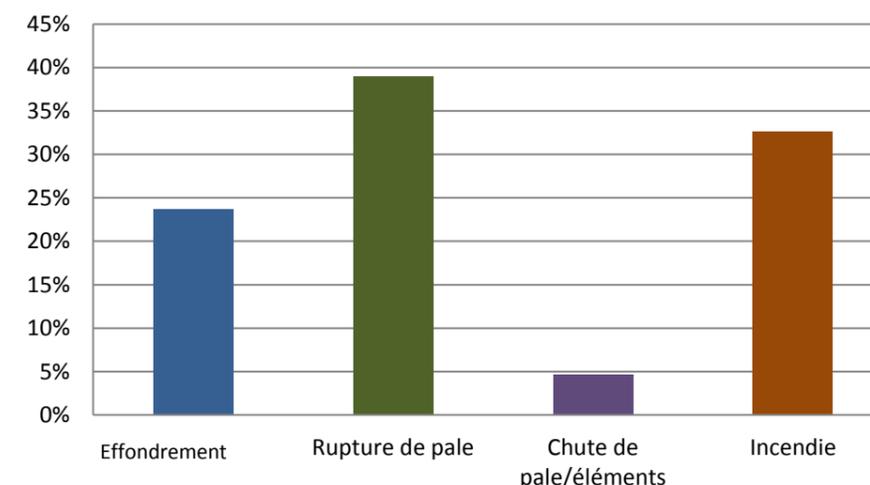


Figure 25 : Répartition des événements accidentels dans le monde entre 2000 et 2011

Ci-après, est présenté le recensement des causes premières pour chacun des événements accidentels recensés (données en répartition par rapport à la totalité des accidents analysés).

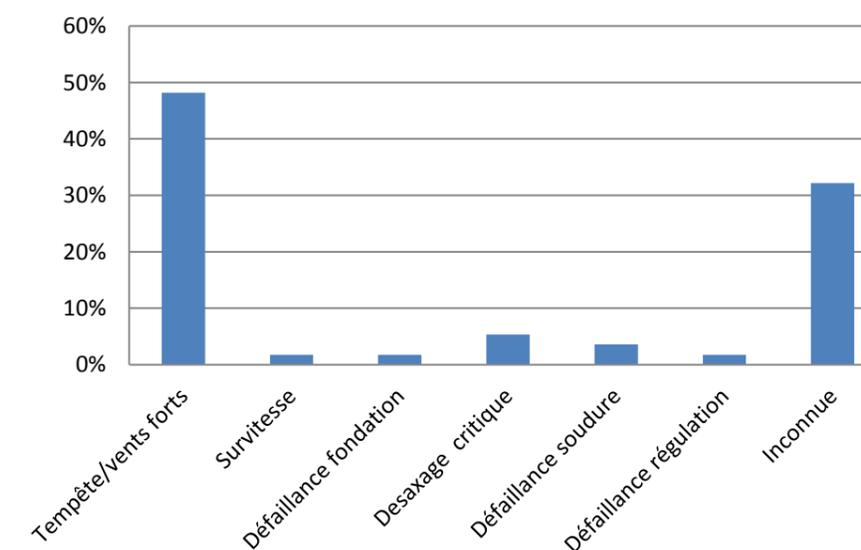


Figure 26 : Répartition des causes premières d'effondrement



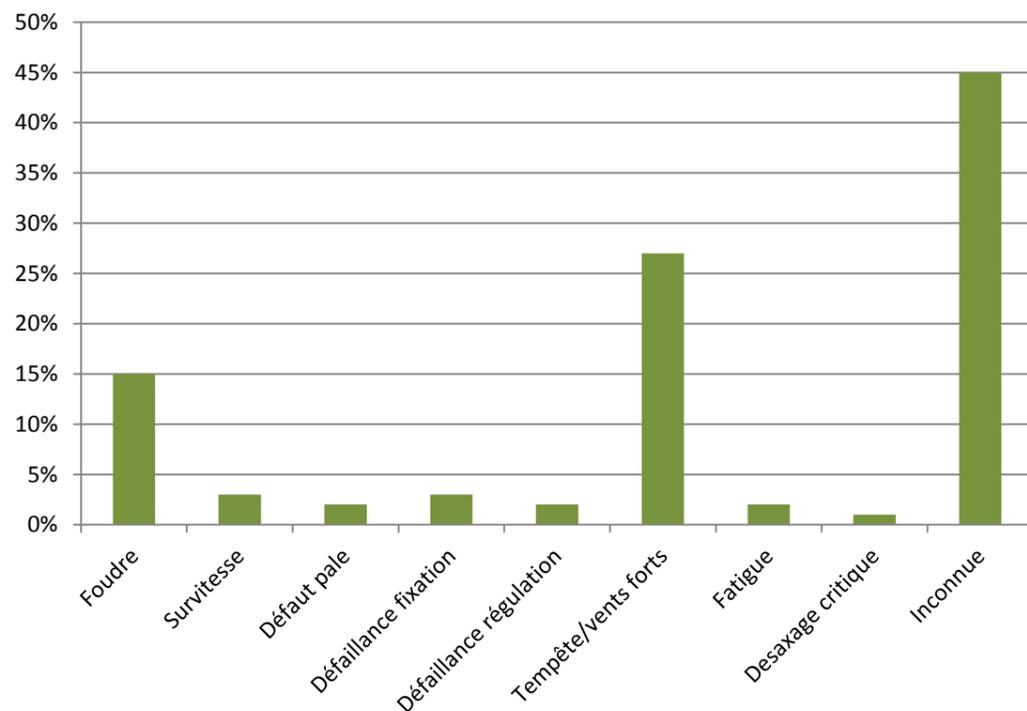


Figure 27 : Répartition des causes premières de ruptures de pale

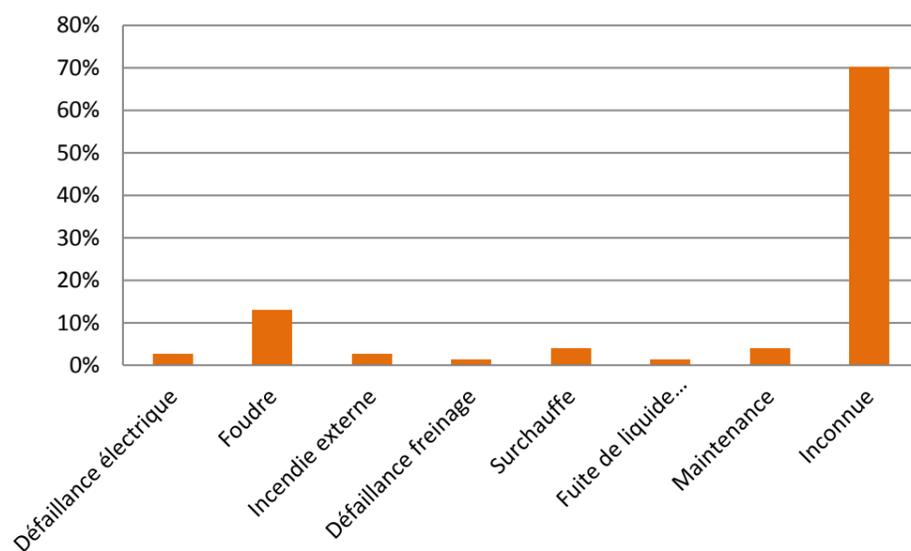


Figure 28 : Répartition des causes premières d'incendies

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.

### 6.3. INVENTAIRE DES ACCIDENTS MAJEURS SURVENUS SUR LES SITES DES ACTEURS DU PROJET

S'agissant de la création d'un parc éolien et non d'une extension, l'inventaire concernant les accidents du site de base n'existe pas.

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

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

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

La figure ci-dessous montre cette évolution et il apparaît clairement que le nombre d'incidents n'augmente pas proportionnellement au nombre d'éoliennes installées.

Entre les années 2000 et 2011, le nombre d'éoliennes en France a été multiplié par 15. Dans la même période, 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.

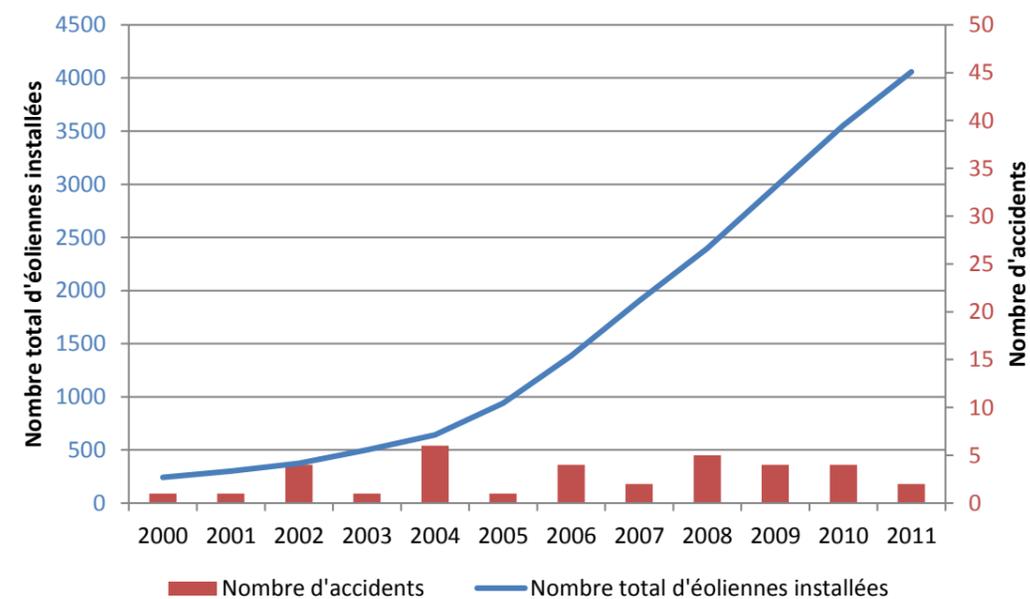
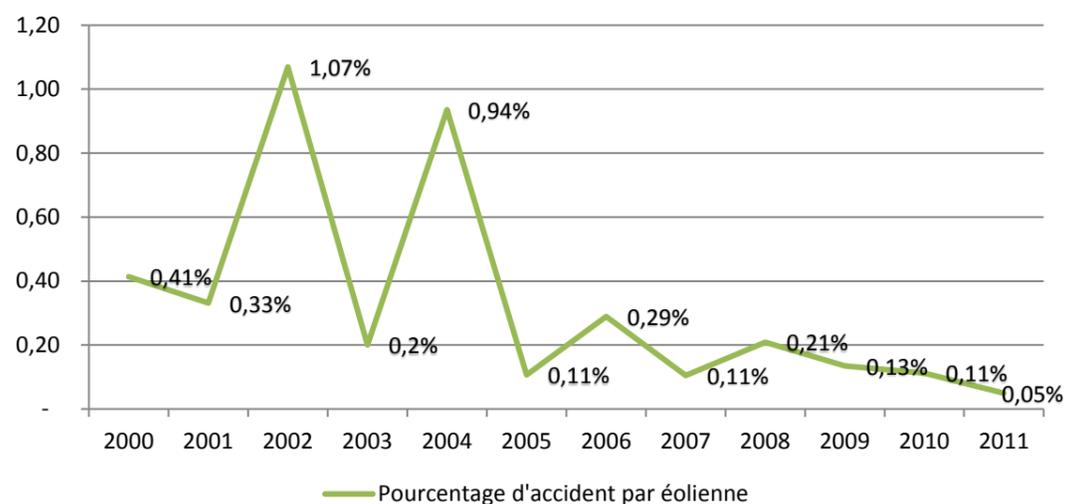


Figure 29 : Evolution du nombre d'accidents et de la taille du parc éolien en France





**Figure 30 : Evolution du pourcentage d'accidents par éolienne**  
(Source : SER-FEE et recherches pour l'accidentologie)

L'évolution du nombre d'accidents pour 100 éoliennes montre une tendance nette à la baisse sur les dernières années.

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

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 comportent des incertitudes importantes.



## 7. ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES

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

L'APR (Analyse Préliminaire de Risques) nécessite dans un premier temps d'identifier les potentiels de danger des installations (cf. paragraphes précédents). Ces potentiels de danger désignent des substances dangereuses ou des équipements dangereux.

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 en identifiant tous les scénarios d'accident potentiels pour une installation (ainsi que les mesures de sécurité) basé sur un questionnement systématique des causes et conséquences possibles des événements accidentels, ainsi que sur le retour d'expérience disponible.

Les causes et les conséquences de chacune des situations de danger sont déterminées puis les moyens de prévention voire de protection sur le système étudié sont identifiés. L'analyse se matérialise alors sous la forme d'un tableau (cf. Tableau 19 : Tableau d'APR).

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

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

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

- chute de météorites,
- séisme d'amplitude supérieure aux séismes maximums de référence éventuellement corrigés de facteurs tels que définis par la réglementation, applicables 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 suivant les règles en vigueur,
- chute d'avion hors des zones de proximité d'aéroport ou aérodrome (rayon de 2 km des aéroports et aérodromes). Dans le cas présent, une piste privée d'ULM à 7,1 km,
- rupture de barrage de classe A ou B au sens de l'article R.214-112 du Code de l'environnement ou d'une digue de classe A, B ou C au sens de l'article R. 214-113 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. Par exemple, un séisme peut endommager les fondations d'une éolienne et conduire à son effondrement.

Traditionnellement, deux types d'agressions externes sont identifiés :

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

Les tableaux suivants constituent une synthèse des agressions externes identifiées par le groupe de travail à l'origine du présent guide auxquelles les aérogénérateurs du parc éolien de Rom sont ou non soumis.

#### 7.3.1. Agressions externes liées aux activités extérieures

Les principaux dangers liés aux activités extérieures sont donnés dans le tableau en page suivante :

Infrastructure	Fonction	Événement redouté	Danger potentiel	Distance par rapport au mât des éoliennes (en m)				Commentaires
				Périmètre*	E1	E2	E3	
<b>Autoroutes</b>	Transport	Accident entraînant la sortie de voie d'un ou plusieurs véhicules	Energie cinétique des véhicules et flux thermiques	200 m	>500	>500	>500	Exclu car pas d'autoroute à proximité du site (voir § 3.1)
<b>Autres voies de circulation</b>	Transport	Accident entraînant la sortie de voie d'un ou plusieurs véhicules	Energie cinétique des véhicules et flux thermiques	200 m	220 m de la RD et 520 m de la LGV	480 m de la RD et 410 m de la LGV	980 m de la RD et 460 m de la LGV	Exclu, la départementale et la LGV les plus proches sont à plus de 200 m des éoliennes
<b>Aérodrome</b>	Transport aérien	Chute d'aéronef	Energie cinétique de l'aéronef, flux thermique	2000 m	>2000	>2000	>2000	Exclu même si une piste privée est présente sur Rom, (à 4,9 km de l'éolienne E1 la plus proche)
<b>Canalisation de gaz</b>	Transport de Gaz	Rupture de canalisation	Surpression	200 m	>200	>200	>200	Exclu, pas de canalisation
<b>Ligne THT</b>	Transport d'électricité	Rupture de câble	Arc électrique, surtensions	200 m	>200	>200	>200	Exclu pas de câbles (voir §3.1)
<b>ICPE</b>	-	Effets Dominos	Atteinte de la structure	100 m	>100	>100	>100	Exclu, pas d'ICPE à 100 m
<b>Autres aérogénérateurs</b>	Production d'électricité	Accident générant des projections d'éléments	Energie cinétique des éléments projetés	500 m	>500	>500	>500	Pas de projet à moins de 500 m

Tableau 16 : Dangers liés aux activités extérieures aux installations (dont humaines)

\*Le périmètre correspond à la distance à partir de laquelle l'activité considérée ne constitue plus un agresseur potentiel.



### 7.3.2. Agressions externes liées aux phénomènes naturels

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

#### a. Dangers liés aux vents forts

Les dangers liés aux vents forts sont les suivants :

Installation	Fonction	Phénomène redouté	Danger potentiel	Commentaires
Rotor	Production électrique	Emballement	Echauffement des pièces mécaniques → incendie	Retenus pour l'APR du fait de l'accidentologie bien que considérés comme assez faibles sur l'aire d'étude (voir paragraphe 3.2.1)
Mât	Soutien du rotor	Effondrement	Incendie, énergie cinétique de l'ensemble	
Pales	Transformer l'énergie éolienne en énergie mécanique	Bris de pale	Energie cinétique des pales	
Nacelle	Support rotor	Chute de la nacelle	Energie cinétique de la nacelle, incendie, pollution	

Tableau 17 : Dangers liés aux vents

#### b. Dangers liés à la foudre

Les dangers liés à la foudre sont les suivants :

Installation	Fonction	Phénomène redouté	Danger potentiel	Commentaires
Rotor	Production électrique	Court-circuit interne	Echauffement des pièces mécaniques, incendie	Retenus pour l'APR du fait de l'accidentologie, bien que le risque d'orage soit considéré comme peu élevé sur la commune du projet, et que les installations respectent la norme
Mât	Soutien du rotor	Effondrement	Incendie, énergie cinétique de l'ensemble	
Pale	Transformation de l'énergie éolienne en énergie mécanique	Chute de pale	Energie cinétique de la pale	

<sup>3</sup> Événement 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 ».

Installation	Fonction	Phénomène redouté	Danger potentiel	Commentaires
Nacelle	Support rotor	Chute de la nacelle	Energie cinétique de la nacelle, incendie, pollution	IEC 61 400-24 (Juin 2010) ou EN 62 305-3 (Décembre 2006)

Tableau 18 : Dangers liés à la foudre

Les scénarios liés à la foudre ne seront pas développés, les éoliennes étant conformes à la norme IEC 61 400-24 (Juin 2010).

#### c. Dangers liés aux affaissements miniers

L'aire d'étude n'étant pas située sur des zones sujettes aux affaissements miniers, aucun danger relatif à ce type de risque ne sera retenu.

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

Le tableau en page suivante 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<sup>3</sup> 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.

Pour mémoire, la définition des limites de propriété est la suivante : dans le cas d'une installation comportant un ou plusieurs aérogénérateurs, les limites de propriété correspondent aux mâts des éoliennes et au poste de livraison.

*Nota : pour mémoire, une APR ne prend en compte que des risques impactant des cibles humaines.*

*Nota : concernant les risques naturels de type « séisme », « inondation »..., le fait de retenir ou non le scénario dépend du niveau de risque sur la commune impactée.*

### 7.4.1. Tableau d'Analyse Préliminaire des Risques

Le tableau d'Analyse Préliminaire des Risques est présenté ci-après.



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



N°	Evènement initiateur	Evènement intermédiaire	Evènement redouté central	Fonction de sécurité (intitulé générique)	Phénomène dangereux	Qualification de la zone d'effet
F02	Renversement de fluides lors des opérations de maintenance	Ecoulement	Infiltration d'huile dans le sol	Prévention et rétention des fuites (N°8)	Pollution de l'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
C03	Défaut fixation nacelle – pivot central – mât	Chute nacelle	Chute nacelle	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9)	Impact sur cible	1
P01	Survitesse	Contraintes trop importantes sur les pales	Projection de tout ou partie pale	Prévenir la survitesse (N°4)	Impact sur cible	2
P02	Fatigue Corrosion	Chute de fragment de pale	Projection de tout ou partie pale	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9) Prévenir les erreurs de maintenance (N°10)	Impact sur cible	2
P03	Serrage inapproprié Erreur maintenance – desserrage	Chute de fragment de pale	Projection de tout ou partie pale	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9)	Impact sur cible	2
E01	Effets dominos autres installations	Agression externe et fragilisation structure	Effondrement éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9)	Projection/chute fragments et chute mât	2
E02	Glissement de sol	Agression externe et fragilisation structure	Effondrement éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9)	Projection/chute fragments et chute mât	2
E05	Crash d'aéronef	Agression externe et fragilisation structure	Effondrement éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9)	Projection/chute fragments et chute mât	2



N°	Evènement initiateur	Evènement intermédiaire	Evènement redouté central	Fonction de sécurité (intitulé générique)	Phénomène dangereux	Qualification de la zone d'effet
E07	Effondrement engin de levage travaux	Agression externe et fragilisation structure	Effondrement éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9)	Chute fragments et chute mât	2
E08	Vents forts	Défaillance fondation	Effondrement éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9) Prévenir les risques de dégradation de l'éolienne en cas de vent fort (N°12) Dans les zones cycloniques, mettre en place un système de prévision cyclonique et équiper les éoliennes d'un dispositif d'abattage et d'arrimage au sol (N°13)	Projection/chute fragments et chute mât	2
E09	Fatigue	Défaillance 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
E10	Désaxage critique du rotor	Impact pale – mât	Effondrement éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N°9) Prévenir les erreurs de maintenance (N°10)	Projection/chute fragments et chute mât	2

Tableau 19 : Tableau d'APR

Ce tableau présentant le résultat d'une analyse des risques peut être considéré comme représentatif des scénarios d'accident pouvant potentiellement se produire sur les éoliennes.



#### 7.4.2. Précisions concernant les scénarios identifiés

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

###### Scénario G01

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

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

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

###### Scénario G02

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

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

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

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

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

Dans l'analyse préliminaire des risques seulement quelques exemples seront 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.

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

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

###### 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.

#### **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.

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

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

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

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

L'emballement de l'éolienne constitue un facteur aggravant en cas de projection de tout ou partie d'une pale.

#### **Scénario P01**

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

#### **Scénario P02**

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

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

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

#### **Scénarios P03**

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

#### **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, ...

#### **7.4.3. Effets dominos**

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

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

C'est la raison pour laquelle il est proposé de négliger les conséquences des effets dominos dans le cadre de la présente étude. De plus, aucune installation ICPE ne situe à moins de 100 m d'une éolienne du parc de Rom.



#### 7.4.4. Fonctions de sécurité des éoliennes

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

- **Fonction de sécurité** : il est proposé ci-dessous un tableau par fonction de sécurité. Cet intitulé décrit l'objectif de la ou des mesure(s) de sécurité : il s'agira principalement d'« empêcher, éviter, détecter, contrôler ou limiter » et sera en relation avec un ou plusieurs événements conduisant à un accident majeur identifié dans l'analyse des risques. Plusieurs mesures de sécurité peuvent assurer une même fonction de sécurité.
- **Numéro de la fonction de sécurité** : cette information vise à simplifier la lecture de l'étude de dangers en permettant des renvois à l'analyse de risque par exemple.
- **Mesures de maîtrise des risques** : cette colonne permet d'identifier les mesures assurant la fonction concernée. Dans le cas de systèmes instrumentés de sécurité, tous les éléments de la chaîne devront être présentés (détection + traitement de l'information + action). Il n'est pas demandé de décrire dans le détail la marque ou le fonctionnement de l'équipement considéré, simplement de mentionner leur existence.
- **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,
  - une mesure de maîtrise des risques remplissant la fonction de sécurité « limiter les conséquences d'une survitesse » doit permettre de détecter une survitesse et de transmettre l'alerte aux services d'urgence compétents dans un délai de 15 minutes,

- si applicable, une mesure de maîtrise des risques remplissant la fonction de sécurité « prévenir les projections de glace » doit permettre de détecter la formation importante de glace sur les pales 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)** : Il s'agit ici de reporter les tests/essais qui seront réalisés sur les mesures de maîtrise des risques. Pour rappel, la réglementation demande qu'à minima un essai d'arrêt, d'arrêt d'urgence et d'arrêt à partir d'une situation de survitesse soient réalisés avant la mise en service de l'aérogénérateur. Cette information, si elle est connue au moment de la réalisation de l'étude de dangers, pourra être indiquée pour chacune des fonctions de sécurité. 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)** : Il s'agit ici de fournir 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, ce et sur tous les systèmes instrumentés de sécurité.

Le tableau suivant présente les fonctions de sécurité des éoliennes prévues sur le site correspondant aux marques NORDEX, VESTAS et ENERCON.



**Eolienne N117 NORDEX**

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

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

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

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



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

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

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

Fonction de sécurité	Prévention et rétention des fuites	N° de la fonction de sécurité	8
Mesures de sécurité	DéTECTEURS de niveau d'huiles Systèmes d'étanchéité et dispositifs de collecte / récupération Procédure d'urgence Kit antipollution		



Fonction de sécurité	Prévention et rétention des fuites	N° de la fonction de sécurité	8
<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. Présence de plusieurs bacs collecteurs au niveau des principaux composants. Les opérations de vidange font l'objet de procédures spécifiques. Dans tous les cas, le transfert des huiles s'effectue de manière sécurisée via un système de tuyauterie et de pompes directement entre l'élément à vidanger et le camion de vidange. Des kits de dépollution d'urgence composés de grandes feuilles de textile absorbant pourront être utilisés afin : <ul style="list-style-type: none"> <li>- de contenir et arrêter la propagation de la pollution ;</li> <li>- d'absorber jusqu'à 20 litres de déversements accidentels de liquides (huile, eau, alcools ...) et produits chimiques (acides, bases, solvants ...);</li> <li>- de récupérer les déchets absorbés.</li> </ul> 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>	/		
<b>Maintenance</b>	Inspection des niveaux d'huile plusieurs fois par an		

Fonction de sécurité	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation)	N° de la fonction de sécurité	9
<b>Mesures de sécurité</b>	Surveillance des vibrations Contrôles réguliers des fondations et des différentes pièces d'assemblages (ex : brides ; joints, etc.) Procédures qualités Attestation du contrôle technique (procédure permis de construire)		
<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 équipées de capteurs de vibration, qui entraînent l'arrêt en cas de dépassement des seuils définis. Les éoliennes sont protégées contre la corrosion due à l'humidité de l'air, selon la norme ISO 9223 (peinture et revêtement anti-corrosion).		
<b>Indépendance</b>	Oui		

Fonction de sécurité	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation)	N° de la fonction de sécurité	9
<b>Temps de réponse</b>	15 à 60s (arrêt de l'éolienne selon le programme de freinage adapté)		
<b>Efficacité</b>	100 %		
<b>Tests</b>	Déclenchement manuel des capteurs de vibration et vérification de la réponse du système		
<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. Inspection visuelle du mât et, si besoin, nettoyage lors des maintenances préventives annuelles.		

Fonction de sécurité	Prévenir les erreurs de maintenance	N° de la fonction de sécurité	10
<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>	/		
<b>Maintenance</b>	NA		

Fonction de sécurité	Prévenir les risques de dégradation de l'éolienne en cas de vent fort	N° de la fonction de sécurité	11
<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.		
<b>Indépendance</b>	Oui		
<b>Temps de réponse</b>	15 à 60 s suivant le programme de freinage		
<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.		



Fonction de sécurité	Prévenir les risques de dégradation de l'éolienne en cas de vent fort	N° de la fonction de sécurité	11
Tests	Test des programmes de freinage lors de la mise en service de l'éolienne. Test automatique du système de freinage mécanique et du fonctionnement de chaque système pitch (freinage aérodynamique) lors de la séquence de démarrage de l'éolienne.		
Maintenance	Maintenance préventive du système pitch (les points contrôlés varient suivant le type de maintenance – T1 / T2 / T3 / T4), notamment vérification du câblage et du système de lubrification automatique, graissage des roulements de pitch. Maintenance préventive du frein mécanique (les points contrôlés varient suivant le type de maintenance – T1 / T2 / T3 / T4), notamment inspection visuelle, vérification de l'épaisseur des plaquettes de frein et des capteurs du frein mécanique.		

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

**Tableau 20 : Fonctions de sécurité de l'éolienne N117 NORDEX**



**Eolienne V117 VESTAS**

Fonction de sécurité	Prévenir la mise en mouvement de l'éolienne lors de la formation de glace	N° de la fonction de sécurité	1-a
Mesure de sécurité	Système de déduction de la formation de glace.		
Description	Ce système déduit la formation de glace sur les pales à partir des données de température et de rendement de l'éolienne (l'accumulation de glace alourdit les pales et diminue le rendement de la turbine). Une configuration du système SCADA permet d'alerter les opérateurs par un message type « Ice Climate ». Une mise à l'arrêt est ensuite effectuée de manière automatique ou manuelle, selon le type de contrat. Les procédures de redémarrage sont définies par l'exploitant.		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	Mise à l'arrêt de la turbine < 1 min		
Efficacité	100 %		
Tests	NA		
Maintenance	Surveillance via la maintenance prédictive		
Fonction de sécurité	Prévenir la mise en mouvement de l'éolienne lors de la formation de glace	N° de la fonction de sécurité	1-b
Mesure de sécurité	Système de détection de glace sur la nacelle.		
Description	Ce système est composé d'une sonde vibratoire installée sur la nacelle, permettant d'alerter les opérateurs dès que l'accumulation de glace dépasse un certain niveau. Ce dispositif détecte la formation de glace sur la nacelle, et donc par déduction sur les pales. Lorsqu'il y a détection, la mise à l'arrêt de la turbine est automatique ou manuelle, après vérification de la glace formée, selon le type de configuration demandé.		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	Temps de détection de l'ordre de la seconde Mise en pause de la turbine < 1 min		
Efficacité	100%		
Tests	NA		
Maintenance	Le système de détection est supervisé par les contrôleurs de la machine. Un warning est envoyé via le SCADA en cas de défaut => maintenance de remplacement en cas de dysfonctionnement de l'équipement		

Fonction de sécurité	Prévenir la mise en mouvement de l'éolienne lors de la formation de glace	N° de la fonction de sécurité	1-c
Mesure de sécurité	Système de détection de glace sur les pales, développé par un fabricant spécialisé		
Description	Ce dispositif est constitué de capteurs de température et d'accéléromètres installés sur les pales et reliés à un serveur de collecte des données. Le dispositif est alors couplé avec le système SCADA qui met la turbine à l'arrêt en cas de détection de formation de glace sur les pales.		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	Temps de détection de l'ordre de la seconde Mise en pause de la turbine < 1 min		
Efficacité	100 %		
Tests	Testé à la mise en service. Surveillance continue des données, via le serveur du fabricant. Déviation des fréquences des pales supervisées en permanence.		
Maintenance	Vérification annuelle conformément au manuel du fabricant.		
Fonction de sécurité	Prévenir l'atteinte des personnes par la chute de glace	N° de la fonction de sécurité	2-a
Mesure de sécurité	Système de dégivrage des pales. En cours de développement lors de la rédaction de ce document.		
Description	Ce système fonctionne par pulsation d'air chaud sur les pales. Le système de chauffage est couplé avec le système de déduction de la formation de glace. (Voir cas 1-a)		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	-		
Efficacité	-		
Tests	-		
Maintenance	-		
Fonction de sécurité	Prévenir l'atteinte des personnes par la chute de glace	N° de la fonction de sécurité	2-b
Mesure de sécurité	Signalisation du risque en pied de machine et aux abords du parc éolien Eloignement des zones habitées et fréquentées		
Description	Mise en place de panneaux de signalisation en pied de machine et aux abords du parc éolien informant du risque de chute de glace (conformément à l'article 14 de l'arrêté du 26 août 2011).		



Indépendance	Oui		
Fonction de sécurité	Prévenir l'atteinte des personnes par la chute de glace	N° de la fonction de sécurité	2-c
Temps de réponse	NA		
Efficacité	100 %. Nous considérerons que compte tenu de l'implantation des panneaux et de l'entretien prévu, l'information des promeneurs sera systématique.		
Tests	NA		
Maintenance	Vérification de l'état général du panneau, de l'absence de détérioration, entretien de la végétation afin que le panneau reste visible.		
Fonction de sécurité	Prévenir l'échauffement significatif des pièces mécaniques	N° de la fonction de sécurité	3
Mesure de sécurité	Sondes de température sur pièces mécaniques Suivant les niveaux d'alarme et les capteurs, la machine peut être bridée ou mise à l'arrêt jusqu'à refroidissement. Le redémarrage peut être effectué à distance, si les seuils de température sont au-dessous des seuils d'alarme.		
Description	Des sondes de température sont mises en place sur les équipements ayant de fortes variations de température au cours de leur fonctionnement (paliers et roulements des machines tournantes, enroulements du générateur et du transformateur). Ces sondes ont des seuils hauts qui, une fois dépassés, conduisent à une alarme et à une mise à l'arrêt du rotor.		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	Temps de détection de l'ordre de la seconde Mise en pause de la turbine < 1 min		
Efficacité	100 %		
Tests	Surveillance via la maintenance prédictive, avec détection de la déviation de températures de chaque capteur.		
Maintenance	Surveillance via la maintenance prédictive, avec détection de la déviation de température de chaque capteur (comparaison avec les données des autres éoliennes du parc).  Remplacement de la sonde de température en cas de dysfonctionnement de l'équipement.  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.		

Fonction de sécurité	Prévenir la survitesse	N° de la fonction de sécurité	4-a
Mesure de sécurité	Détection de vent fort et freinage aérodynamique par le système de contrôle.		
Description	L'éolienne est mise à l'arrêt si la vitesse de vent mesurée dépasse la vitesse maximale de 25 m/s. Cet arrêt est réalisé par le frein aérodynamique de l'éolienne avec mise en drapeau des pales (le freinage est effectué en tournant ensemble les 3 pales à un angle de 85 à 90°, afin de positionner celles-ci en position où elles offrent peu de prise au vent). Cette mise en drapeau est effectuée par le système d'inclinaison des pales « Vestas Pitch System ».		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	Temps de détection de l'ordre de la seconde Mise en pause de la turbine < 1 min L'exploitant ou l'opérateur désigné sera en mesure de transmettre l'alerte aux services d'urgence compétents dans un délai de 15 minutes suivant l'entrée en fonctionnement anormal de l'aérogénérateur conformément aux dispositions de l'arrêté du 26 août 2011.		
Efficacité	100 %		
Tests	Test d'arrêt simple, d'arrêt d'urgence et de la procédure d'arrêt en cas de survitesse avant la mise en service des aérogénérateurs conformément à l'article 15 de l'arrêté du 26 août 2011. Tests à chaque maintenance préventive.		
Maintenance	Maintenance de remplacement en cas de dysfonctionnement de l'équipement.		
Fonction de sécurité	Prévenir la survitesse	N° de la fonction de sécurité	4-b
Mesure de sécurité	Détection de survitesse du générateur		
Description	Les vitesses de rotation du générateur et de l'arbre lent sont mesurées et analysées en permanence par le système de contrôle. Cette mesure redondante permet de limiter les défaillances liées à un seul capteur. En cas de discordance des mesures, l'éolienne est mise à l'arrêt. Si la vitesse de rotation est supérieure à la vitesse d'alarme, l'éolienne est considérée comme étant en survitesse et est donc mise à l'arrêt.		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	Temps de détection de l'ordre de la seconde Mise en pause de la turbine < 1 min L'exploitant ou l'opérateur désigné sera en mesure de transmettre l'alerte aux services d'urgence compétents dans un délai de 15 minutes suivant l'entrée en fonctionnement anormal de l'aérogénérateur conformément aux dispositions de l'arrêté du 26 août 2011.		
Efficacité	100 %		



Fonction de sécurité	Prévenir la survitesse	N° de la fonction de sécurité	4-b
Tests	Test d'arrêt simple, d'arrêt d'urgence et de la procédure d'arrêt en cas de survitesse avant la mise en service des aérogénérateurs conformément à l'article 15 de l'arrêté du 26 août 2011. Tests à chaque maintenance préventive (tous les ans).		
Maintenance	Maintenance de remplacement en cas de dysfonctionnement de l'équipement.		
Fonction de sécurité	Prévenir la survitesse	N° de la fonction de sécurité	4-c
Mesure de sécurité	Vestas Overspeed Guard » (VOG)		
Description	<p>En complément aux capteurs de mesure de vitesse, un système instrumenté de sécurité est présent (automate totalement indépendant de l'automate de conduite utilisé pour la fonction 4-b), et dispose d'un capteur de vitesse de rotation disposé sur l'arbre lent. Le dépassement d'une vitesse de 17 tours par minute sur l'arbre lent conduit à la mise à l'arrêt de la machine par mise en drapeau des pales (cette mise en drapeau est assurée par le circuit hydraulique avec l'assistance complémentaire des accumulateurs disposés sur les vérins).</p> <p>En cas d'arrêt par survitesse (déclenchement du VOG), l'éolienne ne peut pas être redémarrée à distance. Il est nécessaire de venir acquitter localement le défaut et d'effectuer un contrôle de la machine avant de relancer l'éolienne.</p>		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	Temps de détection < 1 min Le couplage du système de détection de survitesse au système SCADA permet l'envoi en temps réel d'alertes par SMS et par courriel, selon les instructions de l'exploitant. L'exploitant sera ainsi en mesure de transmettre l'alerte aux services d'Urgence compétents dans un délai de 15 minutes suivant l'entrée en fonctionnement anormal de l'aérogénérateur conformément à l'article 23 de l'arrêté du 26 août 2011.		
Efficacité	100 %		
Tests	Lors de la mise en service de l'aérogénérateur, une série de tests (arrêts simples, d'urgence et de survitesse) est réalisée afin de s'assurer du fonctionnement et de la sécurité de l'éolienne conformément à l'article 15 de l'arrêté du 26 août 2011.		
Maintenance	Vérification du système au bout de 3 mois de fonctionnement puis tous les ans suivant les manuels de maintenance. Ces vérifications sont consignées dans le document IRF Vestas. Maintenance conforme aux dispositions des articles 15 et 18 de l'arrêté du 26 août 2011.		
Mesure de sécurité	Prévenir les courts-circuits	N° de la fonction de sécurité	5
Mesure de sécurité	Détecteur d'arc avec coupure électrique (salle transformateur et armoires électriques).		

Description	<p>Outre les protections traditionnelles contre les surintensités et les surtensions, les armoires électriques disposées dans les nacelles (qui abritent notamment les divers jeux de barres), sont équipées de détecteurs d'arc. Ce système de capteurs photosensibles a pour objectif de détecter toute formation d'un arc électrique (caractéristique d'un début d'amorçage) qui pourrait conduire à des phénomènes de fusion de conducteurs et de début d'incendie.</p> <p>Le fonctionnement de ce détecteur commande le déclenchement de la cellule HT située en pied de mât, conduisant ainsi à la mise hors tension de la machine.</p> <p>La remise sous tension puis le recouplage de la machine ne peuvent être faits qu'après inspection visuelle des éléments HT de la nacelle, puis du réarmement du détecteur d'arc et de l'acquiescement manuel du défaut.</p>
Indépendance	Oui
Temps de réponse	50 millisecondes Le couplage du système de détection d'arc électrique avec le système SCADA permet l'envoi en temps réel d'alertes par SMS et par courriel, selon les instructions de l'exploitant.
Efficacité	100 %
Tests	Test des détecteurs d'arc à la mise en service puis tous les 6 mois.
Maintenance	Les installations électriques font l'objet d'un contrôle avant la mise en service industrielle du parc éolien, puis annuellement conformément à l'article 10 de l'arrêté du 26 août 2011. Ce contrôle donne lieu à un rapport, dit rapport de vérification annuel, réalisé par un organisme agréé. Des vérifications de tous les équipements électriques ainsi que des mesures d'isolement et de serrage des câbles sont intégrés dans le manuel de maintenance préventive.



Fonction de sécurité	Prévenir les effets de la foudre	N° de la fonction de sécurité	6
Mesure de sécurité	Système de protection contre la foudre conçu pour répondre à la classe de protection I de la norme internationale IEC 61400.		
Description	<p>Compte tenu de leur situation et des matériaux de construction, les pales sont les éléments les plus sensibles à la foudre. Des pastilles métalliques en acier inoxydable permettant de capter les courants de foudre sont disposées à intervalles réguliers sur les deux faces des pales. Elles sont reliées entre elles par une tresse en cuivre, interne à la pale. Le pied de pale est muni d'une plaque métallique en acier inoxydable, sur une partie de son pourtour, raccordée à la tresse de cuivre. Un dispositif métallique flexible (nommé LCTU – Lightning Current Transfer Unit) assure la continuité électrique entre la pale et le châssis métallique de la nacelle (il s'agit d'un système de contact glissant comportant deux points de contact par pale). Ce châssis est relié électriquement à la tour, elle-même reliée au réseau de terre disposé en fond de fouille.</p> <p>En cas de coup de foudre sur une pale, le courant de foudre est ainsi évacué vers la terre via la fondation et des prises profondes.</p>		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	Immédiat, dispositif passif		
Efficacité	100 %		
Tests	Avant la première mise en route de l'éolienne, une mesure de mise à la terre est effectuée.		
Maintenance	Contrôle visuel des pales et des éléments susceptibles d'être impactés par la foudre inclus dans les opérations de maintenance, conformément à l'article 9 de l'arrêté du 26 août 2011.		
Fonction de sécurité	Protection et intervention incendie	N° de la fonction de sécurité	7
Mesure de sécurité	<p>1. Sondes de température sur pièces mécaniques.                      Suivant les niveaux d'alarme et les capteurs, la machine peut être bridée ou mise à l'arrêt jusqu'à refroidissement.                      Le redémarrage peut être effectué à distance, si les seuils de température sont au-dessous des seuils d'alarme.</p> <p>2. Système de détection incendie</p>		

Fonction de sécurité	Protection et intervention incendie	N° de la fonction de sécurité	7
Description	<p>1. Des sondes de température sont mises en place sur les équipements ayant de fortes variations de température au cours de leur fonctionnement (paliers et roulements des machines tournantes, enroulements du générateur et du transformateur). Ces sondes ont des seuils hauts qui, une fois dépassés, conduisent à une alarme et à une mise à l'arrêt du rotor.</p> <p>2. Les éoliennes sont équipées par défaut d'un système autonome de détection composé de plusieurs capteurs de fumée et de chaleur disposés aux possibles points d'échauffements tels que :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- La chambre du transformateur</li> <li>- Le générateur</li> <li>- La cellule haute tension</li> <li>- Le convertisseur</li> <li>- Les armoires électriques principales</li> <li>- Le système de freinage.</li> </ul> <p>En cas de détection, une sirène est déclenchée, l'éolienne est mise à l'arrêt en « emergency stop » et isolement électrique par ouverture de la cellule en pied de mât. De façon concomitante un message d'alarme est envoyé au centre de télésurveillance via le système de contrôle commande.</p> <p>Le système de détection incendie est alimenté par le réseau secours (UPS).</p> <p>Vis-à-vis de la protection incendie, deux extincteurs sont présents dans la nacelle et un extincteur est disponible en pied de tour (utilisables par le personnel sur un départ de feu).</p>		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	<p>Temps de détection de l'ordre de la seconde</p> <p>Le couplage des éléments de détection de fumée au système SCADA permet l'envoi en temps réel d'alertes par SMS et par courriel, selon les instructions de l'exploitant.</p> <p>L'exploitant sera ainsi en mesure de transmettre l'alerte aux services d'Urgence compétents dans un délai de 15 minutes suivant l'entrée en fonctionnement anormal de l'aérogénérateur conformément à l'article 23 de l'arrêté du 26 août 2011.</p>		
Efficacité	100%		
Tests	Test des détecteurs de fumée à la mise en service puis tous les ans.		
Maintenance	<p>Contrôle tous les ans du système de détection incendie pour être conforme à l'article 18 de l'arrêté du 26 août 2012</p> <p>Le matériel incendie (extincteurs) est contrôlé périodiquement par un organisme spécialisé.</p> <p>Maintenance prédictive sur les capteurs de température.</p>		



Fonction de sécurité	Prévention et rétention des fuites	N° de la fonction de sécurité	8
Mesure de sécurité	1. Détecteurs de niveau d'huile et capteurs de pression 2. Capteur de niveau du circuit de refroidissement (niveau bas alarmé avec arrêt après temporisation) 3. Procédure d'urgence 4. Kit antipollution 5. Bacs de rétention		
Description	1. Le circuit hydraulique est équipé de capteurs de pression (une mesure de pression dans le bloc hydraulique de chaque pale) permettant de s'assurer de son bon fonctionnement. Toute baisse de pression au-dessous d'un seuil préalablement déterminé, conduit au déclenchement de l'arrêt du rotor (mise en drapeau des pales). Afin de pouvoir assurer la manœuvre des pales en cas de perte du groupe de mise en pression ou en cas de fuite sur le circuit, chaque bloc hydraulique (situé au plus près du vérin de pale) est équipé d'un accumulateur hydropneumatique (pressurisé à l'azote) qui permet la mise en drapeau de la pale. La pression du circuit de lubrification du multiplicateur fait également l'objet d'un contrôle, asservissant le fonctionnement de l'éolienne. Les niveaux d'huile sont surveillés d'une part au niveau du multiplicateur et d'autre part au niveau du groupe hydraulique. L'atteinte du niveau bas sur le multiplicateur ou sur le groupe hydraulique, déclenche une alarme et conduit à la mise à l'arrêt du rotor. 2. Le circuit de refroidissement (eau glycolée) est équipé d'un capteur de niveau bas, qui en cas de déclenchement conduit à l'arrêt de l'éolienne. 3. Les opérations de vidange font l'objet de procédures spécifiques. 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. Une procédure en cas de pollution accidentelle du sol est communiquée au personnel intervenant dans les aérogénérateurs. 4. En cas de fuite, les véhicules de maintenance sont équipés de kits de dépollution composés de grandes feuilles absorbantes. Ces kits d'intervention d'urgence permettent : <ul style="list-style-type: none"> <li>de contenir et arrêter la propagation de la pollution ;</li> <li>d'absorber jusqu'à 20 litres de déversements accidentels de liquides (huile, eau, alcools ...) et produits chimiques (acides, bases, solvants ...) ;</li> <li>de récupérer les déchets absorbés.</li> </ul> Si ces kits de dépollution s'avèrent insuffisants, l'exploitant se charge de faire intervenir une société spécialisée qui récupérera et traitera la terre souillée via les filières adéquates. 5. Des bacs de rétention empêchent l'huile ou la graisse de couler le long du mât et de s'infiltrer dans le sol. Les principaux bacs de rétention sont équipés de capteurs de niveau d'huile afin d'informer les équipes de maintenance via les alertes cas de fuite importante. De plus, la plateforme supérieure de la tour a les bords relevés et a les jointures étanches entre plaques d'acier. Cette plateforme fait office de bac de rétention de secours en cas de fuite importante dans la nacelle.		

Fonction de sécurité	Prévention et rétention des fuites	N° de la fonction de sécurité	8
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	Temps de détection de l'ordre de la seconde Mise en pause de la turbine < 1 min		
Efficacité	100%		
Tests	Tests des systèmes hydrauliques à la mise en service, au bout de 3 mois de fonctionnement puis tous les ans suivant les manuels de maintenance. Ces vérifications sont consignées dans le document IRF Vestas. Dépendant du débit de fuite.		
Maintenance	Les vérifications d'absence de fuites sont effectuées à chaque service planifié. Surveillance des niveaux d'huile via des outils d'analyses instantanées ou hebdomadaires. Inspection et maintenance curative en fonction du type de déclenchement d'alarme.		
Fonction de sécurité	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation)	N° de la fonction de sécurité	9
Mesure de sécurité	Contrôles réguliers des fondations et des différents assemblages de structure (ex : brides, joints, etc.) Procédures et contrôle qualité		
Description	La norme IEC 61 400-1 « Exigence pour la conception des aérogénérateurs » fixe les prescriptions propres à fournir « un niveau approprié de protection contre les dommages résultant de tout risque durant la durée de vie » de l'éolienne. Le constructeur remet à chacun de ses clients, un document « Type certificate » qui atteste de la conformité de l'éolienne fournie au standard IEC 61400-1 (édition 2005). Ainsi la nacelle, le moyeu, les fondations et la tour répondent aux standards IEC 61 400-1. Les pales respectent le standard IEC 61 400 -1 ; 12 ; 23. De plus, des organismes compétents externes, mandatés par l'exploitant du parc, produisent des rapports attestant de la conformité de nos turbines à la fin de la phase d'installation. L'article R111-38 du code de la construction et de l'habitation fait référence au contrôle technique de construction. Il est obligatoire, à la charge de l'exploitant et réalisé par des organismes agréés par l'État. Ce contrôle assure la solidité des ouvrages ainsi que la sécurité des biens et des personnes. Les éoliennes sont protégées contre la corrosion due à l'humidité de l'air, selon la norme ISO 9223.		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	NA		



Fonction de sécurité	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation)	N° de la fonction de sécurité	9
Efficacité	100%		
Tests	NA		
Maintenance	Le plan de maintenance prévoit le contrôle des brides de fixation, des brides de mât, des fixations des pales et le contrôle visuel du mât trois mois puis un an après la mise en service industrielle puis tous les trois ans, conformément à l'article 18 de l'arrêté du 26 août 2011.		
Fonction de sécurité	Prévenir les erreurs de maintenance	N° de la fonction de sécurité	10
Mesure de sécurité	Procédure de maintenance.		
Description	Préconisation du manuel de maintenance Formation du personnel		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	NA		
Efficacité	100%		
Tests	Traçabilité : rapport de service		
Maintenance	NA		
Fonction de sécurité	Prévenir la dégradation de l'état des équipements	N° de la fonction de sécurité	11
Mesure de sécurité	1. Procédure de contrôle des équipements lors des maintenances planifiées. 2. Suivi de données mesurées par les capteurs et sondes présentes dans les éoliennes 3. CMS		
Description	1. Ce point est détaillé dans le chapitre dédié aux maintenances planifiées. 2. L'intégralité des données mesurées par les capteurs et sondes présentes dans les éoliennes est suivie et enregistrée dans une base de données unique. Ces données sont traitées par des algorithmes en permanence afin de détecter, au plus tôt, les dégradations des équipements. Lorsqu'elle est nécessaire, une inspection de l'équipement soupçonné de se dégrader est planifiée. Les algorithmes de détection et de génération d'alarmes sont en amélioration continue. 3. Présence d'un Condition Monitoring System (CMS) qui permet de suivre par une analyse vibratoire continue, l'état des éléments roulants de la chaîne cinématique du rotor, de l'arbre lent, du multiplicateur, de la génératrice et de leur environnement.		

Indépendance	Oui		
Fonction de sécurité	Prévenir la dégradation de l'état des équipements	N° de la fonction de sécurité	11
Temps de réponse	Entre 12 heures et 6 mois selon le type de dégradation		
Efficacité	NA		
Tests	Traçabilité : rapport de service		
Maintenance	NA		
Fonction de sécurité	Prévenir les risques de dégradation de l'éolienne en cas de vent fort	N° de la fonction de sécurité	12
Mesure de sécurité	1. Classe d'éolienne adaptée au site et au régime de vents 2. Mise à l'arrêt sur détection de vent fort et freinage aérodynamique par le système de contrôle 3. Option « Yaw backup System »		
Description	1. En France, la classification de vents des éoliennes fait référence à la norme « IEC 61400-1 ». Les éoliennes sont dimensionnées pour chacune de ces classes. Il est donc important de faire correspondre la classe du site avec la classe de la turbine 2. Les éoliennes sont mises à l'arrêt si la vitesse de vent mesurée dépasse la vitesse maximale de 25 m/s pour la V117. Cet arrêt est réalisé par le frein aérodynamique de l'éolienne avec mise en drapeau des pales. Cette mise en drapeau est effectuée par le système d'orientation des pales « Vestas Pitch System ». 3. En fonction de l'intensité attendue des vents, il est possible d'ajouter en option le « Yaw backup System ». Ce système maintient la turbine face au vent même en cas de coupure du réseau électrique.		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	Temps de détection de l'ordre de la seconde. Mise drapeau des pales < 1 min		
Efficacité	100%		
Tests	Pitch system testé tous les ans lors des maintenances préventives.		
Maintenance	Tous les ans.		
Temps de réponse	Oui		

**Tableau 21 : Fonctions de sécurité de l'éolienne V117 VESTAS**


### Eolienne E115 ENERCON

Fonction de sécurité	Prévenir la mise en mouvement de l'éolienne lors de la formation de glace	N° de la fonction de sécurité	1
Mesure de sécurité	Système de détection par déduction de la formation de glace sur les pales de l'aérogénérateur (analyse des paramètres de puissance). Temps de redémarrage automatique échelonné en fonction de la température extérieure.		
Description	Système de détection de la formation de givre permettant, en cas de détection de glace, une mise à l'arrêt rapide de l'aérogénérateur. Le redémarrage peut ensuite se faire soit automatiquement après disparition des conditions de givre, soit manuellement après inspection visuelle sur site.		
Indépendance	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.		
Temps de réponse	Quelques minutes (<60 min.) conformément à l'article 25 de l'arrêté du 26 août 2011		
Efficacité	100 %		
Tests	Tests confiés par ENERCON à un bureau d'études indépendant		
Maintenance	Vérification du système (opérations de maintenance sur les systèmes de contrôle) au bout de 300 heures de fonctionnement puis maintenance de remplacement en cas de dysfonctionnement de l'équipement. Maintenance annuelle par la suite.		
Fonction de sécurité	Prévenir l'atteinte des personnes par la chute de glace	N° de la fonction de sécurité	2
Mesure de sécurité	Signalisation en pied de machine, sur le poste de livraison, ainsi que sur les voies d'accès au parc. Eloignement des zones habitées et fréquentées.		
Description	Mise en place de panneaux informant de la possible formation de glace en pied de machines (conformément à l'article 14 de l'arrêté du 26 août 2011).		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	NA		
Efficacité	100 %. Nous considérerons que compte tenu de l'implantation des panneaux et de l'entretien prévu, l'information des promeneurs sera systématique.		
Tests	NA		
Maintenance	Vérification de l'état général du panneau, de l'absence de détérioration, entretien de la végétation afin que le panneau reste visible.		

Fonction de sécurité	Prévenir l'échauffement significatif des pièces mécaniques	N° de la fonction de sécurité	3
Mesure de sécurité	Capteurs de température des pièces mécaniques Définition de seuils critiques de température pour chaque type de composant avec alarmes Communication continue des paramètres de fonctionnement ainsi que des alarmes au centre de contrôle ENERCON via le système SCADA Mise à l'arrêt jusqu'à refroidissement et intervention sur site pour contrôles et redémarrage.		
Description	En cas de température anormalement haute, une alarme est émise par le système SCADA au centre de contrôle ENERCON. 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.		
Indépendance	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.		
Temps de réponse	NA		
Efficacité	100 %		
Tests	Pas de test. Cependant si le capteur est défectueux, il est systématiquement remis en cause et changé		
Maintenance	Vérification du système au bout de 3 mois (notamment contrôle des bacs de graissage et écoute de la machine) de fonctionnement puis contrôle annuel conformément à l'article 18 de l'arrêté du 26 août 2011. Maintenance de remplacement en cas de dysfonctionnement de l'équipement.		
Fonction de sécurité	Prévenir la survitesse	N° de la fonction de sécurité	4
Mesure de sécurité	Détection de survitesse et système de freinage.		
Description	Systèmes de coupure s'enclenchant en cas de dépassement des seuils de vitesse prédéfinis, indépendamment du système de contrôle commande. NB : Le système de freinage est constitué d'un frein aérodynamique principal (mise en drapeau des pales) et/ou d'un frein mécanique auxiliaire.		
Indépendance	Ces systèmes s'appuient sur des fonctions et des appareils propres à l'exploitation du parc (régulation d'angle des pales). Le système de détection de survitesse est cependant un système mécanique indépendant dont la fonction est dédiée à la sécurité. Le système coupe l'alimentation électrique des pitch. Les condensateurs électriques du système de sécurité des pitchs se déchargent alors, activant la mise en drapeau des pales.		



Temps de réponse	Temps de détection < 1 minute L'exploitant ou l'opérateur désigné sera en mesure de transmettre l'alerte aux services d'urgence compétents dans un délai de 15 minutes suivant l'entrée en fonctionnement anormal de l'aérogénérateur conformément aux dispositions de l'arrêté du 26 août 2011.		
Efficacité	100 %		
Tests	Test d'arrêt simple, d'arrêt d'urgence et de la procédure d'arrêt en cas de survitesse avant la mise en service des aérogénérateurs conformément à l'article 15 de l'arrêté du 26 août 2011. Un test de survitesse est également effectué lors du commissioning de l'installation.		
Maintenance	Vérification du système au bout de 3 mois de fonctionnement puis contrôle annuel conformément à l'article 18 de l'arrêté du 26 août 2011. Maintenance de remplacement en cas de dysfonctionnement de l'équipement.		
Fonction de sécurité	Prévenir les courts-circuits	N° de la fonction de sécurité	5
Mesure de sécurité	Coupure de la transmission électrique en cas de fonctionnement anormal d'un composant électrique.		
Description	Les organes et armoires électriques de l'éolienne sont équipés d'organes de coupures et de protection adéquats et correctement dimensionnés. Tout fonctionnement anormal des composants électriques est suivi d'une coupure de la transmission électrique et à la transmission d'un signal d'alerte vers l'exploitant qui prend alors les mesures appropriées. Les systèmes électriques sont équipés de disjoncteurs à tous les niveaux.		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	De l'ordre de la seconde		
Efficacité	100 %		
Tests	/		
Maintenance	Des vérifications de tous les composants électriques ainsi que des mesures d'isolement et de serrage des câbles sont intégrées dans la plupart des mesures de maintenance préventive mises en œuvre. Les installations électriques sont contrôlées avant la mise en service du parc puis à une fréquence annuelle, conformément à l'article 10 de l'arrêté du 26 août 2011.		
Fonction de sécurité	Prévenir les effets de la foudre	N° de la fonction de sécurité	6
Mesure de sécurité	Mise à la terre et protection des éléments de l'aérogénérateur.		

Description	Système de protection foudre de l'éolienne dimensionné pour prévenir toute dégradation des pales de l'éolienne conformément à la norme IEC 61400-24. Pour la protection parafoudre extérieure, la pointe de la pale est en aluminium moulé, le bord d'attaque et le bord de fuite de la pale du rotor sont équipés de profilés aluminium, reliés par un anneau en aluminium à la base de la pale. Un coup de foudre est absorbé en toute sécurité par ces profilés et le courant de foudre est dévié vers la terre entourant la base de l'éolienne. Pour la protection interne de la machine, les composants principaux tels l'armoire de contrôle et la génératrice sont protégés par des parasurtenseurs. Toutes les autres platines possédant leur propre alimentation sont équipées de filtres à hautes absorptions. Aussi, la partie télécom est protégée par des parasurtenseurs de ligne et une protection galvanique. Enfin, une liaison de communication télécom en fibre optique entre les machines permet une insensibilité à ces surtensions atmosphériques ou du réseau. De même, l'anémomètre est protégé et entouré d'un arceau.		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	Immédiat dispositif passif		
Efficacité	100 %		
Tests	/		
Maintenance	Contrôle visuel des pales et des éléments susceptibles d'être impactés par la foudre inclus dans les opérations de maintenance, conformément à l'article 9 de l'arrêté du 26 août 2011.		
Fonction de sécurité	Protection et intervention incendie	N° de la fonction de sécurité	7
Mesure de sécurité	Capteurs de températures sur les principaux composants de l'éolienne pouvant permettre, en cas de dépassement des seuils, la mise à l'arrêt de la machine Système de détection incendie relié au système SCADA qui émet une alarme au centre de contrôle ENERCON et prévient l'exploitant par SMS. Intervention des services de secours		
Description	DéTECTEURS de fumée qui lors de leur déclenchement conduisent à la mise en arrêt de la machine et au découplage du réseau électrique. De manière concomitante, un message d'alarme est envoyé au centre de télésurveillance ENERCON ainsi qu'à l'exploitant par SMS, qui se charge de contacter les services d'urgence compétents. L'éolienne est également équipée d'extincteurs qui peuvent être utilisés par les personnels d'intervention (cas d'un incendie se produisant en période de maintenance)		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	< 1 minute pour les détecteurs et l'enclenchement de l'alarme L'exploitant ou l'opérateur désigné sera en mesure de transmettre l'alerte aux services d'urgence compétents dans un délai de 15 minutes suivant l'entrée en fonctionnement anormal de l'aérogénérateur. Le temps d'intervention des services de secours est quant à lui dépendant de la zone géographique.		



Efficacité	100 %		
Tests	/		
Maintenance	Vérification du système au bout de 3 mois de fonctionnement puis contrôle annuel conformément à l'article 18 de l'arrêté du 26 août 2011. Le matériel incendie (type extincteurs) est contrôlé périodiquement par le fabricant du matériel ou un organisme extérieur. Maintenance curative suite à une défaillance du matériel.		
Fonction de sécurité	Prévention et rétention des fuites	N° de la fonction de sécurité	8
Mesure de sécurité	Quantité très faible d'huile mise en œuvre (pas de boîte de vitesses) Rétentions pouvant contenir 100% des fuites.		
Description	De nombreux détecteurs de niveau de lubrifiant permettant de détecter les éventuelles fuites et d'arrêter l'éolienne en cas d'urgence. Les opérations de remplacement des bacs de graisse vides font l'objet de procédures spécifiques. Dans tous les cas, le transfert des huiles s'effectue de manière sécurisée et encadrée par les procédures de maintenance. La propreté des rétentions est vérifiée lors de chaque inspection de la nacelle.		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	Instantané		
Efficacité	100 %		
Tests	/		
Maintenance	Inspection des niveaux d'huile et de l'état des rétentions plusieurs fois par an		
Fonction de sécurité	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation)	N° de la fonction de sécurité	9
Mesure de sécurité	Contrôles réguliers des fondations et des différentes pièces d'assemblages (ex : brides ; joints, etc.) Procédures qualités Attestation du contrôle technique (procédure permis de construire)		
Description	La norme IEC 61 400-1 « Exigence pour la conception des aérogénérateurs » fixe les prescriptions propres à fournir « un niveau approprié de protection contre les dommages résultant de tout risque durant la durée de vie » de l'éolienne. Ainsi la nacelle, le moyeu, les fondations et la tour répondent au standard IEC 61 400-1. Les pales respectent le standard IEC 61 400-1 ; 12 ; 23. Les éoliennes sont protégées contre la corrosion due à l'humidité de l'air, selon la norme ISO 9223.		

Indépendance	Oui		
Temps de réponse	NA		
Efficacité	100 %		
Tests	NA		
Maintenance	Les couples de serrage (brides sur les diverses sections de la tour, bride de raccordement des pales au moyeu, bride de raccordement du moyeu à l'arbre lent, éléments du châssis, éléments du pitch system, couronne du Yaw Gear (moteurs d'orientation de la nacelle), 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.		
Fonction de sécurité	Consignes de maintenance	N° de la fonction de sécurité	10
Mesure de sécurité	Procédure maintenance		
Description	Préconisations du manuel de maintenance Formation du personnel de manière à prévenir les erreurs de maintenance		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	NA		
Efficacité	100 %		
Tests	Opérations de maintenance divisées en quatre types : Inspection visuelle : Une fois par an Graissage d'entretien : Une fois par an Maintenance électrique : Une fois par an Maintenance mécanique : Une fois par an Chaque opération de maintenance dispose de procédures spécifiques.		
Maintenance	NA		
Fonction de sécurité	Prévenir les risques de dégradation de l'éolienne en cas de vent fort	N° de la fonction de sécurité	11
Mesure de sécurité	Classe d'éolienne adaptée au site et au régime de vents. Détection et prévention des vents forts et tempêtes Arrêt automatique et diminution de la prise au vent de l'éolienne (mise en drapeau progressive des pales) par le système de conduite		
Description	Procédure « site vérification » : une étude de vent est menée sur un an afin de vérifier l'adéquation effective des machines. En cas de doute sur l'adéquation des aérogénérateurs, le site est modélisé et une étude de charge est effectuée. L'éolienne est mise à l'arrêt progressivement si la vitesse de vent mesurée dépasse la vitesse maximale pour laquelle elle a été conçue		
Indépendance	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.		



Temps de réponse	< 1 min		
Efficacité	100 %. NB : En fonction de l'intensité attendue des vents, d'autres dispositifs de diminution de la prise au vent de l'éolienne peuvent être envisagés. Si le site est trop turbulent ou les machines trop rapprochées entre elle il est possible de mettre en place des arrêts sectoriels pour limiter l'impact de la turbulence sur les machines.		
Tests	Procédure de « Site Verification » (contrôle de l'adéquation par rapport à des mesures de fonctionnement)		
Maintenance	Les paramètres d'entrée en cas d'arrêt sectoriel sont régulièrement mis à jour et contrôlés lors des modifications d'hardware ou de software. Sinon aucune autre maintenance spécifique n'est identifiée notamment sur le « storm control » un module intrinsèque à la machine. Ce système est directement lié aux courbes opérationnelles des machines. En cas de défaut sur cette courbe la machine se met à l'arrêt.		
Fonction de sécurité	Détecter les dysfonctionnements et mettre en sécurité l'éolienne	N° de la fonction de sécurité	12
Mesure de sécurité	Mise en sécurité (arrêt) de l'éolienne en cas de dysfonctionnement des systèmes.		
Description	Les courbes de puissance de l'éolienne sont analysées et évaluées par rapport à des valeurs de référence. En cas d'anomalie, l'éolienne est arrêtée. Les signaux des différents capteurs sont traités par microprocesseur au sein des armoires de commande situées dans la nacelle. Dès qu'une erreur est relevée sur le système de communication lié à ce microprocesseur, la machine s'arrête. La défaillance d'un élément de sécurité entraîne donc la mise à l'arrêt de l'éolienne (freinage aérodynamique de l'éolienne). Il suffit qu'une seule pale soit mise en drapeau pour freiner l'éolienne. Le système SCADA de l'éolienne envoie un message dès la détection de l'anomalie. De plus, les 3 systèmes de régulation des angles des pales sont indépendants.		
Indépendance	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.		
Temps de réponse	Quelques secondes (< 2 min)		
Efficacité	100 %		
Tests	/		
Maintenance	Contrôle et entretien des équipements		
Fonction de sécurité	Prévenir les risques liés aux opérations de chantier	N° de la fonction de sécurité	13
Mesure de sécurité	Mise en place d'une procédure de sécurité / rédaction d'un plan de prévention / Plan particulier de sécurité et de protection de la santé (PPSPS) Mise en place d'une restriction d'accès au chantier		
Description	-		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	NA		

Efficacité	100 %
Tests	-
Maintenance	NA

**Tableau 22 : Fonctions de sécurité de l'éolienne E115 ENERCON**

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.



#### 7.4.5. Synthèse du tableau d'APR

A l'issue de l'analyse préliminaire des risques, quatre catégories de scénarios sont exclues de l'étude détaillée, en raison de leur faible intensité :

Nom du scénario exclu	Justification
Incendie de l'éolienne (effets thermiques)	En cas d'incendie de nacelle, et en raison de la hauteur des nacelles, les effets thermiques ressentis au sol seront mineurs. Par exemple, dans le cas d'un incendie de nacelle située à 50 mètres de hauteur, la valeur seuil de 3 kW/m <sup>2</sup> n'est pas atteinte. Dans le cas d'un incendie au niveau du mât les effets sont également mineurs et l'arrêté du 26 Août 2011 encadre déjà largement la sécurité des installations. Ces effets ne sont donc pas étudiés dans l'étude détaillée des risques. Néanmoins il peut être redouté que des chutes d'éléments (ou des projections) interviennent lors d'un incendie. Ces effets sont étudiés avec les projections et les chutes d'éléments.
Incendie du poste de livraison ou du transformateur	En cas d'incendie de ces éléments, les effets ressentis à l'extérieur des bâtiments (poste de livraison) seront mineurs ou inexistant du fait notamment de la structure en béton. De plus, la réglementation encadre déjà largement la sécurité de ces installations (l'arrêté du 26 août 2011 [9] et impose le respect des normes NFC 15-100, NFC 13-100 et NFC 13-200)
Chute et projection de glace dans les cas particuliers où les températures hivernales ne sont pas inférieures à 0°C	Lorsqu'un aérogénérateur est implanté sur un site où les températures hivernales ne sont pas inférieures à 0°C, il peut être considéré que le risque de chute ou de projection de glace est nul. Des éléments de preuves doivent être apportés pour identifier les implantations où de telles conditions climatiques sont applicables.
Infiltration d'huile dans le sol	En cas d'infiltration d'huiles dans le sol, les volumes de substances libérées dans le sol restent mineurs. Ce scénario peut ne pas être détaillé dans le chapitre de l'étude détaillée des risques sauf en cas d'implantation dans un périmètre de protection rapprochée d'une nappe phréatique.

Tableau 23 : Scénarios de l'analyse préliminaire des risques non retenus

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

- La projection de tout ou une partie de pale,
- L'effondrement de l'éolienne,
- La chute d'éléments de l'éolienne,
- La chute de glace,
- La projection de glace.

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



## 8. ETUDE DETAILLEE DES RISQUES

### 8.1. RAPPEL DES DEFINITIONS

Comme la réglementation l'impose aux exploitants, l'étude de dangers doit caractériser chaque scénario d'accident majeur potentiel retenu dans l'étude détaillée des risques en fonction des paramètres suivants :

- cinétique
- intensité
- gravité
- probabilité

Dans le cas des scénarios d'effondrement, de projection ou de chute d'objets tels que retenus pour les parcs éoliens, un accident majeur correspond à l'atteinte d'une cible.

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'événement 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 de « 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 (valeurs les plus défavorables pour l'exploitant) :

- 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 24: Intensité et degré d'exposition**  
 (Source : guide INERIS)

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 25 : Classe de gravité selon l'intensité du phénomène**  
 (Source : guide INERIS)

#### 8.1.4. Probabilité

L'annexe 1 de l'arrêté du 29 Septembre 2005 définit les classes de probabilité qui doivent être utilisées dans les études de dangers pour caractériser les scénarios d'accident majeur :

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

**Tableau 26 : Classe de probabilité**  
 (Source : guide INERIS)

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.



## 8.2. CARACTERISATION DES SCENARIOS RETENUS

Au sein de ce paragraphe, nous retiendrons uniquement les évènements pour le pire des cas.

Ainsi, dans le pire des cas, voici les rayons d'effet :

	Eolienne pire des cas	Rayon (m)
Effondrement de l'éolienne	V117	150
Chute de glace	V117	58,5
Chute d'éléments de l'éolienne	V117	58,5
Projection de tout ou partie de pale	V117, N117 ou E115	500
Projection de glace	V117	312,75

Tableau 27 : Rayons des zones d'effet dans le pire des cas

### 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 150 m dans le pire des cas.

Cette méthodologie se rapproche de celles utilisées dans la bibliographie (références [5] et [6]). Les risques d'atteinte d'une personne ou d'un bien en dehors de cette zone d'effet sont négligeables et ils n'ont jamais été relevés dans l'accidentologie ou la littérature spécialisée.

#### ◆ Intensité

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

Le tableau ci-dessous permet d'évaluer l'intensité du phénomène d'effondrement de l'éolienne dans le cas du parc éolien de Rom.

Les paramètres de calcul sont les suivants :

- R est la longueur de pale : R = 57 m,
- H est la hauteur du mât au sens ICPE (avec la nacelle) : H = 94,9 m,
- L est la largeur du mât : L = 3,8 m,
- LB est la largeur de la base de la pale : LB = 4 m (forme triangulaire).

Effondrement de l'éolienne (dans un rayon inférieur ou égal à la hauteur totale de l'éolienne en bout de pale)			
Zone d'impact ( $ZI = H \times L + 3 \times R \times LB/2$ )	Zone d'effet du phénomène étudié ( $ZE = \pi \times (H+R)^2$ )	Degré d'exposition du phénomène étudié ( $d = ZI/ZE$ )	Intensité
703 m <sup>2</sup>	72 488 m <sup>2</sup>	0,97 %	Exposition modérée

Tableau 28 : Intensité du phénomène d'effondrement d'éolienne

(Source : guide INERIS)

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

#### ◆ Gravité

Le tableau suivant indique, pour chaque aérogénérateur, le nombre de personnes exposées dans la zone d'effet du phénomène d'effondrement et la gravité (voir Tableau 25 page 69) associée :

Effondrement de l'éolienne (dans un rayon inférieur ou égal à la hauteur totale de l'éolienne en bout de pale)		
Eolienne	Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)	Gravité
E1	Surface de terrains non aménagés et très peu fréquentés (champs) : 6,740 ha soit <b>0,06740 personne</b> Surface de terrains aménagés mais peu fréquentés (chemin agricole) : 0,328 ha soit <b>0,0328 personne</b> <b>Soit un total de 0,1002 personne</b>	Modéré
E2	Surface de terrains non aménagés et très peu fréquentés (champs) : 7,068 ha soit <b>0,07068 personne</b> <b>Soit un total de 0,07068 personne</b>	Modéré
E3	Surface de terrains non aménagés et très peu fréquentés (champs) : 6,743 ha soit <b>0,06743 personne</b> Surface de terrains aménagés mais peu fréquentés (chemin agricole) : 0,325ha soit <b>0,0325 personne</b> <b>Soit un total de 0,09993 personne</b>	Modéré

Tableau 29 : Gravité du phénomène d'effondrement d'éolienne

(Source : guide INERIS)

#### ◆ 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 turbines" [5]	4,5 x 10 <sup>-4</sup>	Retour d'expérience
« Specification of minimum distances » [6]	1,8 x 10 <sup>-4</sup> (effondrement de la nacelle et de la tour)	Retour d'expérience

Tableau 30 : Probabilité du phénomène d'effondrement d'éolienne

(Source : guide INERIS)

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>4</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 : « *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* ».

Néanmoins, les dispositions constructives des éoliennes ayant fortement évoluées, 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

Dans le cas d'implantation d'éoliennes équipées des technologies récentes, compte tenu de la classe de probabilité d'un effondrement, on pourra conclure à l'acceptabilité de ce phénomène si moins de 10 personnes sont exposées.

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

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

**Tableau 31 : Acceptabilité du risque dû au phénomène d'effondrement d'éolienne**  
(Source : guide INERIS)

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

<sup>4</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 un total de 12 années d'expérience.



### 8.2.2. Chute de glace

#### ◆ Considérations générales

Les périodes de gel et d'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 [15], une grande partie du territoire français (hors zones de montagne) est concerné par moins d'un jour de formation de glace par an. Certains secteurs du territoire comme les zones côtières affichent des moyennes variant entre 2 et 7 jours de formation de glace par an.

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

#### ◆ Zone d'effet

Le risque de chute de glace est cantonné à la zone de survol des pales, soit un disque de rayon égal à un demi diamètre de rotor autour du mât de l'éolienne. Pour le parc éolien de Rom, la zone d'effet a donc un rayon de 58,5 mètres. Cependant, il convient de noter que, lorsque l'éolienne est à l'arrêt, les pales n'occupent qu'une faible partie de cette zone. Il est donc pris en compte un risque plus important que nécessaire.

#### ◆ Intensité

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

Le tableau ci-dessous permet d'évaluer l'intensité du phénomène de chute de glace dans le cas du parc éolien de Rom. Les paramètres de calcul sont les suivants :

- R est la longueur de pale :  $R = 57$  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 $D/2$ = zone de survol)			
Zone d'impact ( $ZI = SG$ )	Zone d'effet du phénomène étudié ( $ZE = \pi \times R^2$ )	Degré d'exposition du phénomène étudié ( $d = ZI/ZE$ )	Intensité
1 m <sup>2</sup>	10 207 m <sup>2</sup>	0,01%	Exposition modérée

**Tableau 32 : Intensité du phénomène de chute de glace**  
(Source : guide INERIS)

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

◆ **Gravité**

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 (voir Tableau 25, page 69) associée :

Chute de glace (dans un rayon inférieur ou égal à D/2 = zone de survol)		
Eolienne	Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)	Gravité
E1	Surface de terrains non aménagés et très peu fréquentés (champs) : 1,075 ha soit <b>0,01075 personne</b>	Modéré
E2	Surface de terrains non aménagés et très peu fréquentés (champs) : 1,075 ha soit <b>0,01075 personne</b>	Modéré
E3	Surface de terrains non aménagés et très peu fréquentés (champs) : 1,075 ha soit <b>0,01075 personne</b>	Modéré

**Tableau 33 : Gravité du phénomène de chute de glace**  
(Source : guide INERIS)

◆ **Probabilité**

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

◆ **Acceptabilité**

Avec une classe de probabilité de A, le risque de chute de glace pour chaque aérogénérateur est évalué comme acceptable dans le cas d'une gravité « Modérée » qui correspond pour cet événement à un nombre de personnes permanentes (ou équivalent) inférieur à 1.

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

Chute de glace (dans un rayon inférieur ou égal à D/2 = zone de survol)		
Eolienne	Gravité	Niveau de risque
E1	Modéré	Acceptable
E2	Modéré	Acceptable
E3	Modéré	Acceptable

**Tableau 34 : Acceptabilité du risque dû au phénomène de chute de glace**  
(Source : guide INERIS)

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

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

8.2.3. Chute d'éléments de l'éolienne

◆ **Zone d'effet**

La chute d'éléments comprend la chute de tous les équipements situés en hauteur : trappes, boulons, morceaux de pales ou pales entières. Le cas majorant est ici le cas de la chute de pale. Il est retenu dans l'étude détaillée des risques pour représenter toutes les chutes d'éléments.

Le risque de chute d'élément est cantonné à la zone de survol des pales, c'est-à-dire une zone d'effet correspondant à un disque de rayon égal à un demi-diamètre de rotor (soit 58,5 m).

◆ **Intensité**

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

Le tableau ci-dessous permet d'évaluer l'intensité du phénomène de chute d'éléments de l'éolienne dans le cas du parc éolien de Rom. Les paramètres de calcul sont les suivants :

- R est la longueur de pale : R = 57 m,
- LB est la largeur de la base de la pale : LB = 4 m (forme triangulaire).

Chute d'éléments de l'éolienne (dans un rayon inférieur ou égal à D/2 = zone de survol)			
Zone d'impact (ZI = R x LB/2)	Zone d'effet du phénomène étudié (ZE = π x R <sup>2</sup> )	Degré d'exposition du phénomène étudié (d = ZI/ZE)	Intensité
114 m <sup>2</sup>	10 207 m <sup>2</sup>	1,06 %	Exposition forte

**Tableau 35 : Intensité du phénomène de chute d'éléments de l'éolienne**  
(Source : guide INERIS)

◆ **Gravité**

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 (voir Tableau 25, page 69) associée :

Chute d'éléments de l'éolienne (dans un rayon inférieur ou égal à D/2 = zone de survol)		
Eolienne	Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)	Gravité
E1	Surface de terrains non aménagés et très peu fréquentés (champs) : 1,075 ha soit <b>0,01075 personne</b>	Sérieux
E2	Surface de terrains non aménagés et très peu fréquentés (champs) : 1,075 ha soit <b>0,01075 personne</b>	Sérieux
E3	Surface de terrains non aménagés et très peu fréquentés (champs) : 1,075 ha soit <b>0,01075 personne</b>	Sérieux

**Tableau 36 : Gravité du phénomène de chute d'éléments de l'éolienne**  
(Source : guide INERIS)

◆ **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 » : « 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 ».

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

#### ◆ Acceptabilité

Avec une classe de probabilité « C », le risque de chute d'éléments pour chaque aérogénérateur est évalué comme acceptable dans le cas d'un nombre de personnes permanentes (ou équivalent) inférieur à 100 dans la zone d'effet.

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

Chute d'éléments de l'éolienne (dans un rayon inférieur ou égal à D/2 = zone de survol)		
Eolienne	Gravité	Niveau de risque
E1	Sérieux	Acceptable
E2	Sérieux	Acceptable
E3	Sérieux	Acceptable

**Tableau 37 : Acceptabilité du risque dû au phénomène de chute d'éléments de l'éolienne**  
(Source : guide INERIS)

Ainsi, pour le parc éolien de Rom, le phénomène de chute d'éléments des éoliennes constitue un risque acceptable pour les personnes.

#### 8.2.4. Projections de pales ou 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 [3].

Pour autant, des études de risques déjà réalisées dans le monde ont utilisé une distance de 500 mètres, en particulier les études [5] et [6].

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

##### ◆ Intensité

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

Le tableau ci-dessous permet d'évaluer l'intensité du phénomène de chute d'éléments de l'éolienne dans le cas du parc éolien de Rom. Les paramètres de calcul sont les suivants :

- R est la longueur de pale : R = 57 m,
- LB est la largeur de la base de la pale : LB = 4 m (forme triangulaire),
- RE est la zone de 500 m autour d'une éolienne : RE = 500 m.

Projection de pale ou de fragment de pale (zone de 500 m autour de chaque éolienne)			
Zone d'impact (ZI = R x LB/2)	Zone d'effet du phénomène étudié (ZE = $\pi \times RE^2$ )	Degré d'exposition du phénomène étudié (d = ZI/ZE)	Intensité
114 m <sup>2</sup>	785 398 m <sup>2</sup>	0,01 %	Exposition modérée

**Tableau 38 : Intensité du phénomène de projection de pale ou de fragment de pale**  
(Source : guide INERIS)

##### ◆ Gravité

Le tableau suivant indique, pour chaque aérogénérateur, le nombre de personnes exposées dans la zone d'effet du phénomène de projection et la gravité (voir Tableau 25, page 69) associée :

**Il est à noter que la LGV est considéré comme une voie de communication structurante.**

Projection de pale ou de fragment de pale (zone de 500 m autour de chaque éolienne)		
Eolienne	Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)	Gravité
E1	Surface de terrains non aménagés et très peu fréquentés (champs) : 74,72 ha soit <b>0,7472 personne</b> Surface de terrains aménagés mais peu fréquentés (chemin agricole) : 3,81 ha soit <b>0,381 personne</b> <b>Soit un total de 1,1282 personne</b>	Sérieux
E2	Surface de terrains non aménagés et très peu fréquentés (champs) : 75,82 ha soit <b>0,7582 personne</b> Surface de terrains aménagés mais peu fréquentés (chemin agricole) : 2,71 ha soit <b>0,271 personne</b> Voies de circulation structurante (LGV) : 132 trains sur 0,62 km soit <b>32,736 personnes</b> <b>Soit un total de 33,7655 personnes</b>	Important
E3	Surface de terrains non aménagés et très peu fréquentés (champs) : 75,151 ha soit <b>0,75151 personne</b> Surface de terrains aménagés mais peu fréquentés (chemin agricole) : 3,379 ha soit <b>0,3379 personne</b> Voies de circulation structurante (LGV) : 132 trains sur 0,24 km soit <b>12,672 personnes</b> <b>Soit un total de 13,80 personnes</b>	Important

**Tableau 39 : Gravité du phénomène de projection de pale ou de fragment de pale**  
(Source : guide INERIS)



### ◆ 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 [4]	1 x 10 <sup>-6</sup>	Respect de l'Eurocode EN 1990 – Basis of structural design
Guide for risk based zoning of wind turbines [5]	1, 1 x 10 <sup>-3</sup>	Retour d'expérience au Danemark (1984-1992) et en Allemagne (1989-2001)
Specification of minimum distances [6]	6,1 x 10 <sup>-4</sup>	Recherche Internet des accidents entre 1996 et 2003

**Tableau 40 : Probabilité du phénomène de projection de pale ou de fragment de pale**  
 (Source : guide INERIS)

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 événements pour 15 667 années d'expérience, soit 7,66 x 10<sup>-4</sup> 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 » : « *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* ».

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
- 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
- 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

Avec une classe de probabilité de « D », le risque de projection de tout ou partie de pale pour chaque aérogénérateur est évalué comme acceptable dans le cas d'un nombre équivalent de personnes permanentes inférieur à 1000 dans la zone d'effet.

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

Projection de pale ou de fragment de pale (zone de 500 m autour de chaque éolienne)		
Eolienne	Gravité	Niveau de risque
E1	Sérieux	Acceptable
E2	Important	Acceptable
E3	Important	Acceptable

**Tableau 41 : Acceptabilité du risque dû au phénomène de projection de pale ou de fragment de pale**  
 (Source : guide INERIS)

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

### 8.2.5. Projections 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 [15] 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 :

$$\text{Distance d'effet} = 1,5 \times (\text{hauteur de moyeu} + \text{diamètre de rotor}) \text{ soit } 312,75 \text{ m}$$

Cette distance de projection est jugée conservatrice dans des études postérieures [17]. A défaut de données fiables, il est proposé de considérer cette formule pour le calcul de la distance d'effet pour les projections de glace.

#### ◆ Intensité

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

Le tableau ci-dessous permet d'évaluer l'intensité du phénomène de projection de glace dans le cas du parc éolien de Rom. Les paramètres de calcul sont les suivants :

- SG est la surface du morceau de glace majorant : SG= 1 m<sup>2</sup>,
- H est la hauteur du mât moyeu : H = 91,5 m,
- D est le diamètre du rotor : D = 117 m.

Projection de morceaux de glace (dans un rayon de R <sub>PG</sub> = 1,5 x (H+D) autour de l'éolienne)			
Zone d'impact (ZI = SG)	Zone d'effet du phénomène étudié (ZE = π x R <sub>PG</sub> <sup>2</sup> )	Degré d'exposition du phénomène étudié (d = ZI/ZE)	Intensité
1 m <sup>2</sup>	307 287 m <sup>2</sup>	0,0003 %	Exposition modérée

**Tableau 42 : Intensité du phénomène de projection de glace**  
 (Source : guide INERIS)



### ◆ Gravité

Il a été observé dans la littérature disponible [17] qu'en cas de projection, les morceaux de glace se cassent en petits fragments dès qu'ils se détachent de la pale. La possibilité de l'impact de glace sur des personnes abritées par un bâtiment ou un véhicule est donc négligeable et ces personnes ne doivent pas être comptabilisées pour le calcul de la gravité.

Le tableau suivant indique, pour chaque aérogénérateur, le nombre de personnes exposées dans la zone d'effet du phénomène de projection de glace et la gravité (voir Tableau 25, page 69) associée :

Projection de morceaux de glace (dans un rayon de RPG = 1,5 x (H+D) autour de l'éolienne)		
Eolienne	Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)	Gravité
E1	Surface de terrains non aménagés et très peu fréquentés (champs) : 28,76 ha soit <b>0,2876 personne</b> Surface de terrains aménagés mais peu fréquentés (chemin agricole) : 1,96 ha soit <b>0,196 personne</b> <b>Soit un total de 0,4836 personne</b>	Modéré
E2	Surface de terrains non aménagés et très peu fréquentés (champs) : 30,28 ha soit <b>0,3028 personne</b> Surface de terrains aménagés mais peu fréquentés (chemin agricole) : 0,44 ha soit <b>0,044 personne</b> <b>Soit un total de 0,3468 personne</b>	Modéré
E3	Surface de terrains non aménagés et très peu fréquentés (champs) : 29,16 ha soit <b>0,2916 personne</b> Surface de terrains aménagés mais peu fréquentés (chemin agricole) : 1,56 ha soit <b>0,156 personne</b> <b>Soit un total de 0,4476 personne</b>	Modéré

**Tableau 43 : Gravité du phénomène de projection de glace**  
(Source : guide INERIS)

### ◆ Probabilité

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

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

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

### ◆ Acceptabilité

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

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

Projection de morceaux de glace (dans un rayon de RPG = 1,5 x (H+DR) autour de l'éolienne)			
Eolienne	Gravité	Présence de système d'arrêt en cas de détection de glace et de procédure de redémarrage	Niveau de risque
E1	Modéré	OUI	Acceptable
E2	Modéré	OUI	Acceptable
E3	Modéré	OUI	Acceptable

**Tableau 44 : Acceptabilité du risque dû au phénomène de projection de glace**  
(Source : guide INERIS)

Ainsi, pour le parc éolien de Rom, le phénomène de projection de glace constitue un risque acceptable pour les personnes.

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

### 8.3.1. Tableau de synthèse des scénarios étudiés

Le tableau suivant récapitule, pour chaque événement redouté central retenu, les paramètres de risques : la cinétique, l'intensité, la gravité et la probabilité. Le tableau regroupe les éoliennes qui ont le même profil de risque.

N°	Scénario	Zone d'effet	Cinétique	Intensité	Probabilité	Gravité
1	Effondrement de l'éolienne	Disque dont le rayon correspond à une hauteur totale de la machine en bout de pale	Rapide	Exposition modérée	D	Modérée
2	Chute de glace	Zone de survol	Rapide	Exposition modérée	A	Modérée
3	Chute d'élément de l'éolienne	Zone de survol	Rapide	Exposition modérée	C	Sérieuse
4	Projection de pales ou de fragments de pale	500 m autour de l'éolienne	Rapide	Exposition modérée	D	Important pour E2 et E3 ; et sérieux pour E1
5	Projection de glace	1,5 x (H + D) autour de l'éolienne	Rapide	Exposition modérée	B	Modérée

**Tableau 45 : Synthèse des scénarios étudiés**  
(Source : guide INERIS)



### 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 (scénario 1 à 5).

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.

GRAVITE des conséquences	Classes de probabilité				
	E	D	C	B	A
Désastreux					
Catastrophique					
Important		4 (E2 et E3)			
Sérieux		4 (E1)	3		
Modéré		1		5	2

Légende de la matrice

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

**Tableau 46 : Matrice de criticité**  
(Source : guide INERIS)

Il apparaît au regard de la matrice ainsi complétée qu'aucun accident n'apparaît dans les cases rouges de la matrice.

L'analyse des risques nous conduit à ne retenir aucun des événements pour une étude détaillée de réduction des risques, puisqu'aucun des scénarios étudiés n'est jugé inacceptable.

### 8.3.3. Cartographie des risques

Les cartes en pages suivantes présentent les risques en considérant une topographie plane du site (cas le plus défavorable).



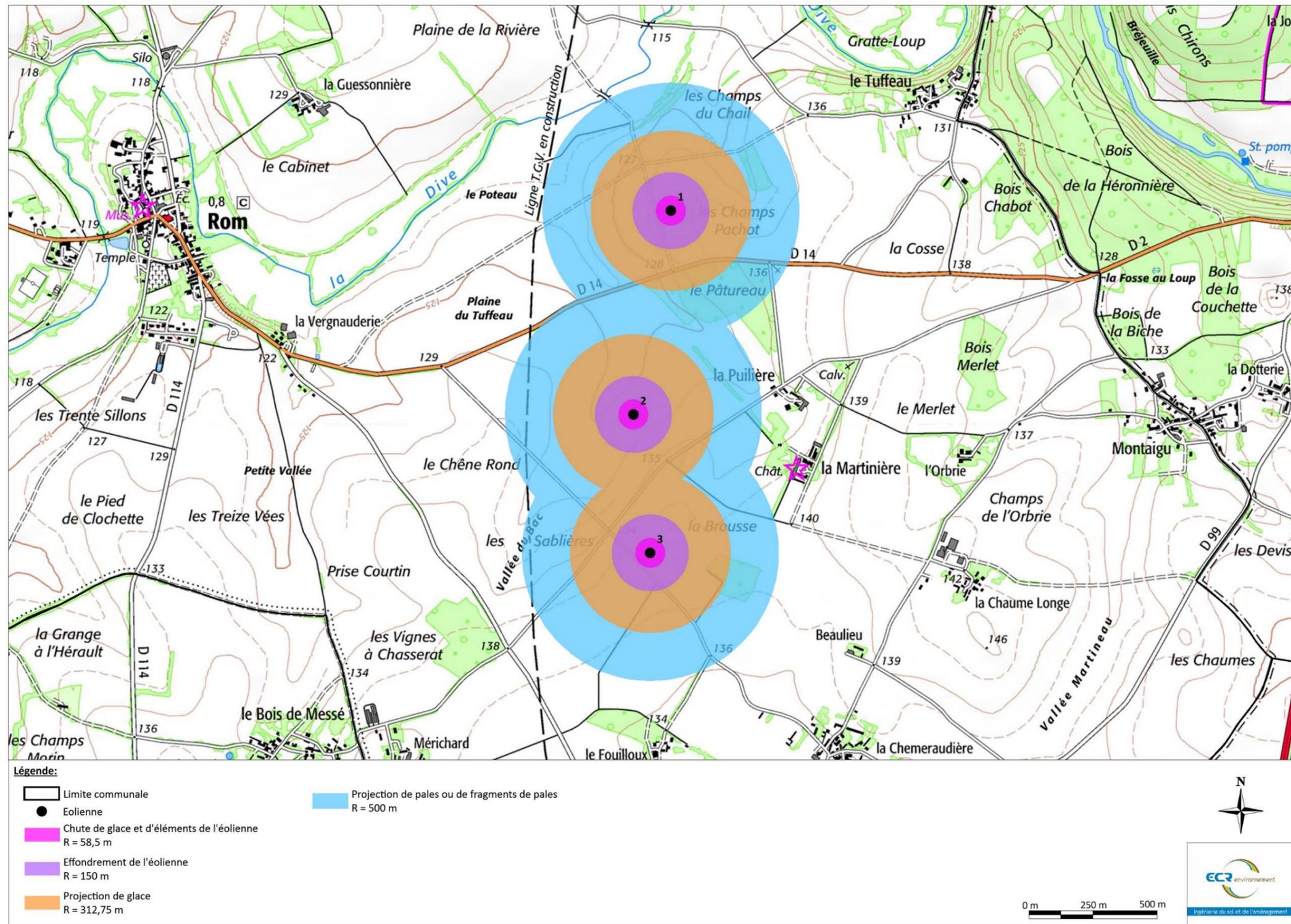


Figure 31 : Cartographie des zones de risque pour l'ensemble des éoliennes

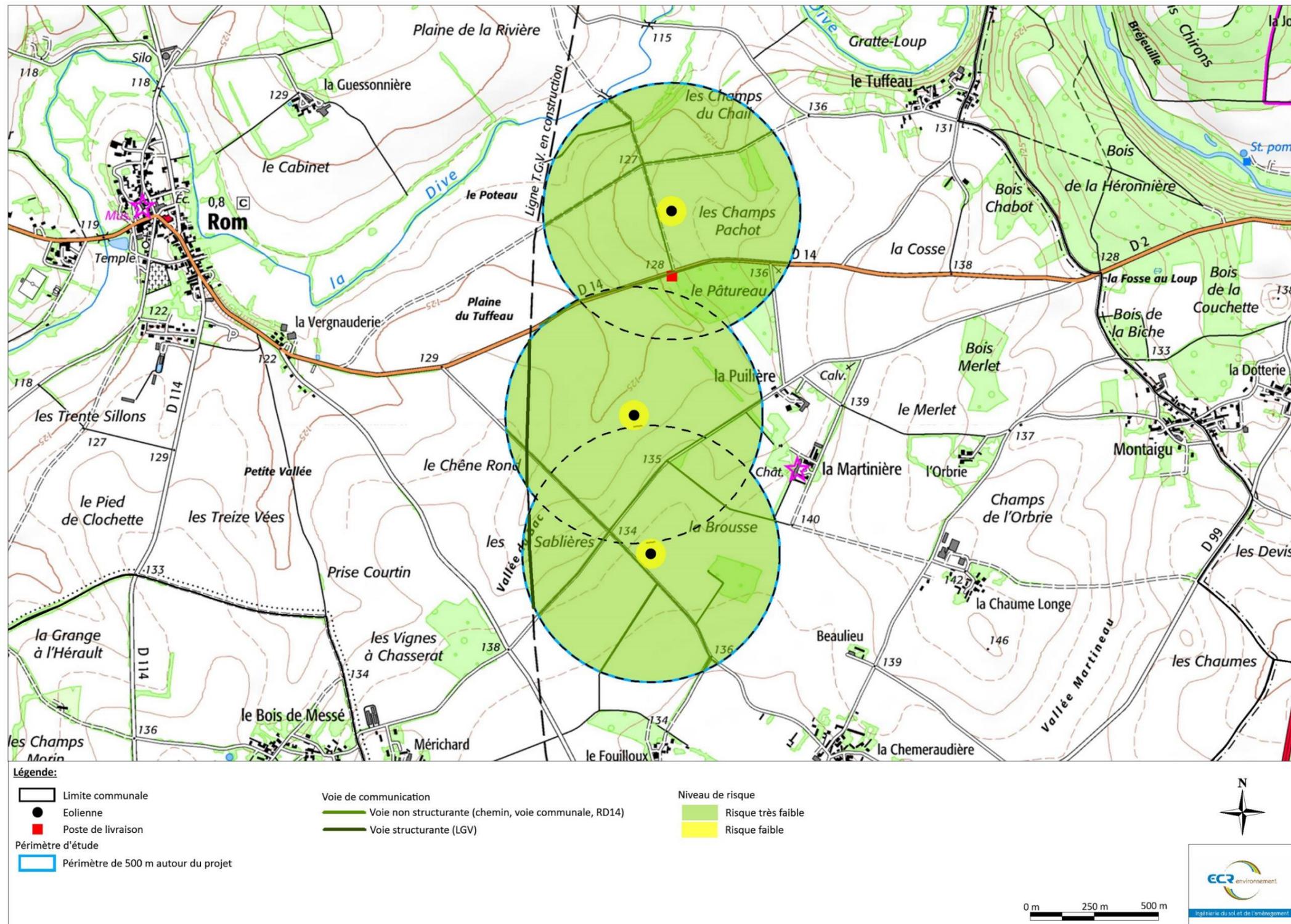


Figure 32 : Cartographie des niveaux de risques identifiés

## 9. CONCLUSION

Le parc éolien de Rom est soumis aux risques naturels par les dimensions imposantes de l'ouvrage mais également aux risques de défaillance d'équipements constituant une éolienne.

L'analyse des risques de la présente étude de dangers a permis d'identifier les principaux accidents majeurs, à savoir :

- L'effondrement de l'éolienne,
- La chute de glace,
- La chute d'éléments de l'éolienne,
- La projection de tout ou partie de pale,
- La projection de glace.

La probabilité et la gravité des accidents majeurs les plus significatifs en termes de risque sont regroupées dans le tableau suivant :

N°	Scénario	Zone d'effet	Cinétique	Intensité	Probabilité	Gravité
1	Effondrement de l'éolienne	Disque dont le rayon correspond à une hauteur totale de la machine en bout de pale	Rapide	Exposition modérée	D	Modérée
2	Chute de glace	Zone de survol	Rapide	Exposition modérée	A	Modérée
3	Chute d'élément de l'éolienne	Zone de survol	Rapide	Exposition modérée	C	Sérieuse
4	Projection de pales ou de fragments de pale	500 m autour de l'éolienne	Rapide	Exposition modérée	D	Important pour E2 et E3 et sérieux pour E1
5	Projection de glace	1,5 x (H + D) autour de l'éolienne	Rapide	Exposition modérée	B	Modérée

**Tableau 47 : Intensité, gravité et probabilité des accidents majeurs dans le pire des cas**

L'analyse détaillée des risques a permis de montrer que tous ces scénarios se situent dans la zone acceptable de la matrice de criticité, c'est-à-dire qu'ils ne nécessitent pas de mesures supplémentaires de réduction des risques.

Afin de limiter les risques d'accidents ou d'incidents liés aux activités du parc éolien de Rom, les mesures de prévention et de protection intégrées à la structure des éoliennes seront prises :

- Les éoliennes seront conformes aux normes en vigueur, conformément à l'Article 8 de l'arrêté du 26 août 2011,
- Vérifications périodiques conformément aux articles 15 et 18 de l'Arrêté du 26 août 2011,
- Les installations et les équipements seront mis à la terre et munis d'un paratonnerre, conformément à l'article 9 de l'Arrêté du 26 août 2011,

- Balisage lumineux de chaque éolienne avec un système conformément à l'article 11 de l'Arrêté du 26 août 2011,
- Personnel formé au poste de travail et informé des risques présentés par l'activité, conformément aux articles 17 et 22 de l'Arrêté du 26 août 2011,
- Eloignement réglementaire par rapport aux habitations, conformément à l'article 3 de l'Arrêté du 26 août 2011,
- L'accès aux aérogénérateurs et autres équipements associés seront fermés à clés, conformément à l'Article 13 de l'Arrêté du 26 août 2011,
- Contrôle général des systèmes de sécurité et de fonctionnement des aérogénérateurs,
- Système de sécurité contre le risque électrique,
- Système de sécurité contre la survitesse,
- ...

Conformément à l'article 14 de l'Arrêté du 26 août 2011, des panneaux préventifs informant des risques de chute de glace seront mis en place au pied des éoliennes afin de limiter les risques pour le public.

Ainsi, les mesures de prévention et de protection qui seront mises en place sur le parc éolien de Rom garantiront un niveau de risque acceptable pour les personnes.



## Annexe 1: Accidentologie en France



Le tableau ci-dessous recense l'ensemble des accidents et incidents connus en France concernant la filière éolienne entre 2000 et octobre 2018.

Type d'accident	Date	Nom du parc	Département	Puissance de l'éolienne (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information	Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude de dangers
Effondrement	Novembre 2000	Port la Nouvelle	Aude	0,5	1993	Non	Le mât d'une éolienne s'est plié lors d'une tempête suite à la perte d'une pale (coupure courant prolongée pendant 4 jours suite à la tempête)	Tempête avec foudre répétée	Rapport du CGM Site Vent de Colère	-
Rupture de pale	2001	Sallèles-Limousis	Aude	0,75	1998	Non	Bris de pales en bois (avec inserts)	?	Site Vent de Colère	Information peu précise
Effondrement	01/02/2002	Wormhout	Nord	0,4	1997	Non	Bris d'hélice et mât plié	Tempête	Rapport du CGM Site Vent du Bocage	-
Maintenance	01/07/2002	Port la Nouvelle – Sigean	Aude	0,66	2000	Oui	Grave électrisation avec brûlures d'un technicien	Lors de mesures pour cartériser la partie haute d'un transformateur 690V/20kV en tension. Le mètre utilisé par la victime, déroulé sur 1,46m, s'est soudainement plié et est entré dans la zone du transformateur, créant un arc électrique.	Rapport du CGM	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident sur le personnel de maintenance)
Effondrement	28/12/2002	Névian - Grande Garrigue	Aude	0,85	2002	Oui	Effondrement d'une éolienne suite au dysfonctionnement du système de freinage	Tempête + dysfonctionnement du système de freinage	Rapport du CGM Site Vent de Colère Article de presse (Midi Libre)	-
Rupture de pale	25/02/2002	Sallèles-Limousis	Aude	0,75	1998	Non	Bris de pale en bois (avec inserts) sur une éolienne bipale	Tempête	Article de presse (La Dépêche du 26/03/2003)	Information peu précise
Rupture de pale	05/11/2003	Sallèles-Limousis	Aude	0,75	1998	Non	Bris de pales en bois (avec inserts) sur trois éoliennes. Morceaux de pales disséminés sur 100 m.	Dysfonctionnement du système de freinage	Rapport du CGM Article de presse (Midi Libre du 15/11/2003)	-
Effondrement	01/01/2004	Le Portel – Boulogne sur Mer	Pas de Calais	0,75	2002	Non	Cassure d'une pale, chute du mât et destruction totale. Une pale tombe sur la plage et les deux autres dérivent sur 8 km.	Tempête	Base de données ARIA Rapport du CGM Site Vent de Colère Articles de presse (Windpower Monthly May 2004, La Voix du Nord du 02/01/2004)	-
Effondrement	20/03/2004	Loon Plage – Port de Dunkerque	Nord	0,3	1996	Non	Couchage du mât d'une des 9 éoliennes suite à l'arrachement de la fondation	Rupture de 3 des 4 micropieux de la fondation, erreur de calcul (facteur de 10)	Base de données ARIA Rapport du CGM Site Vent de Colère Articles de presse (La Voix du Nord du 20/03/2004 et du 21/03/2004)	-
Rupture de pale	22/06/2004	Pleyber-Christ - Site du Télégraphe	Finistère	0,3	2001	Non	Survitesse puis éjection de bouts de pales de 1,5 et 2,5 m à 50 m, mât intact	Tempête + problème d'allongement des pales et retrait de sécurité (débridage)	Rapport du CGM Articles de presse (Le Télégramme, Ouest France du 09/07/2004)	-



Type d'accident	Date	Nom du parc	Département	Puissance de l'éolienne (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information	Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude de dangers
Rupture de pale	08/07/2004	Pleyber-Christ - Site du Télégraphe	Finistère	0,3	2001	Non	Survitesse puis éjection de bouts de pales de 1,5 et 2,5m à 50m, mat intact	Tempête + problème d'allongement des pales et retrait de sécurité (débridage)	Rapport du CGM Articles de presse (Le Télégramme, Ouest France du 09/07/2004)	Incident identique à celui s'étant produit 15 jours auparavant
Chute de pale + effondrement du mât	28/12/2002	Névian	Aude	0,85	2003	-	Lors de la construction du parc, l'une des pales d'une éolienne se détache et entraîne l'effondrement du mât de 40 m.	Défaillance du système de freinage du rotor	ARIA (n°42882)	-
Rupture de pale	2004	Escales-Conilhac	Aude	0,75	2003	Non	Bris de trois pales		Site Vent de Colère	Information peu précise
Rupture de pale + chute de mât	01/01/2004	Le Portel	Pas-de-Calais	3	2002	-	Les trois pales tombent puis le mât se brise à mi-hauteur et la nacelle chute (deux des pales dérivent en mer et sont retrouvées à 8 km)	Défaut de conception	ARIA (n°26119)	-
Chute d'éolienne	20/03/2004	Dunkerque	Nord		1996	-	Une des 9 éoliennes tombe	Vent	ARIA (n°29388)	-
Rupture de pale	22/06/2004	Saint-Thégonnec	Finistère	0,30	2002	Non	Une pale se brise ne heurtant le mât	Vent	ARIA (n°42887)	-
Projection de morceaux de pale	08/07/2004	Saint-Thégonnec	Finistère	0,30	2002	Non	Projection de 3 morceaux de pale dans un champ (2 de 2,5 m et 1 de 1,5 m)	-	ARIA (n°42889)	-
Rupture de pale + incendie	22/12/2004	Montjoyer-Rochefort	Drôme	0,75	2004	Non	Bris des trois pales et début d'incendie sur une éolienne (survitesse de plus de 60 tr/min)	Survitesse due à une maintenance en cours, problème de régulation, et dysfonctionnement du système de freinage	Base de données ARIA (n°29385) Article de presse (La Tribune du 30/12/2004) Site Vent de Colère	-
Rupture de pale	2005	Wormhout	Nord	0,4	1997	Non	Bris de pale		Site Vent de Colère	Information peu précise
Rupture de pale	08/10/2006	Pleyber-Christ - Site du Télégraphe	Finistère	0,3	2004	Non	Chute d'une pale de 20 m pesant 3 tonnes	Allongement des pales et retrait de sécurité (débridage), pas de REX suite aux précédents accidents sur le même parc	Site FED Articles de presse (Ouest France) Journal FR3 ARIA (n°42891)	-
Incendie	18/11/2006	Roquetaillade	Aude	0,66	2001	Oui	Acte de malveillance: explosion de bonbonne de gaz au pied de 2 éoliennes. L'une d'entre elles a mis le feu en pieds de mat qui s'est propagé jusqu'à la nacelle.	Malveillance / incendie criminel	Communiqués de presse exploitant Articles de presse (La Dépêche, Midi Libre) ARIA (n°42909)	-
Effondrement	03/12/2006	Bondues	Nord	0,08	1993	Non	Sectionnement du mât puis effondrement d'une éolienne dans une zone industrielle	Tempête (vents mesurés à 137Kmh)	Article de presse (La Voix du Nord)	-



Type d'accident	Date	Nom du parc	Département	Puissance de l'éolienne (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information	Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude de dangers
Rupture de pale	31/12/2006	Ally	Haute-Loire	1,5	2005	Oui	Chute de pale lors d'un chantier de maintenance visant à remplacer les rotors	Accident faisant suite à une opération de maintenance	Site Vent de Colère ARIA (n°42895)	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident pendant la phase chantier)
Rupture de pale	02/03/2007	Clitourps	Manche	0,66	2005	Oui	Rupture d'un morceau de pale de 4 m et éjection à environ 80 m de distance dans un champ	Cause pas éclaircie	Site FED Interne exploitant ARIA (n°43107)	-
Chute d'élément	11/10/2007	Plouvien	Finistère	1,3	2007	Non	Chute d'un élément de la nacelle (trappe de visite de 50 cm de diamètre)	Défaut au niveau des charnières de la trappe de visite. Correctif appliqué et retrofit des boulons de charnières effectué sur toutes les machines en exploitation.	Article de presse (Le Télégramme) ARIA (n°42896)	-
Emballlement	10/03/2008	Dinéault	Finistère	0,3	2002	Non	Emballlement de l'éolienne mais pas de bris de pale	Tempête + système de freinage hors service (boulon manquant)	Base de données ARIA (n°34340)	Non utilisable directement dans l'étude de dangers (événement unique et sans répercussion potentielle sur les personnes)
Collision avion	04/04/2008	Plouguin	Finistère	2	2004	Non	Léger choc entre l'aile d'un bimoteur Beechcraftch (liaison Ouessant-Brest) et une pale d'éolienne à l'arrêt. Perte d'une pièce de protection au bout d'aile. Mise à l'arrêt de la machine pour inspection.	Mauvaise météo, conditions de vol difficiles (sous le plafond des 1000m imposé par le survol de la zone) et faute de pilotage (altitude trop basse)	Articles de presse (Le Télégramme, Le Post) ARIA (n°42884)	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident aéronautique)
Rupture de pale	19/07/2008	Erize-la-Brûlée - Voie Sacrée	Meuse	2	2007	Oui	Chute de pale et projection de morceaux de pale suite à un coup de foudre	Foudre + défaut de pale	Communiqué de presse exploitant Article de presse (l'Est Républicain 22/07/2008) ARIA (n°42904)	-
Incendie	28/08/2008	Vauvillers	Somme	2	2006	Oui	Incendie de la nacelle	Problème au niveau d'éléments électroniques	Dépêche AFP 28/08/2008 ARIA (n°43109)	-
Rupture de pale	26/12/2008	Raival - Voie Sacrée	Meuse	2	2007	Oui	Chute de pale		Communiqué de presse exploitant Article de presse (l'Est Républicain)	-
Maintenance	26/01/2009	Clastres	Aisne	2,75	2004	Oui	Accident électrique ayant entraîné la brûlure de deux agents de maintenance	Accident électrique (explosion d'un convertisseur)	Base de données ARIA (n°35814)	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident sur le personnel de maintenance)
Rupture de pale	08/06/2009	Bollène	Vaucluse	2,3	2009	Oui	Bout de pale d'une éolienne ouvert	Coup de foudre sur la pale	Interne exploitant	Non utilisable dans les chutes ou les projections (la pale est restée accrochée)



Type d'accident	Date	Nom du parc	Département	Puissance de l'éolienne (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information	Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude de dangers
Incendie	21/10/2009	Froidfond - Espinassière	Vendée	2	2006	Oui	Incendie de la nacelle	Court-circuit dans transformateur sec embarqué en nacelle ?	Article de presse (Ouest-France) Communiqué de presse exploitant Site FED ARIA (n°42906)	-
Incendie	30/10/2009	Freysenet	Ardèche	2	2005	Oui	Incendie de la nacelle	Court-circuit faisant suite à une opération de maintenance (problème sur une armoire électrique)	Base de données ARIA Site FED Article de presse (Le Dauphiné) ARIA (n°37601)	-
Maintenance	20/04/2010	Toufflers	Nord	0,15	1993	Non	Décès d'un technicien au cours d'une opération de maintenance	Crise cardiaque	Article de presse (La Voix du Nord 20/04/2010)	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident sur le personnel de maintenance)
Effondrement	30/05/2010	Port la Nouvelle	Aude	0,2	1991	Non	Effondrement d'une éolienne	Le rotor avait été endommagé par l'effet d'une survitesse. La dernière pale (entière) a pris le vent créant un balourd. Le sommet de la tour a plié et est venu buter contre la base entraînant la chute de l'ensemble.	Interne exploitant	-
Incendie	19/09/2010	Montjoyer-Rochefort	Drôme	0,75	2004	Non	Emballement de deux éoliennes et incendie des nacelles.	Maintenance en cours, problème de régulation, freinage impossible, évacuation du personnel, survitesse de +/- 60 tr/min	Articles de presse Communiqué de presse SER-FEE ARIA (n°38999)	-
Maintenance	15/12/2010	Pouillé-les-Côteaux	Loire Atlantique	2,3	2010	Oui	Chute de 3 m d'un technicien de maintenance à l'intérieur de l'éolienne. L'homme de 22 ans a été secouru par le GRIMP de Nantes. Aucune fracture ni blessure grave.		Interne SER-FEE ARIA (n°39464)	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident sur le personnel de maintenance)
Transport	31/05/2011	Mesvres	Saône-et-Loire	-	-	-	Collision entre un train régional et un convoi exceptionnel transportant une pale d'éolienne, au niveau d'un passage à niveau Aucun blessé		Article de presse (Le Bien Public 01/06/2011)	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident de transport hors site éolien)
Rupture de pale	14/12/2011	Non communiqué	Non communiqué	2,5	2003	Oui	Pale endommagée par la foudre. Fragments retrouvés par l'exploitant agricole à une distance n'excédant pas 300 m.	Foudre	Interne exploitant	Information peu précise sur la distance d'effet



Type d'accident	Date	Nom du parc	Département	Puissance de l'éolienne (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information	Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude de dangers
Incendie	03/01/2012	Non communiqué	Non communiqué	2,3	2006	Oui	Départ de feu en pied de tour. Acte de vandalisme : la porte de l'éolienne a été découpée pour y introduire des pneus et de l'huile que l'on a essayé d'incendier. Le feu ne s'est pas propagé, dégâts très limités et restreints au pied de la tour.	Malveillance / incendie criminel	Interne exploitant	Non utilisable directement dans l'étude de dangers (pas de propagation de l'incendie)
Rupture de pale	05/01/2012	Widehem	Pas-de-Calais	0,75	2000	Non	Bris de pales, dont des fragments ont été projetés jusqu'à 380 m. Aucun blessé et aucun dégât matériel (en dehors de l'éolienne).	Tempête + panne d'électricité	Article de presse (La Voix du Nord 06/01/2012) Vidéo DailyMotion Interne exploitant ARIA (n°41578)	-
Maintenance	06/02/2012	Omissy	Aisne	2	2008		Un arc électrique blesse deux sous-traitants	-	ARIA (n°41628)	
Projection d'un élément de la pale	11/04/2012	Corbières Maritimes	Aude	0,66	2000		Impact sur le mât et projection à 20 m d'un débris de pale long de 15 m.	Impact de foudre	ARIA (n°43841)	-
Rupture de pale	18/05/2012	Chemin d'Ablis	Eure-et-Loir	2	2008	Oui	Chute d'une pale de 9 tonnes et rupture du roulement raccordant la pale au hub.	Traces de corrosion dans les trous d'alésage traversant une des bagues du roulement	Articles de presse (le Figaro 22/05/2012) et ARIA (n°42919)	-
Effondrement de la tour	30/05/2012	Corbières Maritimes	Aude	0,2	1991	Non	Effondrement de la tour en treillis de 30 m de haut	Rafales de vent à 130 km/h observées durant la nuit	ARIA (n°43110)	-
Projection d'un élément de la pale	01/11/2012	Rézières-Vieillespesse	Cantal	2,5	2011	Oui	Projection d'un élément de 400 g constitutif d'une pale d'éolienne à 70 m du mât	-	ARIA (n°43120)	-
Incendie	05/11/2012	Corbières Maritimes	Aude	0,66	2000	-	Projections incandescentes enflamment 80 m <sup>2</sup> de garrigue environnante	Câbles électriques non résistants au feu à l'intérieur du mât	ARIA (n°43228)	-



Type d'accident	Date	Nom du parc	Département	Puissance de l'éolienne (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information	Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude de dangers
Chute de pale	06/03/2013	Pic de Brau	Aude	0,85	2001		Arrêt d'une éolienne suite à un défaut de « vibration », une des pales était tombée et avait percuté le mât	Problème de fixation	ARIA (n°43576)	-
Incendie	17/03/2013	Fère-Champenoise-Euvy-Corroy	Marne	2,5	2011	Oui	Feu dans la nacelle d'une éolienne. Une des pales tombe au sol, une autre menace de tomber.	Défaillance électrique	ARIA (n°43630)	L'exploitant et la société chargée de la maintenance étudient la possibilité d'installer des détecteurs de fumées dans les éoliennes.
Impact de foudre	20/06/2013	La Bastide sur Besorgue	Ardèche	0,9	2009	-	Une pale est déchirée sur 6 m de longueur	Impact de foudre	ARIA (n°45016)	-
Maintenance	01/07/2013	Haut Languedoc	Hérault	1,3	2006		Opérateur blessé par la projection d'une partie amovible de l'équipement sur lequel il intervient	Défaillance organisationnelle	ARIA (n°44150)	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident sur le personnel de maintenance)
Incendie	09/01/2014	Vents de Thiérarche	Champagne-Ardenne	2,5	-	-	Feu se déclarant vers 18 h au niveau de la partie moteur d'une éolienne.	Incident électrique	ARIA (n°44831)	-
Chute de pale	20/01/2014	Corbières Maritimes	Aude	0,66	2000		Arrêt d'une éolienne suite à un défaut de « vibration », une des pales était tombée	Fissures détectées sur la pièce en aluminium appelée « alu ring », située à la base de la pale. Cette pièce sert de jonction entre la pale en fibre de verre et le moyeu métallique	ARIA (n°44870)	-
Chute de pale	14/11/2014	Sources de la Loire	Ardèche	2,05	2011		L'élément principal a chuté au pied de l'éolienne mais des débris sont projetés à 150 m	Rafales de vents atteignant 130 km/h	ARIA (n°45960)	-
Chute d'éléments de l'éolienne	05/12/2014	Fitou	Aude	1,3	2002		Chute de l'extrémité de la pale constituant une partie de l'aérofrein (3 m)	Défaillance matérielle ou décollage sur les plaques en fibre de verre	ARIA (n°46030)	-



Type d'accident	Date	Nom du parc	Département	Puissance de l'éolienne (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information	Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude de dangers
Incendie	29/01/2015	Remigny-Ly-Fontaine	Aisne	2,5	2015		Feu au sein d'une éolienne	Défaut d'isolation au niveau des connexions des conducteurs de puissance	ARIA (n°46304)	-
Incendie	06/02/2015	La Tourette	Deux-Sèvres	2	2010		Feu au niveau de l'armoire électrique d'une éolienne lors de la maintenance	-	ARIA (n°46237)	-
Incendie	24/08/2015	Le Champ-Besnard	Eure-et-Loire	2,5	2007		Un feu se déclare sur le moteur d'une éolienne à 90 m de hauteur	-	ARIA (n°47062)	-
Chute de pale	10/11/2015	Menil-la-Horgne	Meuse	1,5	2007		Les 3 pales et le rotor d'une éolienne chutent de 85 m, les débris sont disséminés sur 4000 m <sup>2</sup>	Défaut de fabrication de la pièce assurant la jonction entre le rotor et la multiplicatrice (défaut présent sur 2 autres éoliennes du parc)	ARIA (n°47377)	-
Chute d'éléments de l'éolienne	07/02/2016	Conilhac-Corbières	Aude	2,3	2014		L'aérofrein d'une des 3 pales d'une éolienne se rompt et chute au sol	Un point d'attache du système mécanique de l'aérofrein (système à câble) se serait rompu	ARIA (n°47675)	-
Chute d'éléments de l'éolienne	12/02/2016	Dinéault	29	0,3	1999		Lors d'une tempête, les vents de 160 km/h endommagent une éolienne : une pale chute au sol et une autre se déchire. La pale rompue est retrouvée à 40 m du pied du mât.	-	ARIA (n°47680)	-
Chute de pale	07/03/2016	Calanhel	22	0,85	2009		Une pale se rompt et chute à 5 m du pied du mât.	Défaillance du système d'orientation de la pale qui aurait entraîné la rupture de la couronne extérieure du roulement à bille puis la libération de la couronne intérieure solidaire de la pale	ARIA (n°47763)	-
Fuite d'huile	28/05/2016	Janville	28	2,3	2005		Ecoulement d'huile sous la nacelle d'une éolienne	Défaillance d'un raccord sur le circuit de refroidissement de l'huile de la boîte de vitesse	ARIA (n°48264)	



Type d'accident	Date	Nom du parc	Département	Puissance de l'éolienne (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information	Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude de dangers
Incendie	10/08/2016	Hescamps	80	1	2008		Le feu se déclare dans la partie haute d'une éolienne, au niveau du rotor. Le technicien présent maîtrise l'incendie et est légèrement intoxiqué par les fumées.	Défaillance électrique.	ARIA (n°48426)	
Incendie	18/08/2016	Dargies	60	2	2014		De la fumée s'échappe de la tête de l'éolienne.	Défaillance électrique	ARIA (n°48741)	
Maintenance	14/09/2016	Les Grandes-Chapelles	10	2,3	2009		Un employé est électrisé alors qu'il intervient dans le nez d'une éolienne	-	ARIA (n°48588)	
Fissure d'une pale	11/01/2017	Le Quesnoy	59	2,05	2010		Fissure sur une pale d'éolienne	-	ARIA (n°49414)	
Chut de pale	12/01/2017	Tuchan	11	0,6	2002		Au cours d'un épisode de vents violents, 3 pales d'une éolienne chutent au sol.	Casse de l'arbre lent suite à un endommagement du roulement avant sur lequel l'arbre est posé	ARIA (n°49104)	
Chute de pale	18/01/2017	Nurlu	80	2	2010		Une pale d'éolienne a chuté et s'est brisée en plusieurs morceaux	La tempête survenue quelques jours auparavant serait à l'origine de la casse	ARIA (n°49151)	
Chute de pale	27/02/2017	Lavalee	55	2	2011		Suite à un orage, la pointe d'une pale d'éolienne se rompt. L'extrémité de 7 à 10 m est retrouvée au sol en 3 morceaux à 200 m de l'éolienne.	Rafale de vent extrême	ARIA (n°49359)	
Chute d'éléments de l'éolienne	27/02/2017	Trayes	79	2	2011		Des alarmes portant sur l'éolienne n°4 se mettent en routes, l'éolienne est alors mise à l'arrêt. Le lendemain, les 7 derniers mètres d'une pale de 44 m se sont désolidarisés. Plusieurs fragments de la pale sont projetés jusqu'à 150 m du mât.	Défaut de fabrication.	ARIA (n°49734)	



Type d'accident	Date	Nom du parc	Département	Puissance de l'éolienne (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information	Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude de dangers
Incendie	06/06/2017	Allonnes	28	3	2014		Un feu se déclare dans la nacelle d'une éolienne. La nacelle et le rotor sont totalement calcinés, une partie des pales ainsi que le haut du mât ont été touchés par l'incendie et des éléments sont tombés au sol.	Défaut des condensateurs du boîtier électrique situé dans la nacelle	ARIA (n°49746)	
Chute de pale	08/06/2017	Aussac-Vadalle	16	2	2010		Une partie d'une éolienne chute au sol. Les débris sont tombés sur une zone de 50 à 100 m du mât.	Impact de foudre	ARIA (n°49768)	
Chute de pale	24/06/2017	Conchy-sur-Canche	62	1,67	2007		Une pale d'une éolienne se brise au niveau de sa jonction avec le rotor. Quelques débris sont projetés jusqu'à 20 m du mât.	-	ARIA (n°49902)	
Chute de mât	01/01/2018	Bouin	85	2,4	2003		Le mât s'est brisé à sa base, à 5 m de hauteur	Des vents de 160 km/h ont été observés sur place, un phénomène de vents tourbillonnant pourrait en être la cause	Ouest France ; Actu.fr ; ARIA (n°50913)	
Chute de pale	04/01/2018	Nixeville-Blercourt	55	2	2008		L'extrémité d'une pale se rompt, un morceau de 20 m chute au sol	-	ARIA (n°50905)	
Chute d'éléments de l'éolienne	06/02/2018	Conilhac-Corbières	11	2,3	2014		L'aérofrein d'une pale d'éolienne chute au sol	À la suite d'un défaut sur l'électronique de puissance, l'éolienne est passée en arrêt automatique par sollicitation du freinage aérodynamique. Lors de l'ouverture de l'aérofrein en bout de pale, son axe de fixation en carbone s'est rompu provoquant sa chute	ARIA (n°51122)	



## **Annexe 2: Méthode de comptage des personnes pour la détermination de la gravité potentielle d'un accident à proximité d'une éolienne**



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. Cette fiche permet de compter aussi simplement que possible, selon des règles forfaitaires, le nombre de personnes exposées dans chacune des zones d'effet des phénomènes dangereux identifiés.

Dans le cadre de l'étude de dangers des parcs éoliens, cette méthode permet tout d'abord, au stade de la description de l'environnement de l'installation (partie III.4), de comptabiliser les enjeux humains présents dans les ensembles homogènes (terrains non bâtis, voies de circulation, zones habitées, ERP, zones industrielles, commerces...) situés dans l'aire d'étude de l'éolienne considérée.

D'autre part, cette méthode permet ensuite de déterminer la gravité associée à chaque phénomène dangereux retenu dans l'étude détaillée des risques (partie VIII).

#### Terrains non bâtis

Terrains non aménagés et très peu fréquentés (champs, prairies, forêts, friches, marais...) : compter 1 personne par tranche de 100 ha.

Terrains aménagés mais peu fréquentés (voies de circulation non structurantes, chemins agricoles, plateformes de stockage, vignes, jardins et zones horticoles, gares de triage...) : compter 1 personne par tranche de 10 hectares.

Terrains aménagés et potentiellement fréquentés ou très fréquentés (parkings, parcs et jardins publics, zones de baignades surveillées, terrains de sport (sans gradin néanmoins...)) : compter la capacité du terrain et a minima 10 personnes à l'hectare.

#### Voies de circulation

Les voies de circulation n'ont à être prises en considération que si elles sont empruntées par un nombre significatif de personnes. En effet, les voies de circulation non structurantes (< 2000 véhicule/jour) sont déjà comptées dans la catégorie des terrains aménagés mais peu fréquentés.

#### **Voies de circulation automobiles**

Dans le cas général, on comptera 0,4 personne permanente par kilomètre exposé par tranche de 100 véhicules/jour.

Exemple : 20 000 véhicules/jour sur une zone de 500 m =  $0,4 \times 0,5 \times 20\ 000/100 = 40$  personnes.

Nombre de personnes exposées sur voies de communication structurantes en fonction du linéaire et du trafic											
		Linéaire de route compris dans la zone d'effet (en m)									
		100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000
Trafic (en véhicules/ jour)	2 000	0,8	1,6	2,4	3,2	4	4,8	5,6	6,4	7,2	8
	3 000	1,2	2,4	3,6	4,8	6	7,2	8,4	9,6	10,8	12
	4 000	1,6	3,2	4,8	6,4	8	9,6	11,2	12,8	14,4	16
	5 000	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
	7 500	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30
	10 000	4	8	12	16	20	24	28	32	36	40
	20 000	8	16	24	32	40	48	56	64	72	80
	30 000	12	24	36	48	60	72	84	96	108	120
	40 000	16	32	48	64	80	96	112	128	144	160
	50 000	20	40	60	80	100	120	140	160	180	200
	60 000	24	48	72	96	120	144	168	192	216	240
	70 000	28	56	84	112	140	168	196	224	252	280
	80 000	32	64	96	128	160	192	224	256	288	320
90 000	36	72	108	144	180	216	252	288	324	360	
100 000	40	80	120	160	200	240	280	320	360	400	

#### **Voies ferroviaires**

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

#### **Voies navigables**

Compter 0,1 personne permanente par kilomètre exposé et par péniche/jour.

#### **Chemins et voies piétonnes**

Les chemins et voies piétonnes ne sont pas à prendre en compte, sauf pour les chemins de randonnée, car les personnes les fréquentant sont généralement déjà comptées comme habitants ou salariés exposés.

Pour les chemins de promenade, de randonnée : compter 2 personnes pour 1 km par tranche de 100 promeneurs/jour en moyenne.

#### Logements

Pour les logements : compter la moyenne INSEE par logement (par défaut : 2,5 personnes), sauf si les données locales indiquent un autre chiffre.

#### Etablissements recevant du public (ERP)

Compter les ERP (bâtiments d'enseignement, de service public, de soins, de loisir, religieux, grands centres commerciaux etc.) en fonction de leur capacité d'accueil (au sens des catégories du code de la construction et de l'habitation), le cas échéant sans compter leurs routes d'accès (cf. paragraphe sur les voies de circulation automobile).

Les commerces et ERP de catégorie 5 dont la capacité n'est pas définie peuvent être traités de la façon suivante :

- compter 10 personnes par magasin de détail de proximité (boulangerie et autre alimentation, presse et coiffeur) ;
- compter 15 personnes pour les tabacs, cafés, restaurants, supérettes et bureaux de poste.

Les chiffres précédents peuvent être remplacés par des chiffres issus du retour d'expérience local pour peu qu'ils restent représentatifs du maximum de personnes présentes et que la source du chiffre soit soigneusement justifiée.

Une distance d'éloignement de 500 m aux habitations est imposée par la loi. La présence d'habitations ou d'ERP ne se rencontreront peu en pratique.

#### Zones d'activité

Zones d'activités (industries et autres activités ne recevant pas habituellement de public) : prendre le nombre de salariés (ou le nombre maximal de personnes présentes simultanément dans le cas de travail en équipes), le cas échéant sans compter leurs routes d'accès.



## Annexe 3: Probabilité d'atteinte et risque individuel



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

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

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

PERC = probabilité que l'événement redouté central (défaillance) se produise = probabilité de départ

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)

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

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)

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 <sup>-4</sup>	10 <sup>-2</sup>	10 <sup>-6</sup> (E)
Chute de glace	1	5*10 <sup>-2</sup>	5 10 <sup>-2</sup> (A)
Chute d'éléments	10 <sup>-3</sup>	1,8*10 <sup>-2</sup>	1,8 10 <sup>-5</sup> (D)
Projection de tout ou partie de pale	10 <sup>-4</sup>	10 <sup>-2</sup>	10 <sup>-6</sup> (E)
Projection de morceaux de glace	10 <sup>-2</sup>	1,8*10 <sup>-6</sup>	1,8 10 <sup>-8</sup> (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.



## GLOSSAIRE

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 mat, 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

## BIBLIOGRAPHIE ET REFERENCES UTILISEES

L'évaluation des fréquences et des probabilités à partir des données de retour d'expérience (réf DRA-11-117406-04648A), INERIS, 2011

[2] NF EN 61400-1 Eoliennes - Partie 1 : Exigences de conception, Juin 2006

[3] Wind Turbine Accident data to 31 March 2011, Caithness Windfarm Information Forum

[4] Site Specific Hazard Assessment for a wind farm project - Case study - Germanischer Lloyd, Windtest Kaiser-Wilhelm-Koog GmbH, 2010/08/24

[5] 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

[6] Specification of minimum distances, Dr-ing. Veenker ingenieurgesellschaft, 2004

[7] Permitting setback requirements for wind turbine in California, California Energy Commission - Public Interest Energy Research Program, 2006

[8] Omega 10 : Evaluation des barrières techniques de sécurité, INERIS, 2005

[9] 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

[10] 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

[11] 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

[12] Bilan des déplacements en Val-de-Marne, édition 2009, Conseil General du Val-de-Marne

[13] 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

[14] Alpine test site Gutsch : monitoring of a wind turbine under icing conditions- R. Cattin et al.

[15] Wind energy production in cold climate (WECO), Final report - Bengt Tammelin et al. - Finnish Meteorological Institute, Helsinki, 2000

[16] Rapport sur la sécurité des installations éoliennes, Conseil General des Mines - Guillet R., Leteurtrois J.-P. - juillet 2004

[17] Risk analysis of ice throw from wind turbines, Seifert H., Westerhellweg A., Kroning J. - DEWI, avril 2003

[18] Wind energy in the BSR: impacts and causes of icing on wind turbines, Narvik University College, novembre 2005

