

# IMPACT ET ENVIRONNEMENT

Bureau d'études environnement  
Pôle Aménagement  
du territoire

Objet du dossier :  
Demande d'Autorisation Environnementale  
Projet de Parc éolien de Trémoré  
[TREMORÉ - 22]



Tél. : 02.41.72.14.16 - Fax : 02.41.72.14.18  
E-mail : [contact@impact-environnement.fr](mailto:contact@impact-environnement.fr)  
Site internet : [www.impact-environnement.fr](http://www.impact-environnement.fr)  
Adresse : 2 rue Amédéo Avogadro  
49070 Beaucozé



## PIECE N°5.1 : ETUDE DE DANGERS

- JANVIER 2019 -

**Version incluant les compléments pour recevabilité – Novembre 2019**

*Rubrique des activités soumises à autorisation au titre de la  
nomenclature des installations classées pour la protection de  
l'environnement :*

**2980**

Mandataire

Contact



Florent LE GAL  
INERSYS  
ZA des Métairies II  
BP48 - Nivillac  
56130 LA ROCHE-BERNARD  
Tél. : 02.99.90.87.07



## Suivi du document

Maitrise des enregistrements / Référence du document :

Référence	Versions
22_INERSYS_Trémoré_5.1_EtudeDeDangers_v2	Versions < 1 (0.1, 0.2, ...) versions de travail Version 1 : version du document à déposer Versions >1 : modifications ultérieures du document

Evolutions du document :

Version	Date	Rédacteur(s)	Vérificateur(s)	Modification(s)
0.1	31/10/2018	CJ	FLG SC PT	Modifications diverses
0.2	04/12/2018	CJ	FLG SC PT	Modifications diverses
1	09/01/2019	CJ	FLG SC PT	
2	29/10/2019	CJ	FLG SC PT	Compléments recevabilité

Intervenants :

		Initiales	Société
<b>Rédacteur (s) du document :</b>	Camille JEANNEAU	CJ	IMPACT ET ENVIRONNEMENT
<b>Vérificateur (s) :</b>	Florent LE GAL	FLG	INERSYS
	Sylvain CORLAY	SC	INERSYS
	Patricia TUBANDT	PT	SAB WINDTEAM

Il est rappelé que l'étude de dangers, élément clé de la politique de prévention des risques technologiques, est réalisée sous la responsabilité de l'exploitant qui est responsable de son contenu. Impact et Environnement ne pourra être tenu responsable d'éléments du dossier insérés à la demande de l'exploitant. En conséquence, Impact et Environnement ne pourra être tenu responsable de dangers, d'erreurs ou d'inconvénients sur lesquels l'attention de l'exploitant a été clairement attirée. L'exploitant est le seul responsable et décisionnaire des choix des procédés et procédures contre les dangers ou inconvénients pour lesquels son attention a été clairement attirée. L'exploitant validera les scénarios retenus dans l'étude de dangers et prendra les dispositions nécessaires pour que les scénarios catastrophiques, non retenus suite à l'analyse des risques préliminaires, n'arrivent pas. Impact et Environnement se conforme aux dispositions contractuelles définies avec l'exploitant, et dans ce cadre, apporte le concours de ses connaissances et de sa technique à la réalisation de l'étude de dangers. Impact et Environnement déclare en outre que ses conseils, la qualité de son intervention, sont le produit de sa diligence et de sa prudence. Impact et Environnement reconnaît donc avoir un devoir de conseil et d'information des risques. Impact et Environnement s'engage à mettre en œuvre les moyens nécessaires en sa possession pour assurer la disponibilité, la permanence et la qualité du service qu'elle propose et souscrit à ce titre une obligation de moyens. Aucun résultat déterminé n'est donc garanti. Il convient de préciser que la responsabilité d'Impact et Environnement est limitée à la seule faute lourde ou dolosive.

## INTRODUCTION

L'objet de ce document est de présenter l'une des pièces constitutives du dossier de Demande d'Autorisation Environnementale du **projet de Parc Eolien de Trémorrel** basé sur la commune de TREMOREL (22) et porté par la société **SAS Société d'Exploitation Eolienne Trémorrel**. Cette pièce définie à l'article L.181-25 du Code de l'Environnement est **l'étude de dangers**.

En effet, la loi n°2010-788 du 12 juillet 2010 portant engagement national pour l'environnement (loi Grenelle II) a soumis les éoliennes au régime d'autorisation au titre de la réglementation des installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE). Conformément à cette nouvelle réglementation, les exploitants sont notamment amenés à formaliser leur savoir-faire en matière de maîtrise des risques dans une étude de dangers. Dans ce cadre, un guide technique a été réalisé par un groupe de travail constitué de l'INERIS (Institut national de l'environnement industriel et risques) et de professionnels du Syndicat des énergies renouvelables : porteurs de projets, exploitants de parcs éoliens et constructeurs d'éoliennes. Compte tenu de la technologie mise en œuvre dans les parcs éoliens, il apparaissait effectivement possible et souhaitable de traiter cette analyse de manière générique, afin de pouvoir transcrire les résultats présentés dans ce guide à l'ensemble des parcs éoliens installés en France. L'INERIS a validé la méthodologie, au regard de la réglementation en vigueur et des pratiques actuelles en matière d'étude de dangers dans les autres installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE). Ainsi, l'étude de dangers réalisée pour le **projet de Parc Eolien de Trémorrel** s'appuie sur ce guide technique, reflet de l'état de l'art en matière de maîtrise des risques technologiques, en reprenant la trame type qui y est présentée.

Hormis l'étude de dangers (Pièce n°5.1), les autres pièces constitutives du dossier de Demande d'Autorisation Environnementale sont présentées indépendamment.

**Nota** : Les textes rédigés en bleu dans le présent document correspondent aux ajouts effectués en réponse à la demande de compléments de la Préfecture des Côtes d'Armor du 2 août 2019. À noter qu'un tableau de suivi des modifications effectuées a été joint au dossier de demande d'autorisation environnementale.

-  Pièce n°1 : La liste des pièces à joindre au dossier d'autorisation environnementale
-  Pièce n°2 : La note de présentation non-technique
-  Pièce n°3 : La description de la demande (Description des procédés de fabrication, Capacités techniques et financières, Modalités des garanties financières, Courrier de Demande d'Autorisation Environnementale)
-  Pièce n°4.1 : L'étude d'impact
-  Pièce n°4.2 : Le Résumé Non-Technique de l'étude d'impact
-  Pièce n°4.3 : Expertise liée à l'étude d'impact - Etude écologique incluant l'évaluation des incidences Natura 2000
-  Pièce n°4.4 : Expertise liée à l'étude d'impact - Etude acoustique
-  Pièce n°4.5 : Expertise liée à l'étude d'impact - Etude paysagère
-  Pièce n°4.6 : Expertise liée à l'étude d'impact - Etude pédologique des zones humides
-  **Pièce n°5.1 : L'étude de dangers**
-  Pièce n°5.2 : Le Résumé Non-Technique de l'étude de dangers
-  Pièce n°6 : Le document établissant que le projet est conforme aux documents d'urbanisme
-  Pièce n°7 : Les cartes et plans réglementaires demandés au titre du code de l'environnement
-  Pièce n°8 : Accords et avis consultatifs (Avis DGAC, Météo-France et Défense si nécessaire et disponible, Avis du maire ou président de l'EPCI et des propriétaires pour la remise en l'état du site)

## SOMMAIRE

INTRODUCTION .....	3	VI.1.2. Produits mis en œuvre sur le site.....	30
SOMMAIRE .....	4	VI.2. Potentiels de dangers liés au fonctionnement de l'installation .....	31
I. PREAMBULE .....	5	VI.3. Réduction des potentiels de dangers à la source .....	31
I.1. Objectif de l'étude de dangers .....	5	VI.3.1. Principales actions préventives.....	31
I.2. Contexte législatif et réglementaire.....	5	VI.3.2. Utilisation des meilleures techniques disponibles .....	31
I.3. Nomenclature des installations classées.....	5	VII. ANALYSE DES RETOURS D'EXPERIENCE .....	32
II. INFORMATIONS GENERALES CONCERNANT L'INSTALLATION .....	6	VII.1. Inventaire des accidents et incidents en France.....	32
II.1. Renseignements administratifs.....	6	VII.2. Inventaire des accidents et incidents à l'international.....	32
II.2. Localisation du site.....	6	VII.3. Synthèse des phénomènes dangereux redoutés issus du retour d'expérience .....	33
II.3. Définition de l'aire d'étude .....	6	VII.3.1. Analyse de l'évolution des accidents en France.....	33
III. DESCRIPTION DE L'ENVIRONNEMENT DE L'INSTALLATION .....	8	VII.3.2. Analyse des typologies d'accidents les plus fréquents .....	33
III.1. Environnement humain.....	8	VII.4. Limites d'utilisation de l'accidentologie .....	33
III.1.1. Zones urbanisées.....	8	VIII. ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES.....	34
III.1.2. Etablissements recevant du public (ERP) .....	9	VIII.1. Objectif de l'analyse préliminaire des risques .....	34
III.1.3. Installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE) et installations nucléaires de base .....	9	VIII.2. Recensement des événements initiateurs exclus de l'analyse des risques .....	34
III.1.4. Autres activités .....	9	VIII.3. Recensement des agressions externes potentielles .....	34
III.2. Environnement naturel .....	9	VIII.3.1. Agression externes liées aux activités humaines .....	34
III.2.1. Contexte climatique .....	9	VIII.3.2. Agressions externes liées aux phénomènes naturels .....	35
III.2.2. Risques naturels .....	10	VIII.4. Scénarios étudiés dans l'analyse préliminaire des risques .....	35
III.3. Environnement matériel .....	13	VIII.5. Effets dominos .....	37
III.3.1. Voies de communication .....	13	VIII.6. Mise en place des mesures de sécurité .....	38
III.3.2. Réseaux publics et privés.....	13	VIII.7. Conclusion de l'analyse préliminaire des risques .....	42
III.3.3. Autres ouvrages publics .....	13	IX. ETUDE DETAILLEE DES RISQUES.....	43
III.4. Cartographie de synthèse .....	13	IX.1. Rappel des définitions.....	43
IV. DESCRIPTION DE L'INSTALLATION .....	17	IX.1.1. Cinétique .....	43
IV.1. Caractéristiques de l'installation.....	17	IX.1.2. Intensité .....	43
IV.1.1. Caractéristiques générales d'un parc éolien .....	17	IX.1.3. Gravité.....	43
IV.1.2. Activité de l'installation.....	18	IX.1.4. Probabilité .....	44
IV.1.3. Composition de l'installation.....	18	IX.2. Caractérisation des scénarios retenus .....	45
IV.2. Fonctionnement de l'installation .....	20	IX.2.1. Projection de pales ou de fragments de pales .....	45
IV.2.1. Principe de fonctionnement d'un aérogénérateur ENERCON E-138 .....	20	IX.2.2. Projection de glace.....	46
IV.2.2. Sécurité de l'installation.....	20	IX.2.3. Effondrement de l'éolienne .....	47
IV.2.3. Opérations de maintenance de l'installation .....	24	IX.2.4. Chute de glace.....	48
IV.2.4. Stockage et flux de produits dangereux.....	25	IX.2.5. Chute d'éléments de l'éolienne .....	49
IV.2.5. Autres réseaux.....	25	IX.3. Synthèse de l'étude détaillée des risques.....	51
V. RACCORDEMENT ELECTRIQUE ET CONFORMITE .....	26	IX.3.1. Tableaux de synthèse des scénarios étudiés.....	51
V.1. Raccordement électrique.....	26	IX.3.2. Synthèse de l'acceptabilité des risques.....	51
V.1.1. Le raccordement interne : des éoliennes au poste de livraison.....	26	IX.3.3. Cartographie des risques.....	51
V.1.2. Le poste de livraison.....	27	X. CONCLUSION.....	54
V.1.3. Le raccordement externe : du poste de livraison au poste-source .....	28	Annexe 1 – Méthode de comptage des personnes pour la détermination de la gravité potentielle d'un accident à proximité d'une éolienne .....	55
V.2. Sécurité et engagement du porteur de projet.....	29	Annexe 2 – Détails du comptage de personnes par scénario et par éolienne.....	56
VI. IDENTIFICATION DES POTENTIELS DE DANGERS DE L'INSTALLATION .....	30	Annexe 3 – Tableau de l'accidentologie française .....	62
VI.1. Potentiels de dangers liés aux produits .....	30	Annexe 4 – Scénarios génériques issus de l'analyse préliminaire des risques .....	69
VI.1.1. Classification des substances dangereuses .....	30	Annexe 5 – Probabilité d'atteinte et Risque individuel .....	71

## I. PREAMBULE

### I.1. OBJECTIF DE L'ETUDE DE DANGERS

La présente étude de dangers a pour objet de rendre compte de l'examen effectué par la **SAS Société d'Exploitation Eolienne Trémoriel** pour caractériser, analyser, évaluer, prévenir et réduire les risques du **projet de Parc Eolien de Trémoriel**, autant que technologiquement réalisable et 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 **projet de Parc Eolien de Trémoriel**. 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 **projet de Parc Eolien de Trémoriel** 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 ;*



*Informers le public dans la meilleure transparence possible en lui fournissant des éléments d'appréciation clairs sur les risques.*

### I.2. CONTEXTE LEGISLATIF ET REGLEMENTAIRE

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

L'arrêté du 29 septembre 2005 relatif à l'évaluation et à la prise en compte de la probabilité d'occurrence, de la cinétique, de l'intensité des effets et de la gravité des conséquences des accidents potentiels dans les études de dangers des installations classées soumises à autorisation [10], fournit un cadre méthodologique pour les évaluations des scénarios d'accident majeurs. Il impose une évaluation des accidents majeurs sur les personnes uniquement et non sur la totalité des enjeux identifiés dans l'article L. 511-1. En cohérence avec cette réglementation et dans le but d'adopter une démarche proportionnée, l'évaluation des accidents majeurs dans l'étude de dangers d'un parc d'aérogénérateurs s'intéressera prioritairement aux dommages sur les personnes. Pour les parcs éoliens, les atteintes à l'environnement, l'impact sur le fonctionnement des radars et les problématiques liées à la circulation aérienne, feront l'objet d'une évaluation détaillée au sein de l'étude d'impact.

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

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

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

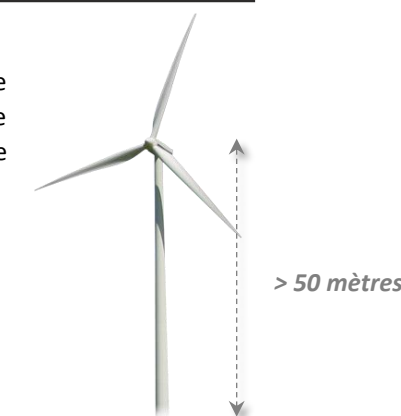
De même, la circulaire du 10 mai 2010 récapitulant les règles méthodologiques applicables aux études de dangers, à l'appréciation de la démarche de réduction du risque à la source et aux plans de prévention des risques technologiques (PPRT) dans les installations classées en application de la loi du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

### I.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 :

A. – Nomenclature des installations classées			
N°	DÉSIGNATION DE LA RUBRIQUE	A, E, D, S, C (1)	RAYON (2)
2980	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..... 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.....	A  A D	6  6
(1) A : autorisation, E : enregistrement, D : déclaration, S : servitude d'utilité publique, C : soumis au contrôle périodique prévu par l'article L. 512-11 du code de l'environnement. (2) Rayon d'affichage en kilomètres.			

Le **projet de Parc Eolien de Trémoriel** comprend au moins un aérogénérateur dont le 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, et doit présenter une étude de dangers au sein de sa Demande d'Autorisation Environnementale.



## II. INFORMATIONS GENERALES CONCERNANT L'INSTALLATION

### II.1. RENSEIGNEMENTS ADMINISTRATIFS

Le tableau ci-dessous résume les principales caractéristiques des différents acteurs du présent dossier :

Fonctions	Raison Sociale/Nom N° SIRET	Adresse
 Porteur de projet (demandeur)	<b>SAS Société d'Exploitation Eolienne Trémorél</b>  N° : 50173669800025	ZA des Métairies II BP 48 - Nivillac  56130 LA ROCHE BERNARD Tél : 02.99.90.87.07
 Exploitant de l'installation	<b>SAB WindTeam GmbH</b>	Berliner Platz 1,  25524 ITZEHOE (Allemagne)
 Rédacteur de l'étude	<b>SARL IMPACT ET ENVIRONNEMENT</b>  N° : 42930235900030	Espace Plan&Terre  2 Rue Amedeo Avogadro 49070 BEAUCOUZE Tél. : 02.41.72.14.16

Tableau 1 : Différents acteurs du dossier

### II.2. LOCALISATION DU SITE

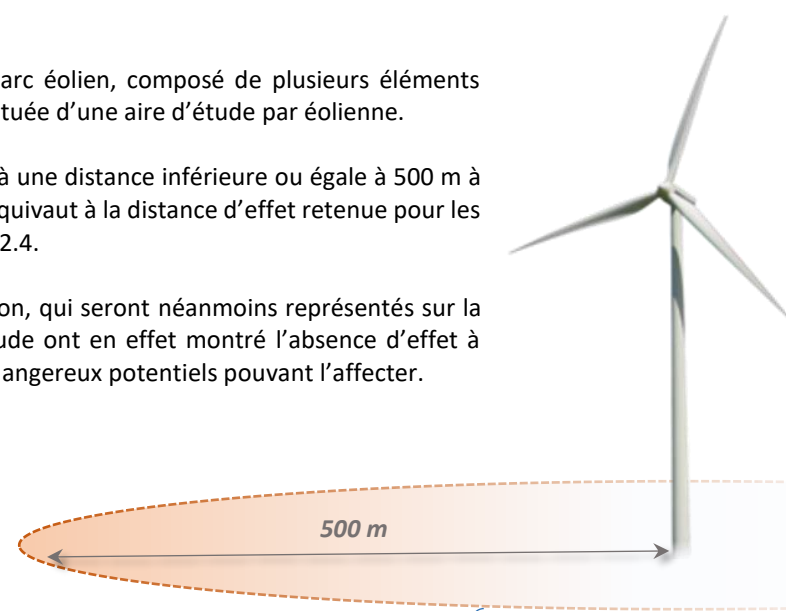
Le projet éolien, faisant l'objet de ce dossier, se trouve sur la commune de TREMOREL, dans le département des Côtes d'Armor (22) et dans la région Bretagne. Située dans le quart Sud-Est du département, cette commune appartient à Communauté de communes Loudéac Communauté – Bretagne Centre. Les communes limitrophes sont Illifaut, Lanrelas, Loscouet-sur-Meu, Merdrignac, Plumaugat et Saint-Launeuc.

### II.3. DEFINITION DE L'AIRE D'ETUDE

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

Chaque aire d'étude correspond à l'ensemble des points situés à une distance inférieure ou égale à 500 m à partir de l'emprise du mât de l'aérogénérateur. Cette distance équivaut à la distance d'effet retenue pour les phénomènes de projection, telle que définie au paragraphe VIII.2.4.

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



Projet Parc éolien de Trémorél (22)  
SEE Trémorél – INERSYS

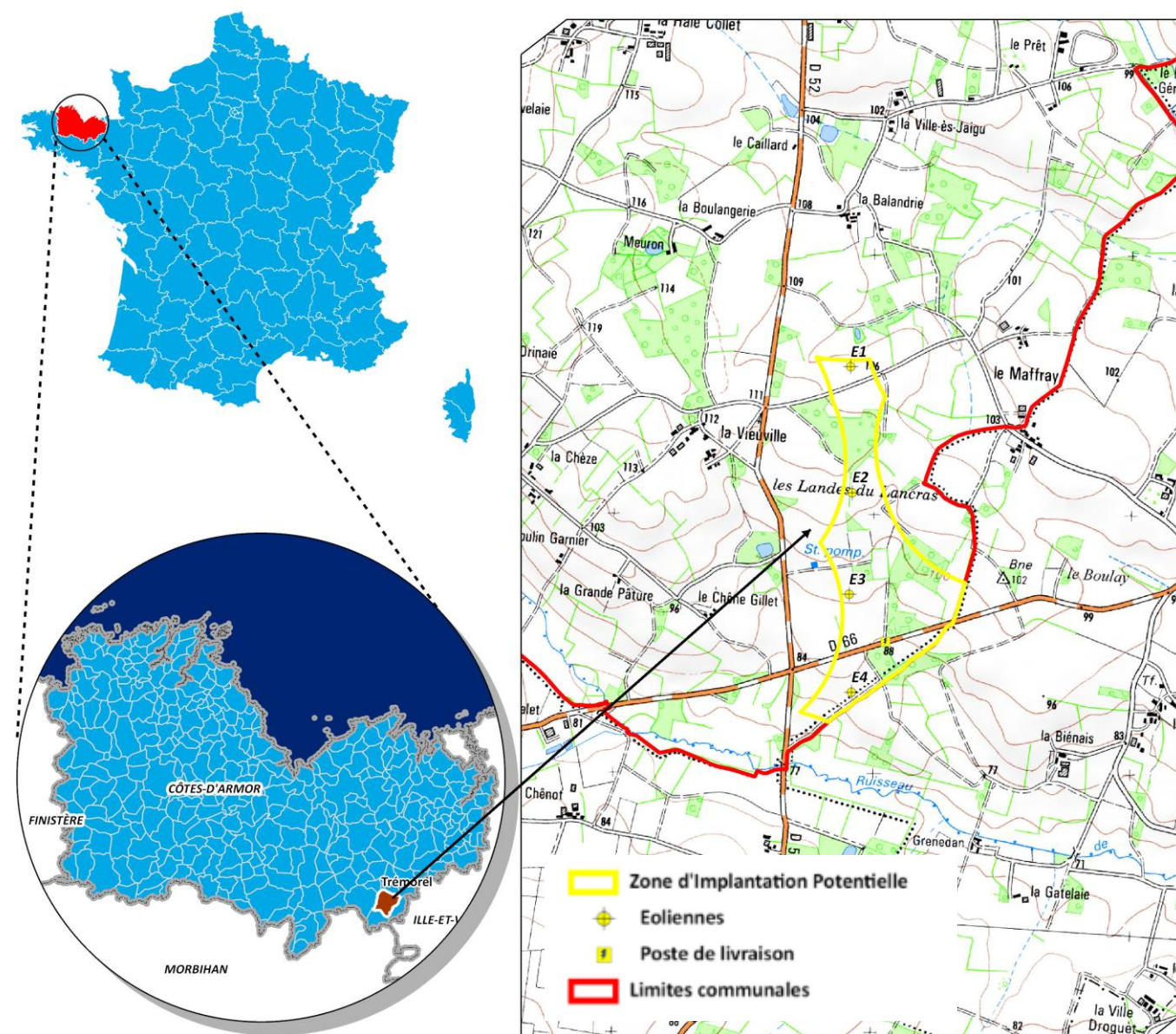
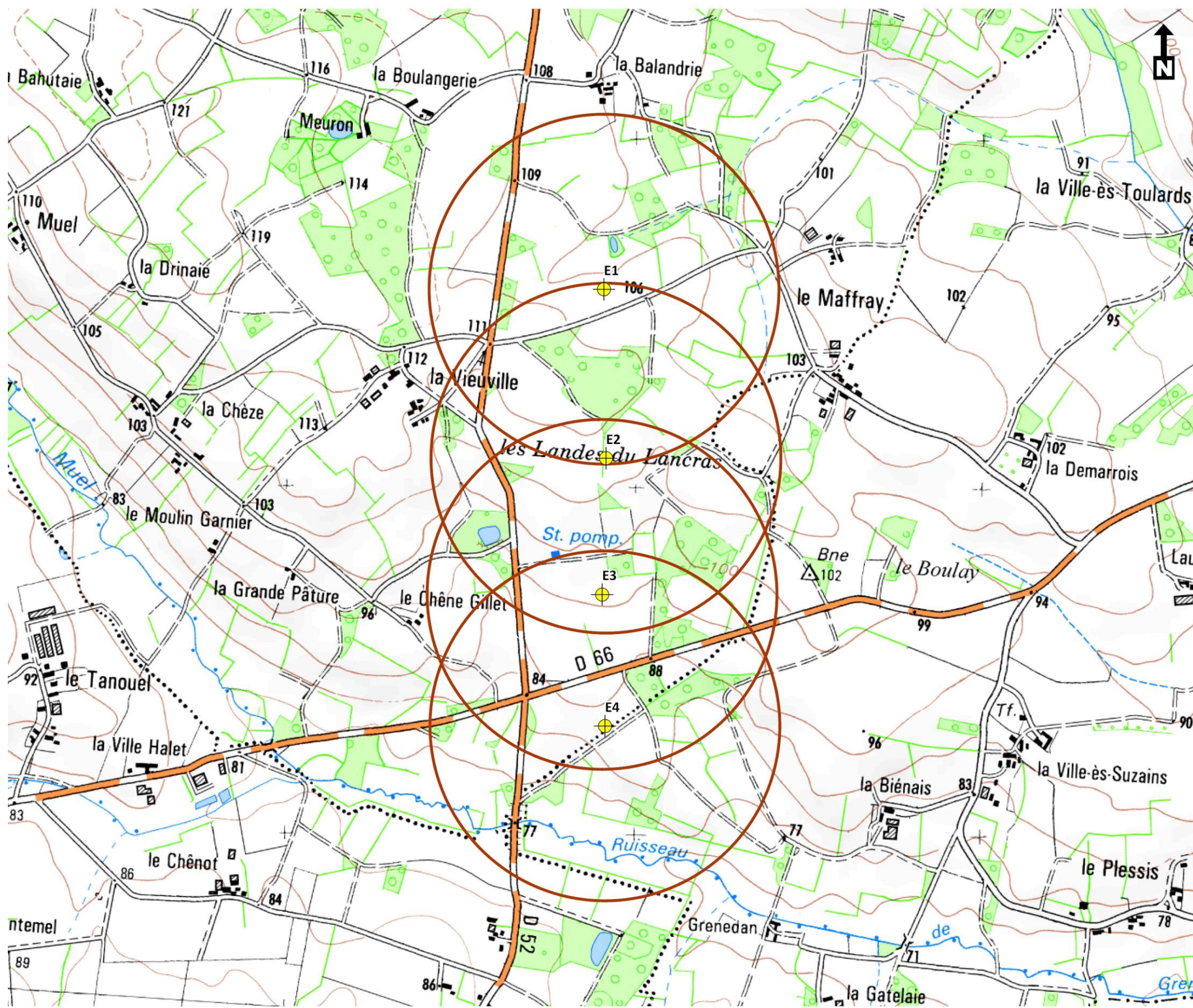


Figure 1 : Localisation du site d'étude



AIRES D'ETUDE DE DANGERS	
	Eoliennes
	Aire d'étude de dangers (500m)
<p>Fond cartographique : Scan25 - IGN            Source de données : /            Auteur : CJ</p>	
<p><b>ETUDE :</b> Projet de Parc éolien de Trémoré</p>	
<p><b>N° Affaire :</b> 001360</p>	<p><b>Client :</b> INERSYS</p>
<p><b>ECHELLE :</b>  0 0,23 0,45 Kilomètres            1:12 000  <small>Seule l'échelle métrique est garantie</small></p>	
<p><b>DATE :</b> 06/06/2018</p>	<p></p>

Figure 2 : Aire d'étude de dangers

### III. 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).

#### III.1. ENVIRONNEMENT HUMAIN

##### III.1.1. ZONES URBANISEES

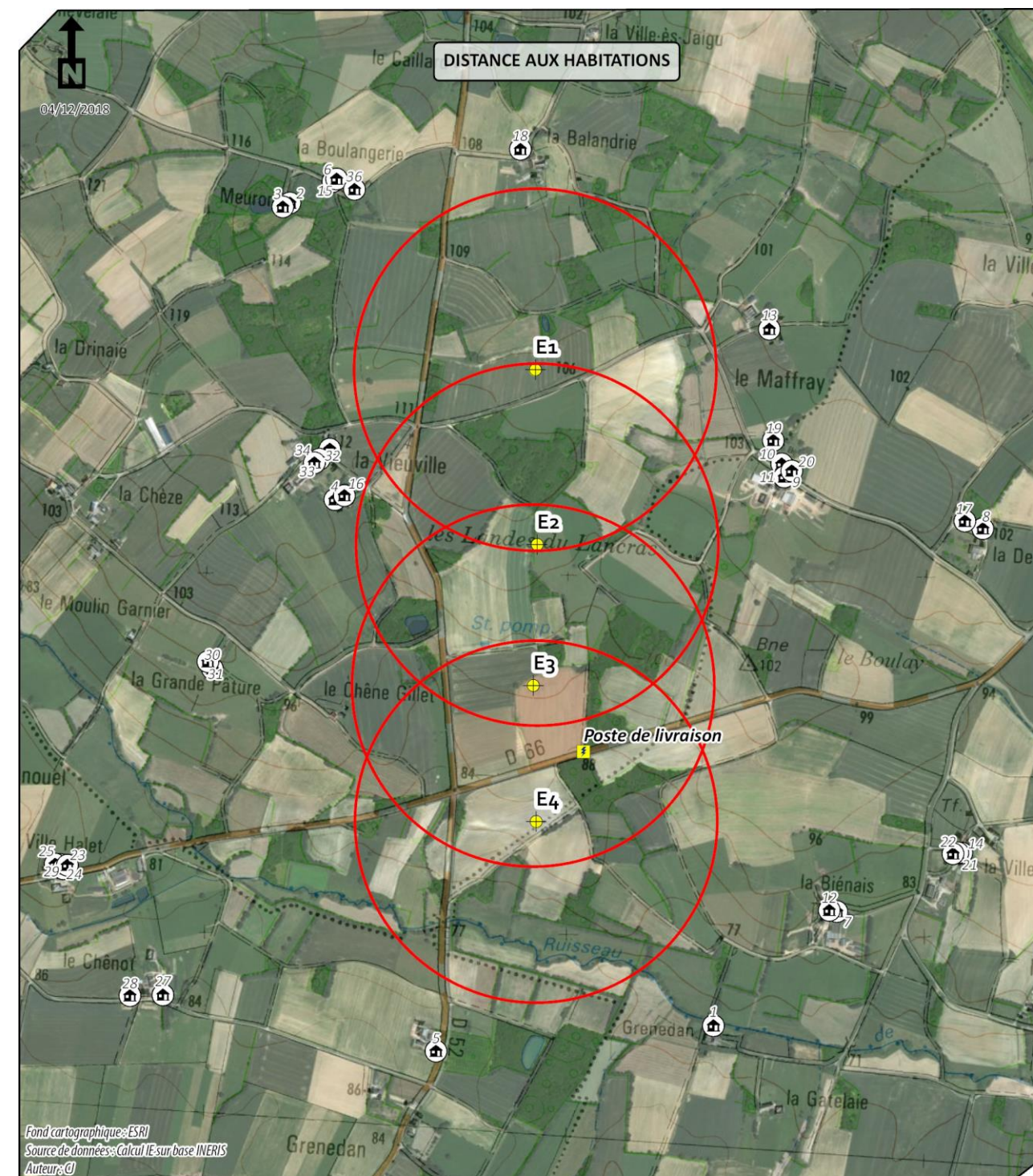
Le projet de Parc éolien de Trémoriel prend place dans un espace agricole composé d'une mosaïque de parcelles cultivées et de bosquets. Au sein de cet ensemble agricole, l'habitat diffus est présent sous forme d'habitation isolée ou de petits hameaux, ce qui est caractéristique de la partie Ouest de la France. Sur le pourtour du site, on retrouve notamment les lieux-dits suivants : Le Maffray, La Biénaï, La Gatelaie, Grenedan, Le Chênot, Ville Halet, Le Chêne Gillet, La Vieuville, Meuron, La Boulangerie, La Balandrie.... Cet habitat résidentiel est parfois lié à la présence d'exploitations agricoles. La population y est globalement limitée. Les zones plus densément peuplées sont celles des bourgs voisins : TREMOREL dont le centre bourg est situé à 3.5 km au Nord de l'éolienne la plus proche (E1), LOSCOUET-SUR-MEU dont le centre bourg est situé à 3.9 km à l'Est de l'éolienne la plus proche (E1) et ILLIFAUT dont le centre bourg est situé à 4.5 km au Sud-Ouest de l'éolienne la plus proche (E4). Les habitations les plus proches ont été repérées sur des distances allant d'environ 543m à 650m. Des zones de type Nh sont aussi identifiées dans le Plan Local d'Urbanisme (PLU) de TREMOREL, les communes limitrophes étant quant à elles couvertes par le Règlement National d'Urbanisme. A noter qu'au regard du règlement du PLU de TREMOREL, ces zones Nh ne sont pas à considérer comme des zones destinées à l'habitation.

Les distances séparant les habitations les plus proches des éoliennes sont résumées dans le tableau ci-après.

Tableau 2 : Distance entre éolienne et habitation la plus proche (Source : INERSYS)

Nom	Id	Eolienne la plus proche	Distance à l'éolienne (m)	Nom	Id	Eolienne la plus proche	Distance à l'éolienne (m)																																																																															
La Vieuville	16	E2	543	Meuron	3	E1	827																																																																															
La Vieuville	4	E2	561	La Biénaï	12	E4	833																																																																															
La Vieuville	32	E1	601	La Biénaï	7	E4	862																																																																															
La Balandrie	18	E1	603	La Grande Pâtur	30	E3	885																																																																															
La Vieuville	33	E1	639	La Grande Pâtur	31	E3	893																																																																															
La Vieuville	34	E1	646	Le Chênot	27	E4	1133																																																																															
Le Petit Maffray	13	E1	650	La Ville-ès-Suzains	22	E4	1150																																																																															
Le Grand Maffray	19	E1	673	La Ville-ès-Suzains	21	E4 </tr <tr> <td>Grénédan</td> <td>5</td> <td>E4</td> <td>686</td> <td>La Demarrois</td> <td>17</td> <td>E2</td> <td>1169</td> </tr> <tr> <td>La Boulangerie</td> <td>36</td> <td>E1</td> <td>693</td> <td>La Ville-ès-Suzains</td> <td>14</td> <td>E4</td> <td>1176</td> </tr> <tr> <td>Le Maffray</td> <td>11</td> <td>E2</td> <td>699</td> <td>Le Chênot</td> <td>28</td> <td>E4</td> <td>1210</td> </tr> <tr> <td>Le Maffray</td> <td>10</td> <td>E2</td> <td>706</td> <td>La Demarrois</td> <td>8</td> <td>E2</td> <td>1221</td> </tr> <tr> <td>Le Maffray</td> <td>9</td> <td>E2</td> <td>716</td> <td>La Ville Halet</td> <td>29</td> <td>E4</td> <td>1298</td> </tr> <tr> <td>Le Maffray</td> <td>20</td> <td>E2</td> <td>726</td> <td>La Ville Halet</td> <td>23</td> <td>E4</td> <td>1310</td> </tr> <tr> <td>Grénédan</td> <td>1</td> <td>E4</td> <td>736</td> <td>La Ville Halet</td> <td>26</td> <td>E4</td> <td>1311</td> </tr> <tr> <td>La Boulangerie</td> <td>15</td> <td>E1</td> <td>758</td> <td>La Ville Halet</td> <td>24</td> <td>E4</td> <td>1319</td> </tr> <tr> <td>La Boulangerie</td> <td>6</td> <td>E1</td> <td>760</td> <td>La Ville Halet</td> <td>25</td> <td>E4</td> <td>1329</td> </tr> <tr> <td>Meuron</td> <td>2</td> <td>E1</td> <td>815</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr>	Grénédan	5	E4	686	La Demarrois	17	E2	1169	La Boulangerie	36	E1	693	La Ville-ès-Suzains	14	E4	1176	Le Maffray	11	E2	699	Le Chênot	28	E4	1210	Le Maffray	10	E2	706	La Demarrois	8	E2	1221	Le Maffray	9	E2	716	La Ville Halet	29	E4	1298	Le Maffray	20	E2	726	La Ville Halet	23	E4	1310	Grénédan	1	E4	736	La Ville Halet	26	E4	1311	La Boulangerie	15	E1	758	La Ville Halet	24	E4	1319	La Boulangerie	6	E1	760	La Ville Halet	25	E4	1329	Meuron	2	E1	815				
Grénédan	5	E4	686	La Demarrois	17	E2	1169																																																																															
La Boulangerie	36	E1	693	La Ville-ès-Suzains	14	E4	1176																																																																															
Le Maffray	11	E2	699	Le Chênot	28	E4	1210																																																																															
Le Maffray	10	E2	706	La Demarrois	8	E2	1221																																																																															
Le Maffray	9	E2	716	La Ville Halet	29	E4	1298																																																																															
Le Maffray	20	E2	726	La Ville Halet	23	E4	1310																																																																															
Grénédan	1	E4	736	La Ville Halet	26	E4	1311																																																																															
La Boulangerie	15	E1	758	La Ville Halet	24	E4	1319																																																																															
La Boulangerie	6	E1	760	La Ville Halet	25	E4	1329																																																																															
Meuron	2	E1	815																																																																																			

Les distances affichées ici sont celles mesurées à partir du Système d'Information Géographique (SIG) entre l'angle de l'habitation ou de la zone d'habitation la plus proche et la base du mât de l'éolienne.



- Aire de l'étude de dangers (500m)
- ⊕ Eoliennes
- Ⓜ Poste de livraison
- 🏠 Habitations

**ETUDE :** Projet de Parc éolien de Trémoriel

**N° Affaire :** 001360    **Client :** INERSYS

0 50 100 200 300 400 500 600 700 Mètres

Figure 3 : Carte des habitations et zones d'habitations les plus proches



### III.1.2. ETABLISSEMENTS RECEVANT DU PUBLIC (ERP)

Constituent des ERP tous les bâtiments, locaux et enceintes, que ce soient des structures fixes ou provisoires (chapiteaux, tentes, structures gonflables), dans lesquels des personnes sont admises, soit librement, soit moyennant une rétribution ou une participation quelconque, ou dans lesquels sont tenues des réunions ouvertes à tous ou sur invitation, payantes ou non. Cela regroupe donc un très grand nombre d'établissements, comme les magasins et centres commerciaux, les cinémas, les théâtres, les hôpitaux, les écoles et universités, les hôtels et restaurants ...

Aucun établissement recevant du public n'est recensé au sein du périmètre d'étude de 500m. Des ERP liés aux commerces ou service public (école, mairie) sont présents dans le bourg de TREMOREL, ainsi que dans ceux des communes voisines. Un gîte est aussi présent au niveau du hameau de Meuron, à plus de 750 mètres de l'éolienne la plus proche (E1).

### III.1.3. INSTALLATIONS CLASSEES POUR LA PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT (ICPE) ET INSTALLATIONS NUCLEAIRES DE BASE

On ne recense aucune installation nucléaire de base sur les communes du projet. Aucune ICPE classée SEVESO n'est présente dans les limites de l'aire d'étude. Le site le plus proche est celui de KERMENE à Mené, implanté à environ 20 kilomètres au Nord-Ouest. D'après les données de la base des installations classées, aucune d'entre elle ne se trouve localisée au sein de l'aire d'étude de dangers. La plus proche est l'EARL des Suzains localisée au niveau du hameau de « La Ville-ès-Suzains », à plus de 1,1 kilomètre de l'éolienne la plus proche (E4).

### III.1.4. AUTRES ACTIVITES

Le contexte rural du secteur induit la présence de plusieurs exploitations agricoles à proximité du périmètre d'étude. Celles-ci sont souvent associées au bâti résidentiel. Par ailleurs, des activités artisanales peuvent aussi être présentes au sein des différents hameaux bordant la zone d'étude. L'aire d'étude de dangers ne recense aucune exploitation agricole ou bâtiment lié à des activités artisanales.

Au niveau des activités touristiques, aucun sentier classé au Plan Départemental des Itinéraires Pédestres de Randonnées ou sentier communal ne traverse la zone du projet. Un espace privé de loisirs comprenant un étang est recensé à l'Ouest des aires d'étude de dangers des éoliennes E2 et E3.



Figure 4 : Zone privée de loisirs à l'Ouest du projet

## III.2. ENVIRONNEMENT NATUREL

### III.2.1. CONTEXTE CLIMATIQUE

Les données proviennent de la station météorologique de SAINT-BRIEUC (22) située à une soixantaine de kilomètres du projet. Cette station complète de mesures peut être considérée comme la plus représentative du climat local.

#### III.2.1.1. Précipitations

L'histogramme suivant indique les normales mensuelles de précipitations calculées pour la période 1981-2010.

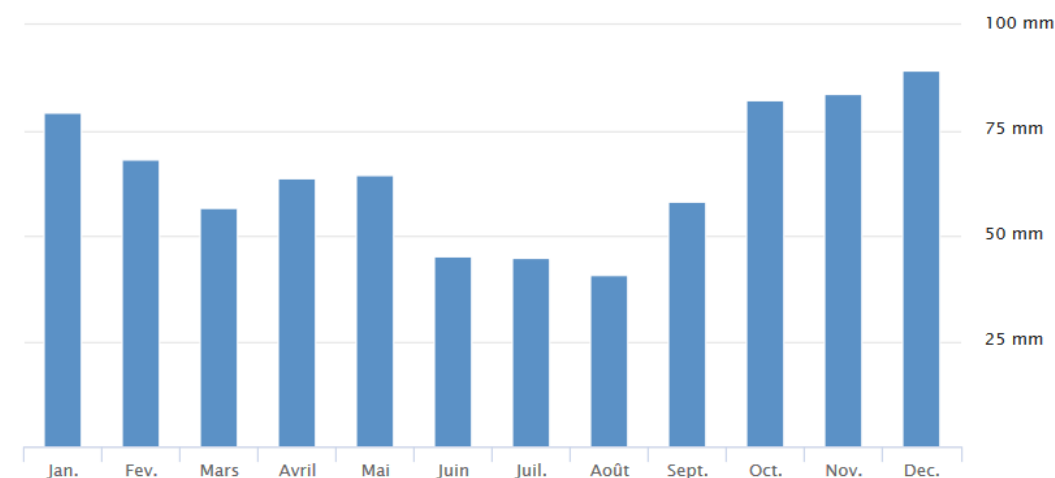


Figure 5 : Normales mensuelles des précipitations à Saint-Brieuc (Source : METEO-FRANCE)

On notera une présence marquée de la pluie tout au long de l'année mais avec une variation ; les mois d'hiver comptabilisant deux fois plus de quantité de pluie (90mm/mois) que les mois d'été (40 mm/mois). Au total, il pleut à Saint-Brieuc environ 130 jours par an pour une hauteur cumulée de 776 mm.

#### III.2.1.2. Températures

Le graphique suivant indique les mesures de la température minimale et maximale, relevées mois par mois, calculées pour la période 1981-2010.

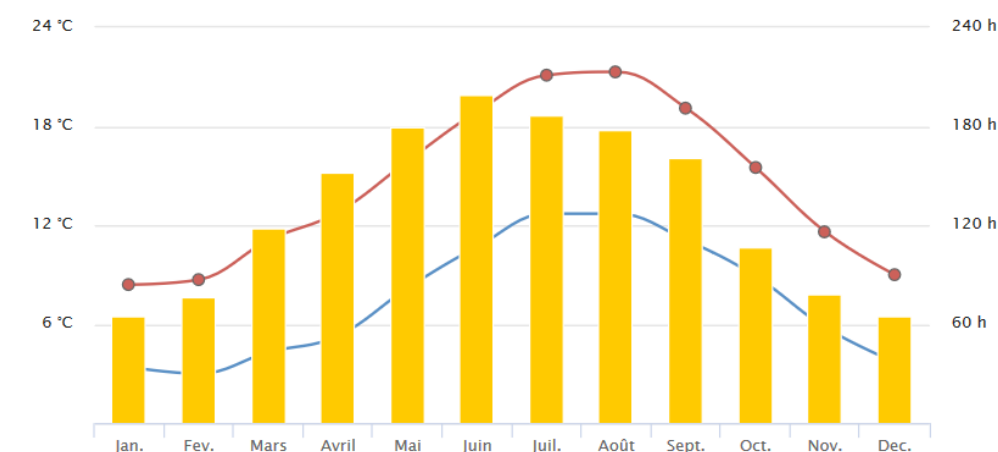


Figure 6 : Normales mensuelles des températures minimales et maximales et ensoleillement à Saint-Brieuc (Source : METEO-FRANCE)

La période de l'année la plus chaude s'étend des mois de juin à septembre compris, pour des moyennes mensuelles maximales ne dépassant pas les 22°C, alors que décembre, janvier et février sont les mois les plus froids pour des moyennes mensuelles comprises entre 3°C et 9°C. Les températures moyennes hivernales apparaissent relativement douces et les températures estivales sont modérées, ce qui est caractéristique de l'influence du climat océanique tempéré. Par ailleurs, l'amplitude thermique, différence entre la moyenne annuelle minimale (7,5°C) et la moyenne annuelle maximale (14,5°C), souligne à nouveau l'empreinte de cette typologie climatique. La durée d'ensoleillement est de 1565 h. /an dont 38 jours à fort ensoleillement.

#### III.2.1.3. Vents

La rose des vents indique la fréquence relative (%) des directions du vent par classe de vitesse. Les directions sont exprimées en rose de 360° (360° = Nord ; 90° = Est ; 180° = Sud ; 270° = Ouest). La rose de METEO-FRANCE a été établie à partir de mesures trihoraires de vent (vitesse moyennée sur 10 minutes), relevées à Saint-Brieuc entre 1991 et 2010.

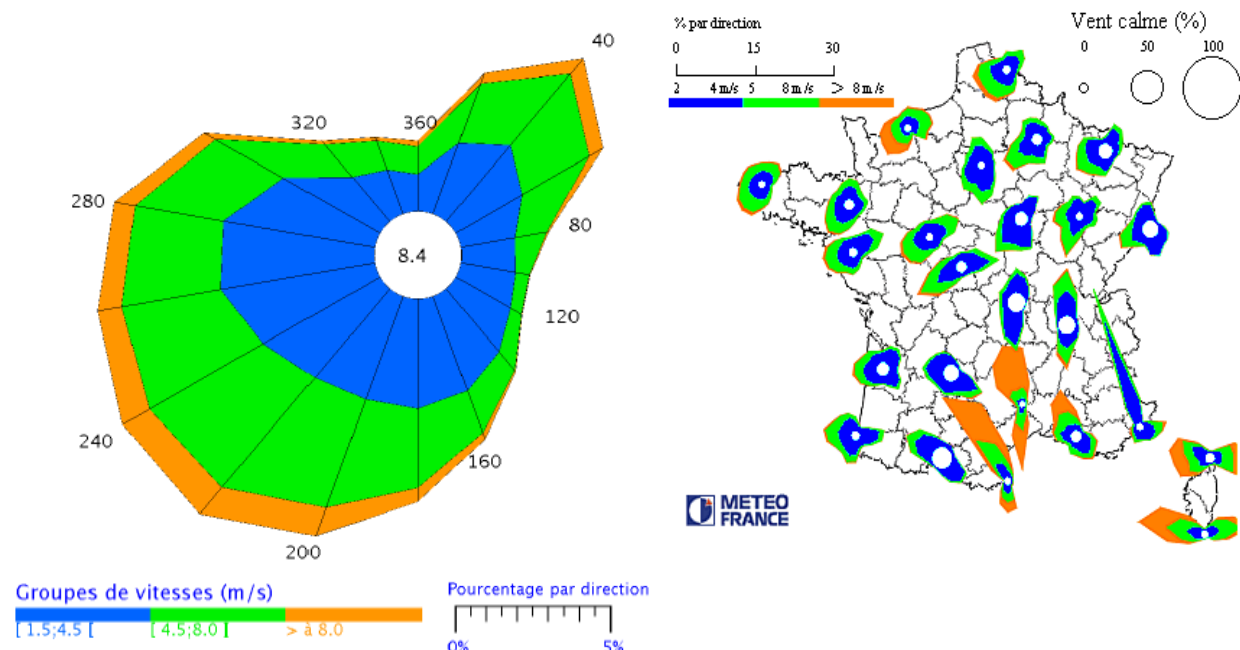


Figure 7 : Rose des vents à Saint-Brieuc et en France (Source : METEO-FRANCE)

Ainsi, sur ce secteur, les vents proviennent donc de deux directions privilégiées :

- Sud-Ouest : ce sont les vents les plus fréquents. Ils proviennent de l’Océan Atlantique. Ils amènent les précipitations et la douceur sur la côte Atlantique,
- Nord-Est : ces vents sont un peu moins fréquents et plus calmes que les précédents. Ils proviennent des zones polaires et sibériennes amenant ainsi un air sec et froid. On les rencontre plus couramment en hiver.

Pour compléter ces informations, le tableau ci-dessous nous indique, par mois, la vitesse du vent moyenné sur 10 minutes, ainsi que le nombre moyen de jours avec rafales, et les rafales maximales de vent (m/s) enregistrées au niveau de la station de Saint-Brieuc entre 1981 et 2010.

Tableau 3 : Nombre moyen de jours avec rafales et rafales maximales de vent enregistrés à Saint-Brieuc (Source : METEO-FRANCE)

Mois	Janv.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
Vitesse moyenne sur 10 min (m/s)	5.4	5.3	5	4.7	4.3	4	3.9	3.7	4.1	4.4	4.7	5
Nombre de jours avec rafales > 16m/s (58 km/h)	12.2	10.4	8.9	7.0	4.5	2.8	2.8	2.4	3.0	6.9	8.7	10.3
Nombre de jours avec rafales > 28m/s (100 km/h)	0.7	0.6	0.2	/	/	/	/	/	0.1	0.3	0.1	0.5
Vitesse maximale enregistrée en m/s	37	32.2	30	29	26	26	21	24	34	49	30	48
(km/h en italique)	133	116	108	104	94	94	76	86	122	176	108	173

/ : Donnée égale à 0

### I.1.1.1. Brouillard, orage, grêle, neige et gel

Le tableau suivant indique le nombre moyen de jours avec brouillard, grêle, orage, neige et gel, mois par mois, enregistrés au niveau de la station de Saint-Brieuc entre 1981 et 2010.

Tableau 4 : Nombre moyen mensuel de jours avec brouillard, grêle, orage, neige et gel enregistrés à Saint-Brieuc (Source : METEO-FRANCE)

Mois	Janv.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
BROUILLARD	2.9	2.4	2.8	3.9	5.3	-	4.6	5.8	3.6	4.1	2.0	-
ORAGE	0.2	0.3	0.4	0.7	1.1	-	1.3	1.4	0.7	-	0.2	0.3
GRELE	0.5	0.4	0.5	1.1	0.2	-	/	0.1	0.1	0.1	0.5	-
NEIGE	1.3	2.7	-	0.6	/	-	/	/	/	/	0.2	1.7
GEL	5.5	4.9	2.0	0.6	/	/	/	/	/	0.1	2.1	5.5

- : Données manquantes, / : nulle

Il est important de préciser que le nombre de jours de gel, ou gelée blanche, qui se forme au niveau du sol est à différencier du nombre de jours de glace, ou givre, qui peut se former en hauteur par la combinaison de température inférieure à 0°C et d’humidité importante (brouillard givrant).

Le risque orageux peut être, quant à lui, apprécié de manière plus fine grâce aux données 2008-2017 fournies par le service METEORAGE de Météo-France. La meilleure représentation actuelle de l’activité orageuse est la densité de points de contact, qui est le nombre de points de contact par km<sup>2</sup> et par an. La valeur moyenne de la densité de foudroiement (N<sub>SG</sub>) est de 1,12 impacts/km<sup>2</sup>/an. Pour la commune de TREMOREL, cette densité a été mesurée à 0,28 impacts/km<sup>2</sup>/an, ce qui est très faible. Par ailleurs, La commune compte en moyenne 4 jours d’orage par an. Les épisodes orageux se concentrent majoritairement au milieu du printemps et plus particulièrement le mois de mai.

→ N<sub>SG</sub> : 0,28 impacts/km<sup>2</sup>/an



### III.2.2. RISQUES NATURELS

Les risques naturels présentés sont ceux répertoriés dans le Dossier Départemental des Risques Majeurs (DDRM) du département des Côtes d’Armor approuvé le 12 juin 2015. Des données complémentaires peuvent être apportées en fonction des données disponibles localement (argiles, mouvements de terrain, inondations...).

Le tableau ci-dessous résume les risques naturels recensés sur la commune de TREMOREL par le DDRM des Côtes d’Armor et le site de Géorisques<sup>1</sup> :

Tableau 5 : Risques naturels majeurs recensés sur la commune du projet (Source : DDRM ; Géorisques)

	TREMOREL
Radon	X
Inondation - Par une crue à débordement lent de cours d’eau	X
Mouvement de terrain – Tassements différentiels	X
Phénomènes météorologiques - Tempête et grains (vent)	X
Séisme (Zone de sismicité 2)	X

Un second tableau, placé ci-après, liste les différents arrêtés de catastrophe naturelle pour les communes du projet.

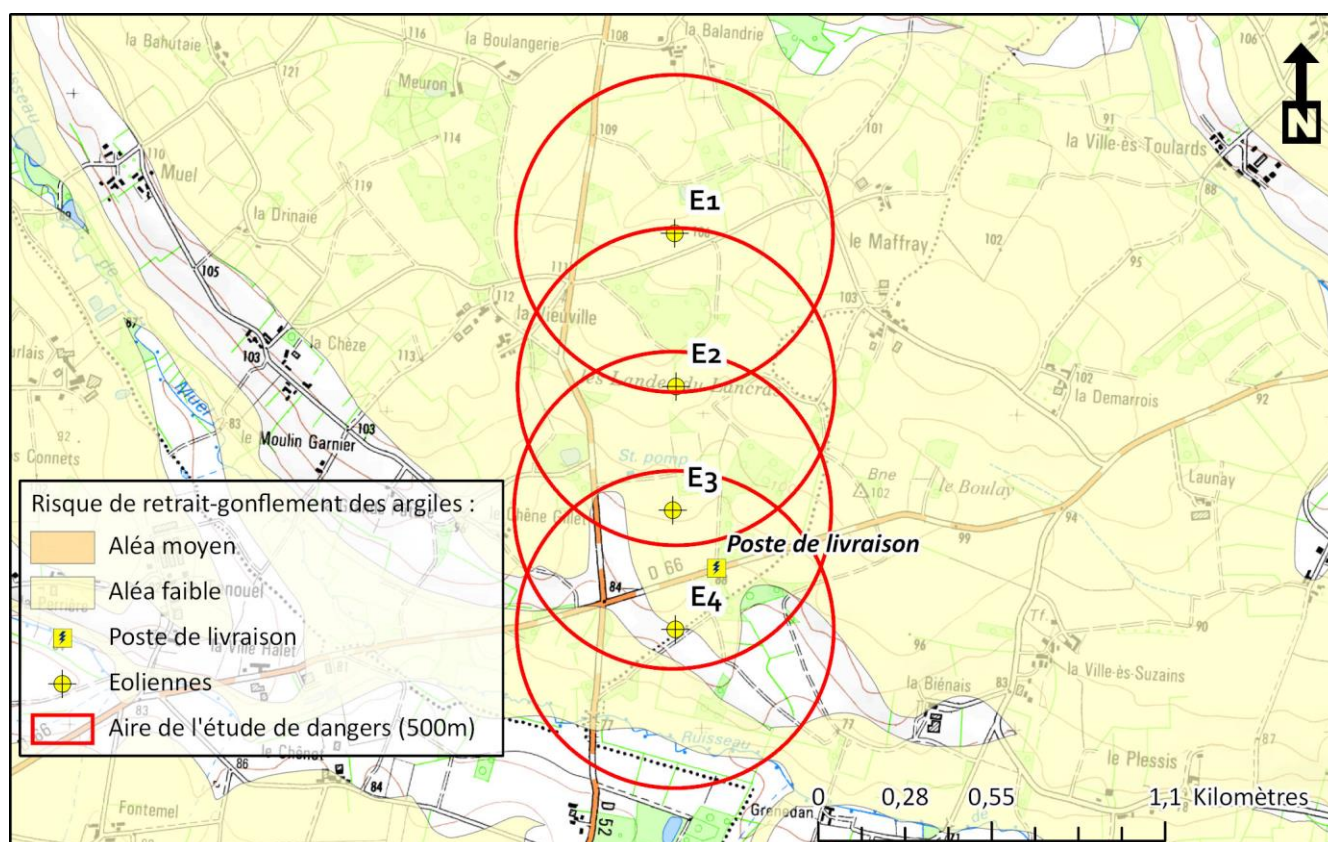
<sup>1</sup> Données issues du site : <http://www.georisques.gouv.fr/>

**Tableau 6 : Arrêtés de catastrophe naturelle recensés sur la commune du projet Source : Prim.net)**

Type de catastrophe	Début le	Fin le	Arrêté du	Sur le JO du	TREMOREL
Tempête	15/10/1987	16/10/1987	22/10/1987	24/10/1987	X
Inondations, coulées de boue, glissements et chocs mécaniques liés à l'action des vagues	25/12/1999	29/12/1999	29/12/1999	30/12/1999	X

#### ▪ Mouvements de terrain

Ce risque peut être de trois origines différentes : glissements/écroulements de falaises ou talus, affaissements de cavités souterraines ou retrait/gonflement des argiles. La consultation des bases de données<sup>2</sup> spécifiques permet de s'apercevoir que le risque lié au retrait-gonflement des argiles au niveau du projet, est évalué à faible sur la majeure partie de la zone d'implantation. Ainsi, trois des quatre éoliennes du projet se trouvent localisées en zone d'aléa faible, la quatrième éolienne étant localisée en zone d'aléa nul. Par ailleurs, aucun mouvement de terrain ni aucune cavité n'ont été recensés à proximité des aménagements ni au sein de l'aire d'étude de dangers.


**Figure 8 : Risque de mouvements de terrain sur la zone du projet (Source : BRGM)**

#### ▪ Inondations

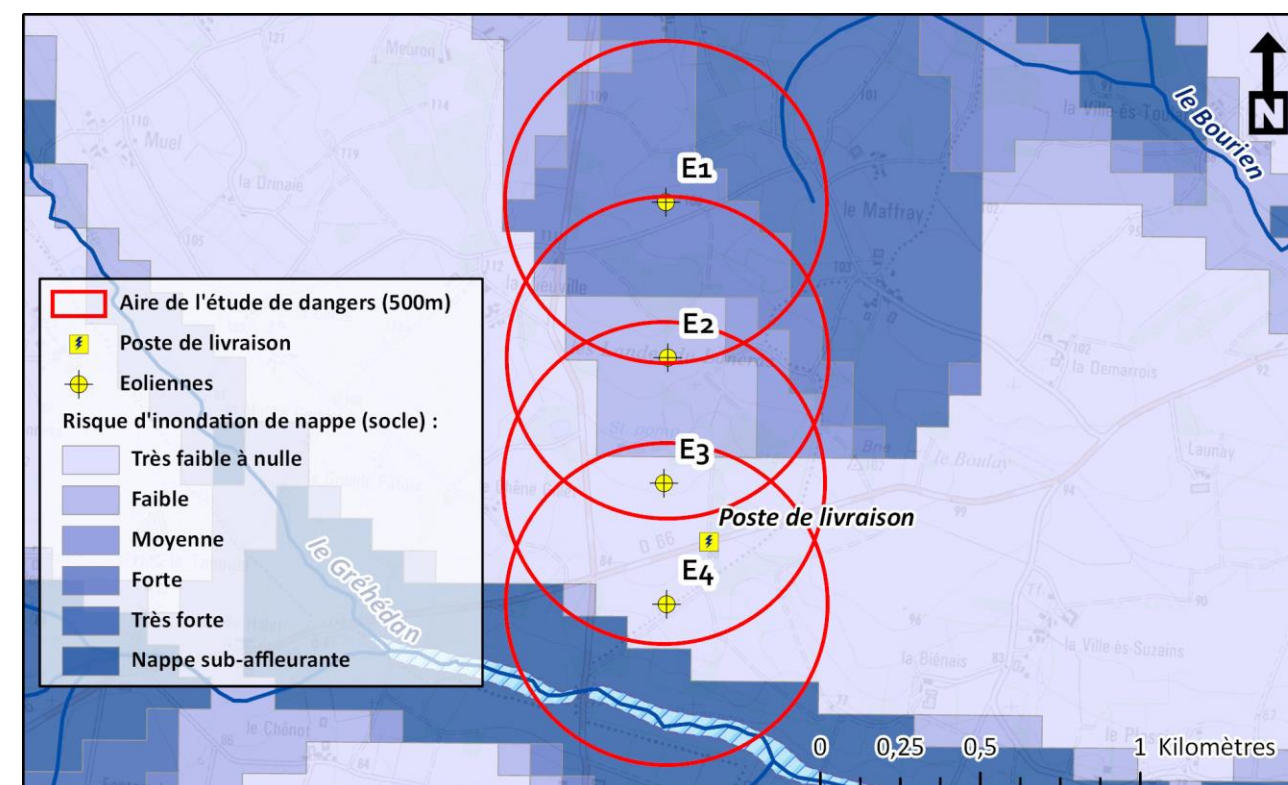
Selon le DDRM, TREMOREL dispose d'un Atlas de Zone Inondable lié à la présence de la rivière Le Meu passant au Nord et à l'Est du territoire communal. La zone du projet se situe en retrait de cette rivière et de ses potentiels débordements. L'aléa inondation peut aussi se retrouver le long du ruisseau de Gréhédan passant au Sud de l'aire d'étude immédiate, mais la position de la ZIP sur un plateau en surplomb limite tout risque d'inondation.

<sup>2</sup> Données issues des sites web développés par le BRGM : <http://www.argiles.fr/> et <http://www.mouvementsdeterrain.fr/>

<sup>3</sup> Donnée extraite du site web développé par le BRGM : [www.inondationsnappes.fr](http://www.inondationsnappes.fr)

Le risque d'inondation par remontée de nappes est lié quant à lui aux nappes phréatiques dites « libres » car aucune couche imperméable ne les sépare du sol. Alimentées par la pluie, ces nappes peuvent connaître une surcharge en période hivernale et rejaillir du sol. Il existe deux grands types de nappes selon la nature des roches qui les contiennent (on parle de la nature de « l'aquifère ») : celles des formations sédimentaires et celles des roches dures de socle. Les premières sont contenues dans des roches poreuses (ex : sables, certains grès, la craie...) alors que les secondes sont incluses dans les fissures des roches dures et non poreuses, aussi appelées « de socle » (ex : granite, gneiss...).

Au niveau de la zone du projet, les données fournies<sup>3</sup> par le BRGM font apparaître une sensibilité variable : de forte sur la partie Nord, celle-ci devient moyenne puis faible à nulle sur sa moitié Sud, avant de redevenir « sub-affleurante » pour son extrémité Sud. Ainsi l'éolienne E1 est exposée à une sensibilité forte, l'éolienne E2 est exposée à une sensibilité faible, les éoliennes E3 et E4 sont exposées à une sensibilité très faible à nulle. Il ne s'agit toutefois que de données théoriques, le BRGM ne garantissant ni leur exactitude ni leur exhaustivité. Les études géotechniques menées en amont de la construction du parc devront donc confirmer ou non ce risque. Si celui-ci est avéré, des mesures visant à réduire le risque de pollution des eaux devront être mises en œuvre.


**Figure 9 : Cartographie du risque d'inondation de socle au niveau de la commune (Source : BRGM)**

#### ▪ Séisme

Selon les décrets n°2010-1254 et n°2010-1255 du 22 octobre 2010, la commune de TREMOREL est classée en zone de sismicité faible (classe 2) comme l'ensemble des communes du département des Côtes d'Armor. Concernant les événements sismiques passés, la commune du projet a connu un seul phénomène d'intensité nulle<sup>4</sup> :

**Tableau 7 : Liste des événements sismiques passés sur la commune du projet (Source : BRGM)**

Date	Localisation épiscopale	Région ou pays de l'épicentre	Intensité épiscopale	Intensité dans la commune
7 Février 1932	PLATEAUX BRETONS (JOSSELIN)	BRETAGNE	5	0

<sup>4</sup> Données issues du site web développé par le BRGM, EDF et IRSN : <http://www.sisfrance.net/>

- **Tempête**

Tout comme l'ensemble des communes du département, la commune du projet est soumise au risque lié aux tempêtes.

- **Feux de forêt**

Aux yeux du DDRM, la commune de TREMOREL ne fait pas partie des communes à risques pour les feux de forêts ou de landes. Sur la zone du projet, les espaces boisés se cantonnent à quelques bosquets diffus.

- **Radon**

Il s'agit d'un risque spécifique qui concerne uniquement les habitations du département.

### III.3. ENVIRONNEMENT MATERIEL

#### III.3.1. VOIES DE COMMUNICATION

Au sein de l'aire d'étude de dangers, la voirie est constituée majoritairement de voies communales et de chemins d'exploitation privés desservant les parcelles exploitées par les agriculteurs locaux.

Deux routes départementales traversent les aires d'étude de dangers associées aux éoliennes. D'après les données du Conseil Départemental des Côtes d'Armor, ces axes secondaires supportent un trafic inférieur à 2000 véhicules/jour :

Nom	Trafic mesuré (2013)	Route structurante*	Distance entre éoliennes et route départementale			
			E1	E2	E3	E4
RD66	486	Non	>500m	>500m	225m	135m
RD52	519	Non	298m	300m	234m	224m

\* Une route est considérée comme structurante par l'INERIS lorsqu'elle supporte un trafic supérieur à 2000 véhicules/jour.

Aucune voie ferrée en activité n'est recensée au sein de l'aire d'étude de dangers.

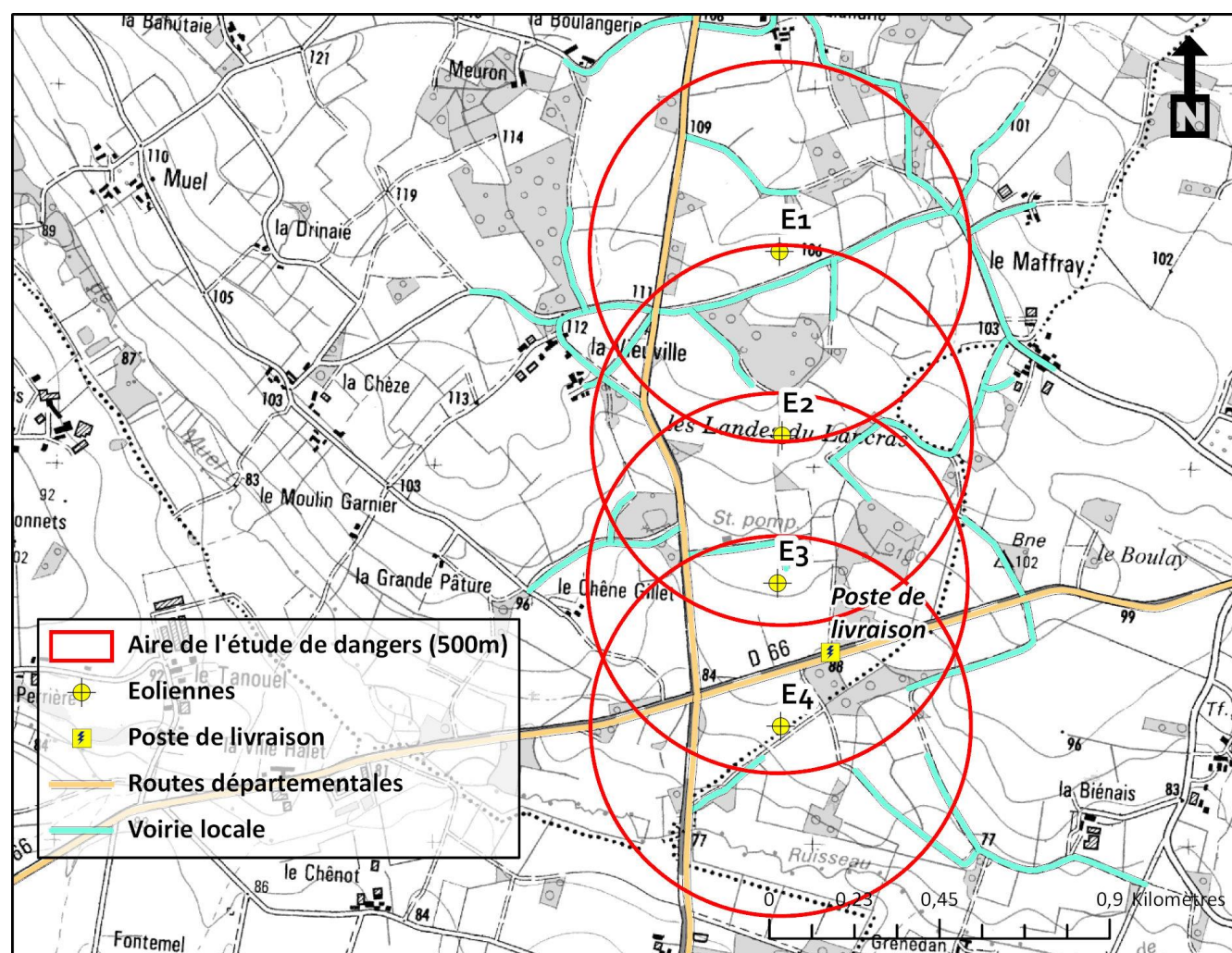


Figure 10 : Voirie au niveau du projet

<sup>5</sup> Il convient de noter qu'un très léger écart peut apparaître (de l'ordre de 0.01 personne) entre les chiffres détaillés sur les cartographies de synthèse et ceux présentés dans les tableaux de détails de calculs annexés au présent rapport. Cet écart est induit par les arrondis, les chiffres les plus près de la réalité étant ceux des tableaux.

#### III.3.2. RESEAUX PUBLICS ET PRIVES

On ne recense aucune canalisation de transport de gaz, hydrocarbures ou produits chimiques, ni aucune infrastructure d'assainissement (stations d'épurations...) au sein de l'aire d'étude de dangers.

TREMORÉL n'est pas concernée par les lignes électriques haute et très haute tension du gestionnaire de réseau RTE. En revanche, une ligne électrique HTA du gestionnaire ENEDIS traverse les aires d'étude de dangers des éoliennes E2, E3 et E4.

Ligne électrique HTA du gestionnaire ENEDIS	Distance entre les éoliennes et la ligne électrique HTA		
	E2	E3	E4
	134m	160m	453m

#### III.3.3. AUTRES OUVRAGES PUBLICS

Il n'a pas été observé d'autres ouvrages publics majeurs tels que les barrages, digues, châteaux d'eau, bassins de rétention, ou autres au sein de la zone d'étude.

### III.4. CARTOGRAPHIE DE SYNTHÈSE

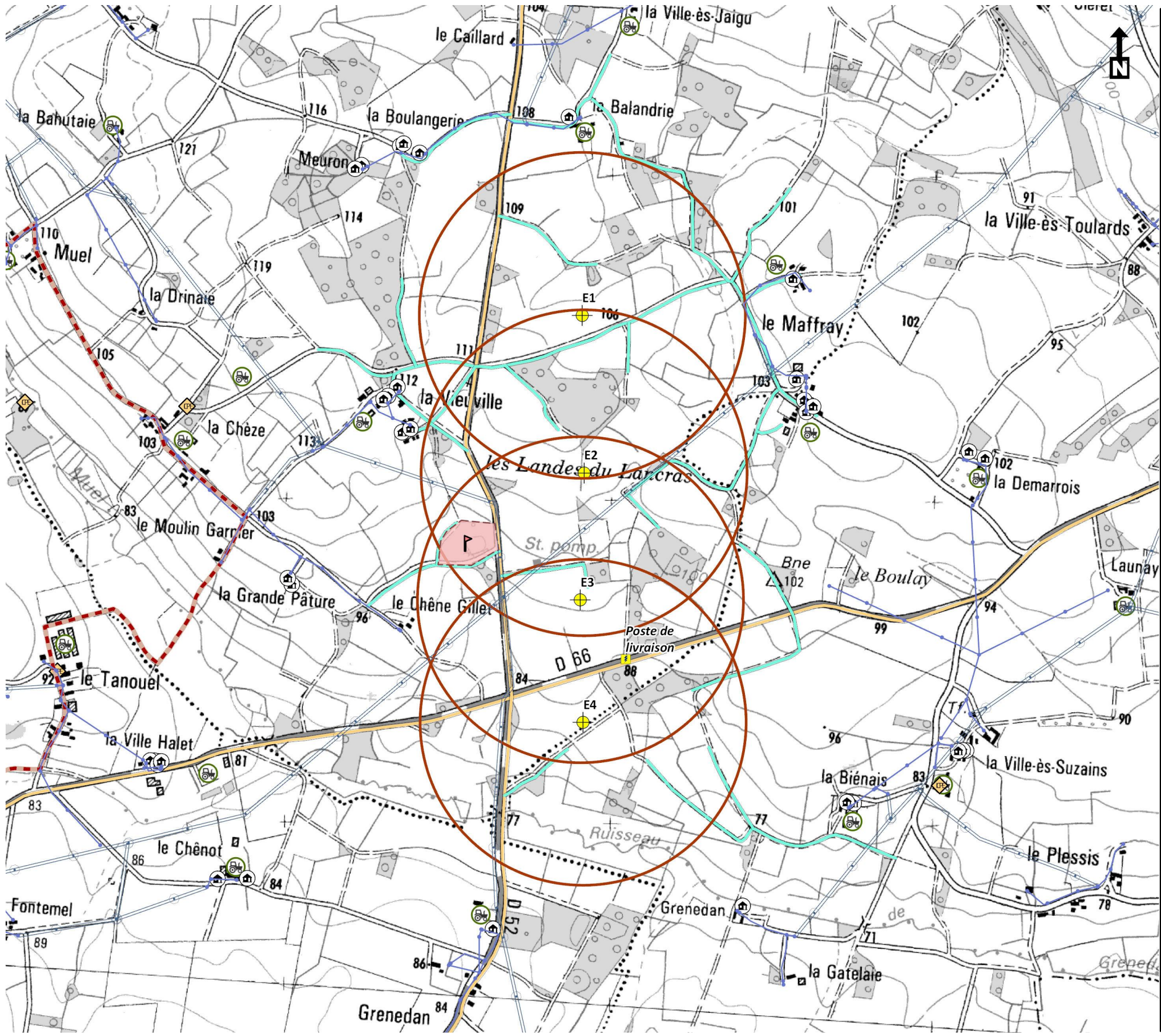
Les cartes présentées sur les pages qui suivent permettent de resituer les différents enjeux liés à l'environnement du projet du **Parc Éolien de TrémoréL**, à savoir :

- La localisation des biens, infrastructures et autres établissements,
- Le nombre de personnes exposées par secteur (champs, routes, habitations...) dans un rayon de 500m autour des éoliennes.
- A titre indicatif, figurent aussi sur ces cartes les rayons des différents phénomènes de dangers qui seront détaillés dans les parties suivantes.

La méthode de comptage des enjeux humains dans chaque secteur est présentée en Annexe 1. Elle se base sur la fiche n°1 de la circulaire du 10 mai 2010 relative aux règles méthodologiques applicables aux études de dangers. A noter que le détail des calculs du nombre de personnes exposées par type de scénario est quant à lui fourni en Annexe 2. Le tableau ci-dessous résume le nombre de personnes exposées comptabilisé pour chaque éolienne dans un rayon de 500m<sup>5</sup>.

Tableau 8 : Synthèse du nombre de personnes exposées dans un rayon de 500m par éolienne

E1	E2	E3	E4
1	1,19	1,21	1,01



### SYNTHESE DE L'ENVIRONNEMENT DU PROJET

- Aire d'étude de dangers (500m)
- ⊙ Eoliennes
- ⚡ Poste de livraison
- ⊙ Exploitations agricoles
- ⊙ Hébergement de tourisme
- ▭ Terrain de loisirs
- Ligne électrique BT
- Ligne électrique HTA
- ⬠ Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (ICPE)
- Routes départementales
- Voirie locale

Fond cartographique : Scan25-IGN  
Source de données : IGN, PLU, Gite de France, ENEDIS  
Auteur : CJ

<b>ETUDE :</b> Projet de Parc éolien de Trémoré	
<b>N° Affaire :</b> 001360	<b>Client :</b> INERSYS
<b>ECHELLE :</b> 0 0,25 0,5 Kilomètres <span style="font-size: x-small;">Seule l'échelle métrique est garantie</span>	
<b>DATE :</b> 04/12/2018	

Figure 11 : Synthèse de l'environnement du projet

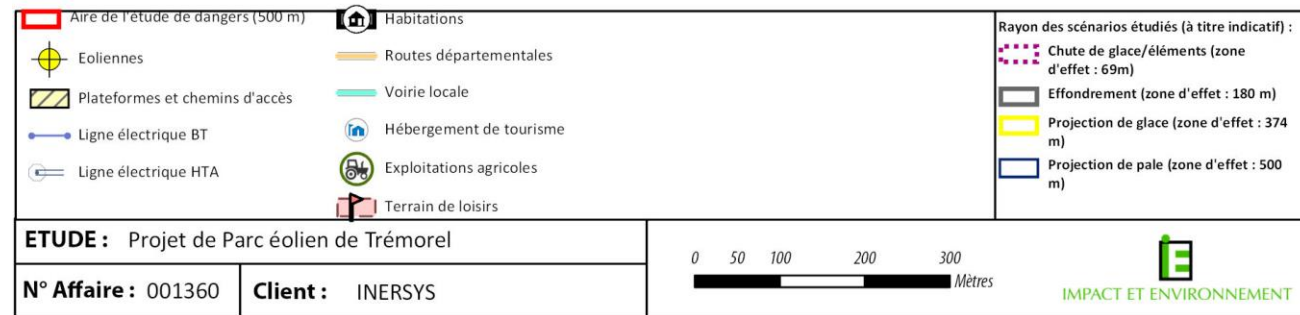
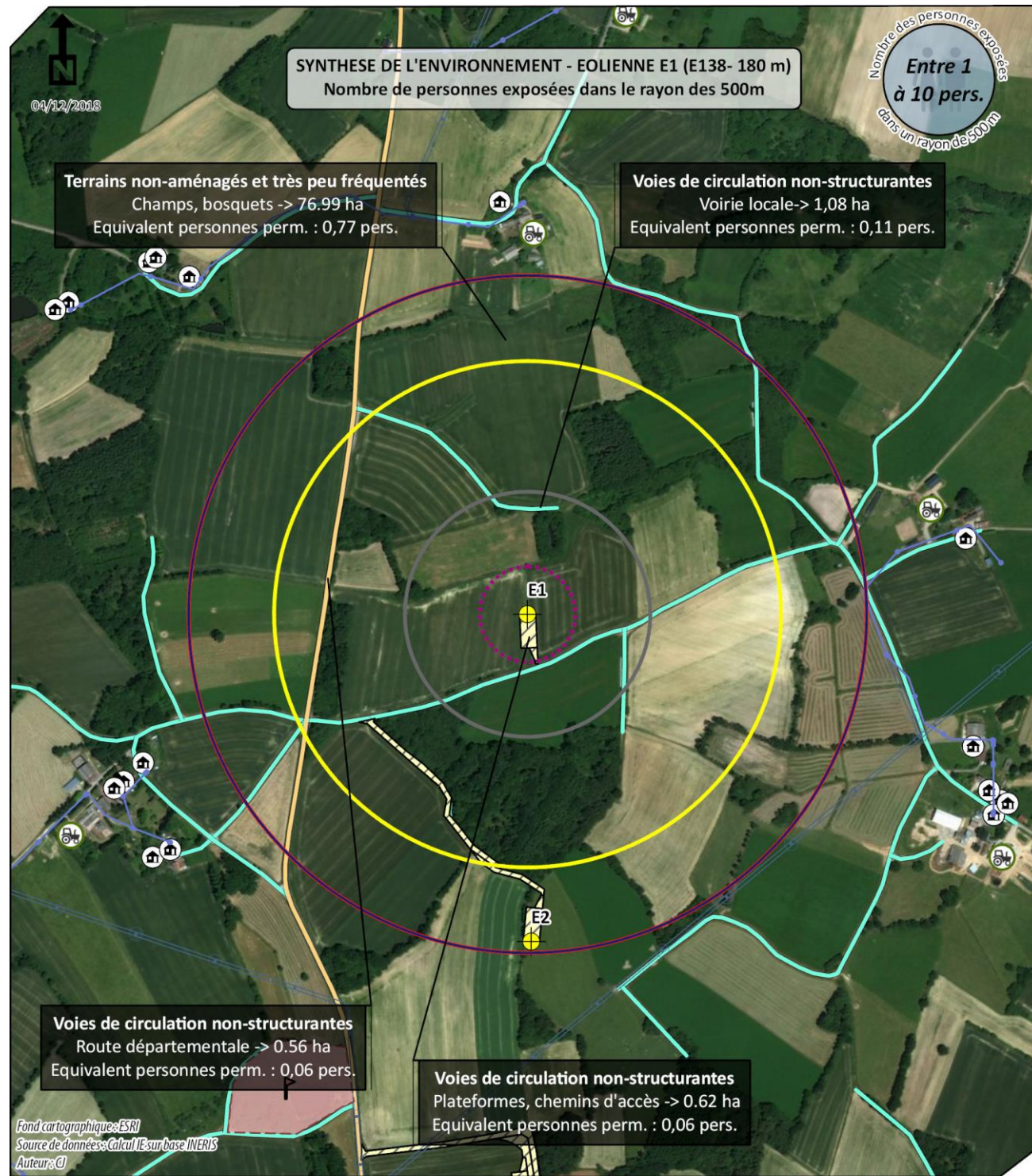


Figure 12 : Synthèse de l'environnement - Eolienne E1

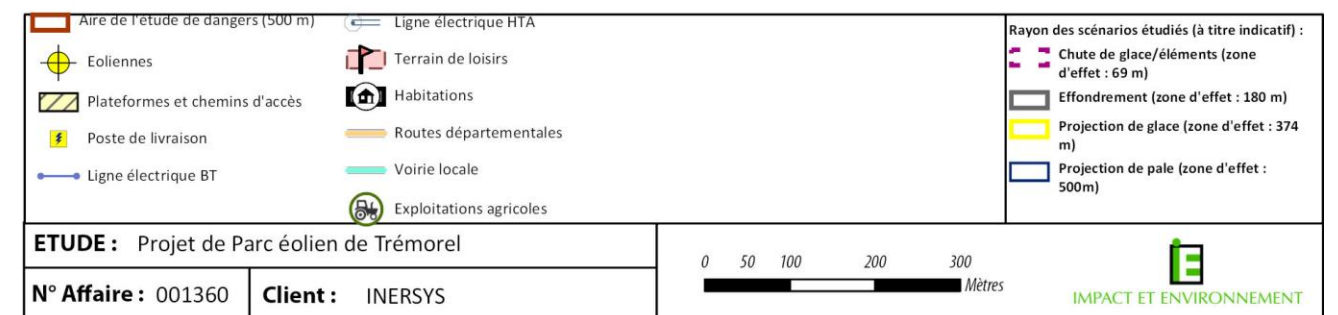
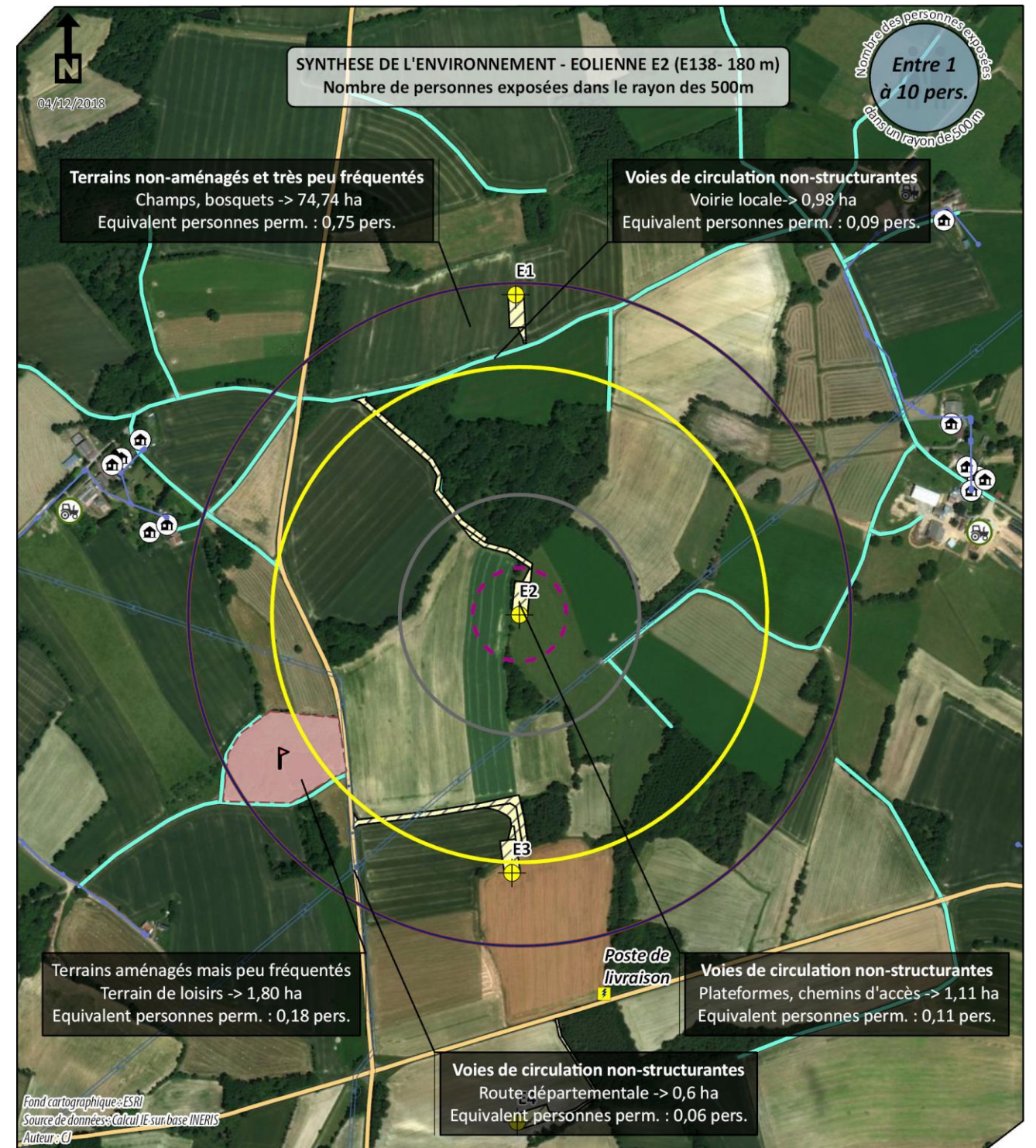


Figure 13 : Synthèse de l'environnement - Eolienne E2

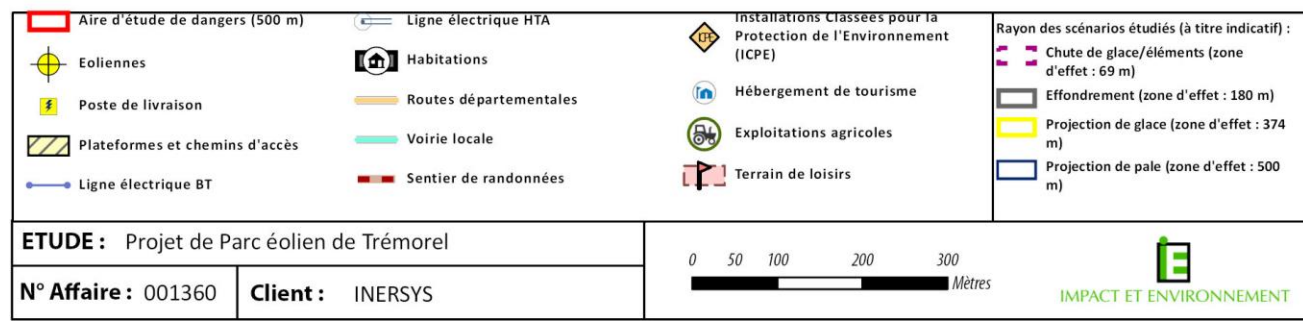
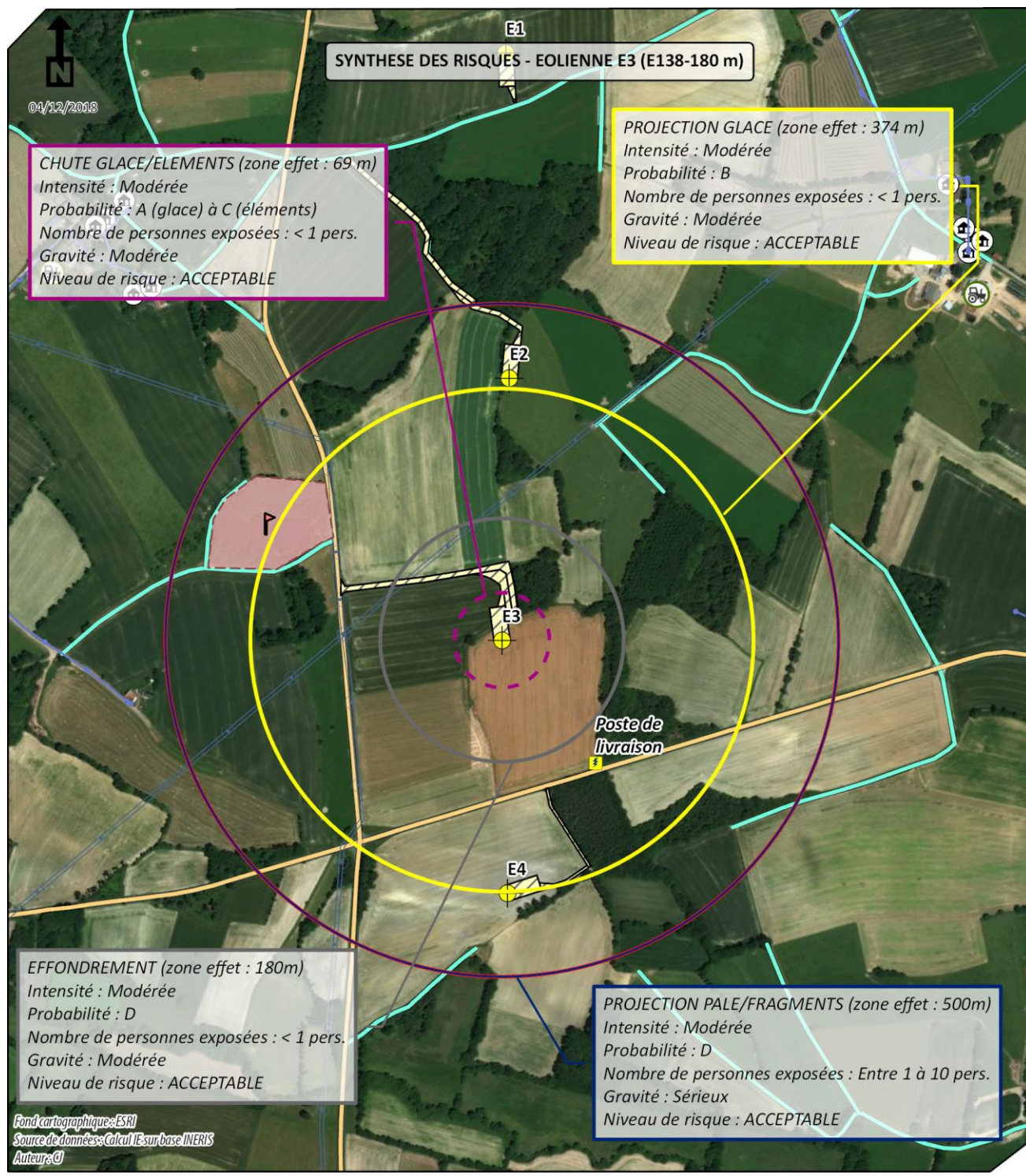


Figure 14 : Synthèse de l'environnement - Eolienne E3

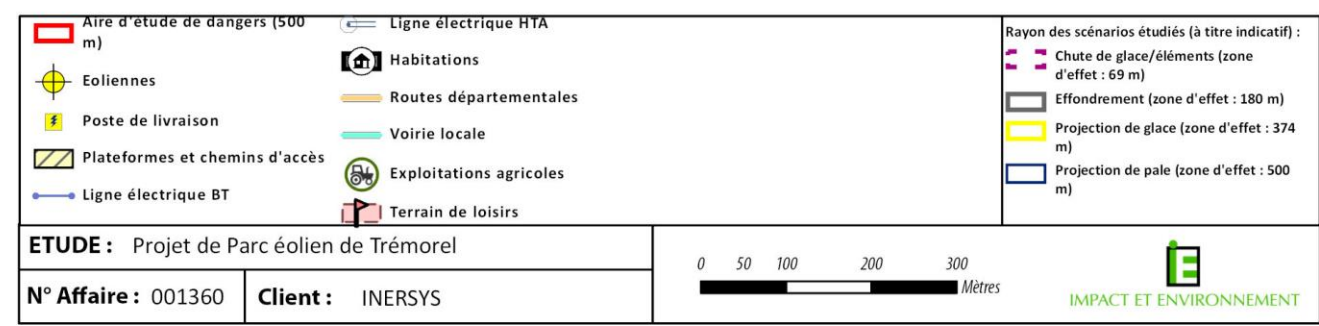
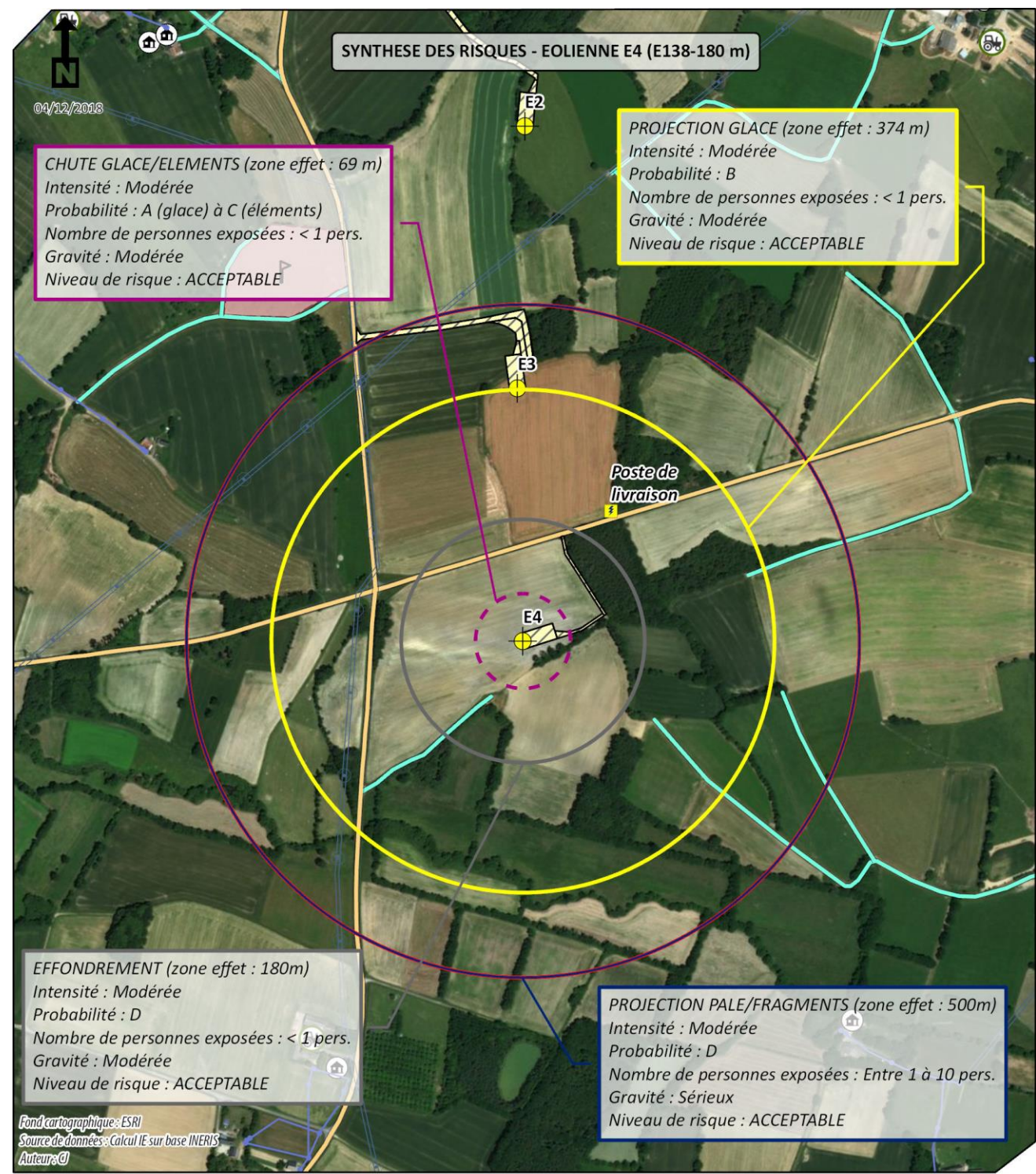


Figure 15 : Synthèse de l'environnement - Eolienne E4



## IV. DESCRIPTION DE L'INSTALLATION

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

### IV.1. CARACTERISTIQUES DE L'INSTALLATION

#### IV.1.1. CARACTERISTIQUES GENERALES D'UN PARC EOLIEN

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

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

#### ❖ Éléments constitutifs d'un aérogénérateur

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

Les aérogénérateurs se composent de trois principaux éléments :

- **Le rotor**, qui est composé de trois pales (pour la grande majorité des éoliennes actuelles) construites en matériaux composites et réunies au niveau du moyeu. Il se prolonge dans la nacelle pour constituer l'arbre lent.
- **Le mât** est généralement composé de 3 à 4 tronçons en acier ou 15 à 20 anneaux de béton surmontés d'un ou plusieurs tronçons en acier. Dans la plupart des éoliennes, il abrite le transformateur, qui permet d'élever la tension électrique de l'éolienne au niveau de celle du réseau électrique.
- **La nacelle** abrite plusieurs éléments fonctionnels :
  - le générateur transforme l'énergie de rotation du rotor en énergie électrique ;
  - le multiplicateur qui démultiplie le nombre de tour par minute (certaines technologies n'en utilisent pas) ;
  - le système de freinage mécanique ;
  - le système d'orientation de la nacelle qui place le rotor face au vent pour une production optimale d'énergie ;
  - les outils de mesure du vent (anémomètre, girouette),
  - le balisage diurne et nocturne nécessaire à la sécurité aéronautique.

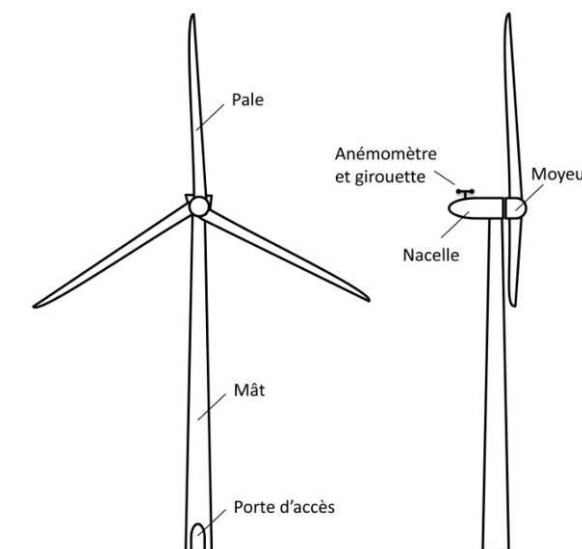


Figure 16 : Schéma simplifié d'un aérogénérateur

#### ❖ 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.

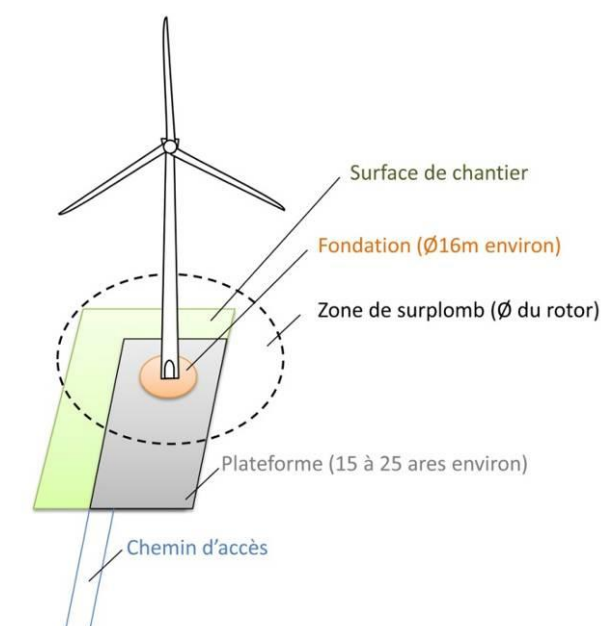


Figure 17 : Illustration des emprises au sol d'une éolienne

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

### ❖ 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 construction du parc éolien que pour les opérations de maintenance liées à l'exploitation du parc éolien :

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

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

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

#### IV.1.2. ACTIVITE DE L'INSTALLATION

L'activité principale du projet de **Parc Eolien de Trémoré** est la production d'électricité à partir de l'énergie mécanique du vent avec une hauteur (mât + nacelle) de 114,76 m. Cette installation est donc soumise à la rubrique 2980 des installations classées pour la protection de l'environnement.

#### IV.1.3. COMPOSITION DE L'INSTALLATION

Le projet de **Parc éolien de Trémoré** est composé de 4 aérogénérateurs identiques et d'un poste de livraison. Il s'agit d'éolienne ENERCON E-138-EP3. Ce modèle dispose d'une puissance nominale de 3,5 MW, mais la puissance installée et exploitée sera de 3 MW, soit une puissance totale de 12 MW. Ce type d'éolienne dispose des dimensions suivantes :

- Une hauteur de moyeu de 110,5 mètres (hauteur de la tour seule de 105,31 m et hauteur en haut de nacelle de 114,76 m),
- Un diamètre de rotor de 138,6 mètres à l'arrêt, trois pales d'une longueur de 66,89 mètres pour une surface balayée de 15 087,5 m<sup>2</sup>.
- La hauteur totale en bout de pale est de 179,80 mètres.

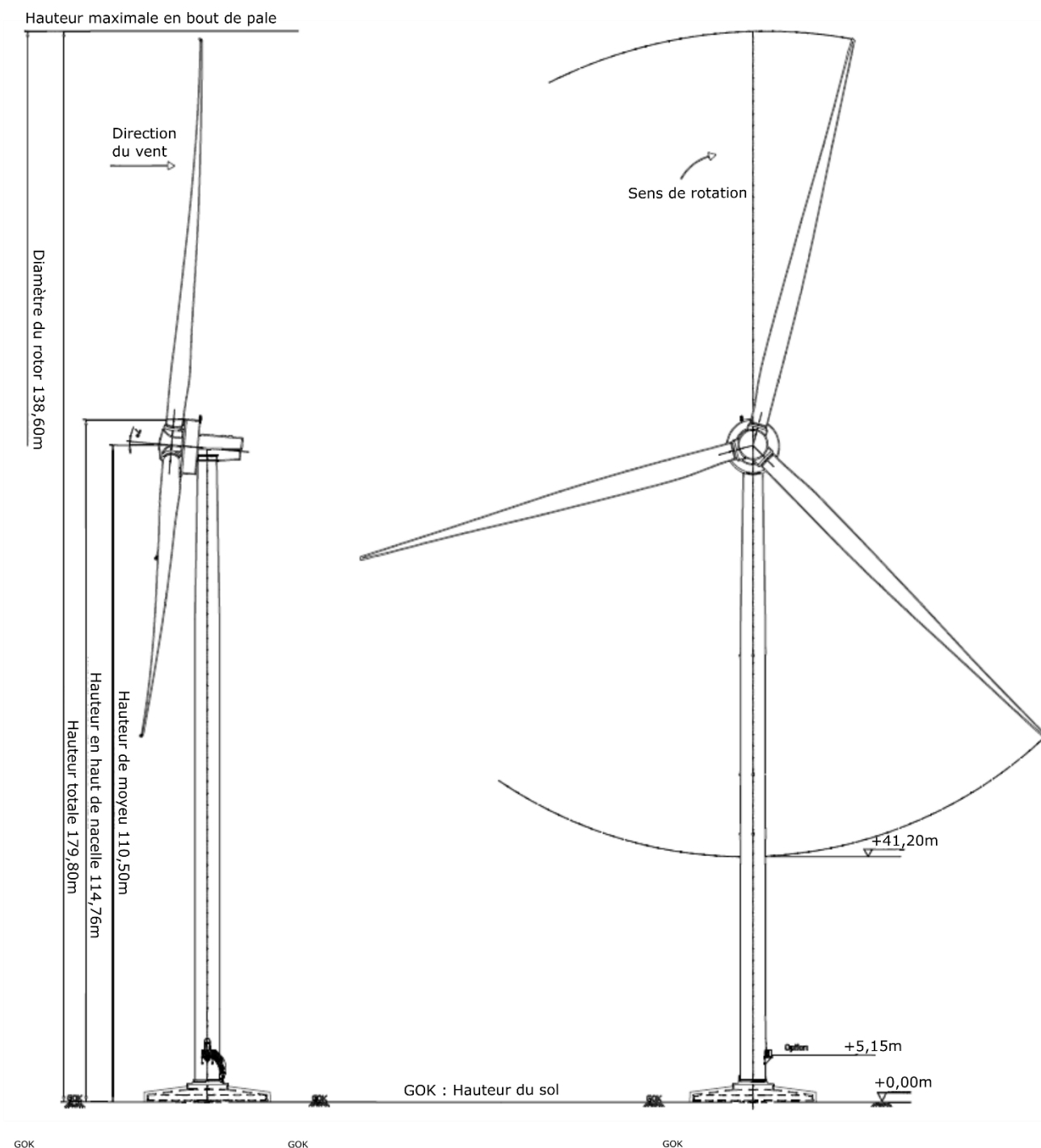
→ Ce modèle sera nommé **E-138-EP3 – 180m bout de pale** dans le reste de ce rapport.

Le plan placé ci-contre illustre le type de machines qui sera installé. Le tableau suivant indique les coordonnées géographiques des aérogénérateurs et du poste de livraison dans les systèmes de coordonnées Lambert 93 et WGS 84 :

**Tableau 9 : Coordonnées des éoliennes et du poste de livraison**

	Commune	N° parcelle		Altitude NGF (sol)	Altitude NGF (bout de pale)*	Coord. Lambert 93	Coord. WGS 84
E1	TREMOREL	ZW121	ZW90	105 m	285 m	X 306897.49 Y 6798582.48	48°10'8.4367" N 2°17'30.2539" O
E2	TREMOREL	ZX50		106 m	286 m	X 306902.96 Y 6798096.66	48°9'52.7468" N 2°17'28.4147" O
E3	TREMOREL	ZY62		95 m	275 m	X 306891.77 Y 6797704.85	48°9'40.0590" N 2°17'27.6850" O
E4	TREMOREL	ZY72		95 m	275 m	X 306899.99 Y 6797326.77	48°9'27.8568" N 2°17'26.0621" O
Poste de livraison	TREMOREL	ZY63		87 m	/	X 307031.54 Y 6797521.39	48°9'34.4326" N 2°17'20.3381" O

Le plan disposé sur la page suivante permet de localiser les différents éléments composant le projet de **Parc Eolien de Trémoré** (éoliennes, poste de livraison, plateformes, chemins d'accès et câbles électriques).



**Figure 18 : Plan d'élévation de l'éolienne E-138-EP3 – 180m bout de pale (Source : ENERCON)**



Figure 19 : Plan de l'installation

## IV.2. FONCTIONNEMENT DE L'INSTALLATION

### IV.2.1. PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT D'UN AEROGENERATEUR ENERCON E-138

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 périodes de fonctionnement sont les suivantes :

- **v < 2,5 m/s** : Lors de vitesses de vent en dessous de 2,5 m/s le courant ne peut être injecté dans le réseau. L'éolienne fonctionne en mode fonctionnement à vide, ce qui signifie que les pales du rotor sont en grande partie tournées hors du vent (angle de pale  $\geq 60^\circ$ ) et le rotor tourne lentement ou reste immobile en l'absence totale de vent. Grâce à ce déplacement lent (fonctionnement à vide), les paliers du rotor sont moins sollicités que lors d'une immobilisation prolongée, et une reprise de la production et de l'injection de courant est plus rapide lorsque le vent devient plus fort.
- **2,5 m/s  $\leq$  v < 13 m/s** : Pendant le mode charge partielle (la vitesse du vent se situe entre la vitesse de démarrage et la vitesse nominale) la puissance maximale possible est soutirée du vent. La vitesse du rotor et la puissance fournie dépendent de la vitesse du vent. Pour cela, le réglage des pales débute dès la plage limite du mode « charge pleine » afin de garantir une transition continue.
- **13 m/s  $\leq$  v < 22 m/s** : Lorsque la vitesse de vent est égale ou supérieure à la vitesse de vent nominale, l'éolienne maintient la vitesse de rotation du rotor sur la valeur de consigne (env. 10,8 tr/min) grâce au réglage des pales, et limite ainsi la puissance à sa valeur nominale de 3500 kW.
- **22 m/s  $\leq$  v < 28 m/s** : Au-dessus d'env. 22 m/s (sur une moyenne de 12 s) et lorsque la vitesse du vent continue d'augmenter, la vitesse de rotation est réduite linéairement de 10,8 tr/min jusqu'à la vitesse de rotation à vide pour une vitesse de vent de 28 m/s env., en positionnant les pales hors du vent. La puissance injectée diminue alors conformément à la courbe de puissance de la vitesse de rotation.
- **v > 28 m/s** : En présence de vitesses du vent supérieures à 28 m/s (sur une moyenne de 10 min.), les pales sont pratiquement mises en drapeau. L'éolienne continue de fonctionner en fonctionnement à vide sans fournir de puissance, mais reste connectée au réseau absorbant. Si la vitesse du vent chute en-dessous de 28 m/s, l'éolienne reprend alors automatiquement l'injection de courant. Le système de mode tempête est activé par défaut et peut uniquement être désactivé via la maintenance à distance ou sur site par le ENERCON Service.

Le système d'entraînement de l'E-138 EP3 ne comporte que peu de pièces tournantes. Accouplés l'un à l'autre directement sans boîte de vitesse intercalée, le moyeu du rotor et le rotor du générateur annulaire forment une unité solidaire. Les éoliennes ENERCON utilisent un générateur synchrone multipolaire à excitation indépendante (générateur annulaire). L'éolienne fonctionne avec une vitesse de rotation variable pour garantir l'exploitation optimale du potentiel éolien, quelle que soit la vitesse du vent. Le générateur annulaire produit ainsi du courant alternatif avec une tension, une fréquence et une amplitude variables. Le système d'onduleurs situé dans le pied du mât est conçu en fonction de la configuration de l'éolienne. En règle générale, un transformateur convertit la basse tension directement dans ou sur l'éolienne de 630 V à la tension HTA souhaitée. Une présentation détaillée des différents éléments constitutifs du type d'aérogénérateur utilisé pour ce projet est effectuée au sein de l'étude d'impact. Le tableau ci-dessous résume les principales caractéristiques :

Tableau 10 : Description des différents éléments constitutifs d'une éolienne E-138-EP3 – 180m

Elément de l'installation	Fonction	Caractéristiques
Rotor / pales	Capter l'énergie mécanique du vent et la transmettre à la génératrice	Structure : résine époxy & fibres de verre Nombre de pales : 3 Diamètre du rotor : 138,6 m Surface balayée : 15 087,5 m <sup>2</sup> Hauteur de moyeu : 110,5 m Axe et orientation : horizontal face au vent
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	Habillage de la nacelle en aluminium ou en plastique renforcé de verre Hauteur en haut de nacelle : 114,76 m Générateur annulaire multipolaire à excitation indépendante fixé au moyeu et tournant à la même vitesse que le rotor (absence de multiplicateur). Système d'orientation : palier d'orientation composé de six moteurs et d'une couronne permettant de faire tourner la nacelle et de l'orienter face au vent. Freins : de type aérodynamique (mise en « drapeau » des pales) et mécanique Tension produite : 630V

Elément de l'installation	Fonction	Caractéristiques
Mât	Supporter la nacelle et le rotor	Structure : 6 sections en acier Diamètre de la base : 4,3 m Hauteur du mât seul : 105,31 m
Transformateur	Elever la tension de sortie de la génératrice avant l'acheminement du courant électrique par le réseau	Positionnement : Intégré dans la base du mât Tension transformée : Alternatif (50Hz) - 20 000 V
Fondation	Ancrer et stabiliser l'éolienne dans le sol	Diamètre total (da) : 20,50 m Diamètre de la partie supérieure (dso) : 6,70 m Hauteur totale (hges) : 2,70 m Volume de béton : 454 m <sup>3</sup> Profondeur : Hors-sol

\* Dimensions adaptées en fonction des études géotechnique et hydrogéologique réalisées avant la construction

### IV.2.2. SECURITE DE L'INSTALLATION

#### IV.2.2.1. Conformité aux prescriptions de l'arrêté ministériel du 26 août 2011

La description détaillée des différents systèmes de sécurité de l'installation sera effectuée au stade de l'analyse préliminaire des risques, dans la partie VIII.6. Mise en place des mesures de sécurité. L'installation est conforme aux prescriptions de l'arrêté ministériel du 26 août 2011 relatif aux installations soumises à autorisation au titre de la rubrique 2980 des installations classées relatives à la sécurité de l'installation ainsi qu'aux principales normes et certifications applicables à l'installation. Cela concerne notamment :

▪ **Article 3 : Eloignement des habitations/zones d'habitations et installation nucléaire**

→ Les éoliennes se situeront à plus de 500 mètres de toute construction à usage d'habitation, de tout immeuble habité ou de toute zone destinée à l'habitation telle que définie dans les documents d'urbanisme opposables en vigueur au 13 juillet 2010 (Cf. III.1.1. Zones urbanisées). Par ailleurs, elles seront aussi situées à plus de 300m d'une installation nucléaire de base visée par l'article 28 de la loi n° 2006-686 du 13 juin 2006 relative à la transparence et à la sécurité en matière nucléaire, ou d'une installation classée pour l'environnement soumise à l'arrêté du 10 mai 2000 susvisé en raison de la présence de produits toxiques, explosifs, comburants et inflammables.

▪ **Article 4 : Protection des radars et aides à la navigation**

→ Les éoliennes seront implantées de façon à ne pas perturber de manière significative le fonctionnement des radars et des aides à la navigation utilisés dans le cadre des missions de sécurité de la navigation aérienne et de sécurité météorologique des personnes et des biens.

Pour les radars de l'aviation civile et des ports, les aérogénérateurs sont implantés dans le respect des distances minimales d'éloignement réglementaires, sauf si l'exploitant dispose de l'accord écrit du ministère en charge de l'aviation civile (DGAC) ou de l'autorité portuaire en charge de l'exploitation du radar.

		Distance minimale d'éloignement (en kilomètre)
Radar de l'aviation civile	VOR (Visual Omni Range)	15
	Radar secondaire	16
	Radar primaire	30
Radar des ports (navigation maritime et fluviale)	Radar de centre régional de surveillance et de sauvetage	10
	Radar portuaire	20

Pour les installations militaires, le principe reste celui selon lequel l'implantation et l'installation d'aérogénérateurs demeurent soumises à l'accord écrit de l'autorité militaire.

Pour les radars météorologiques, l'implantation est interdite dans la zone de protection sauf avis favorable de Météo-France. Dans la zone minimale d'éloignement, l'implantation est possible uniquement sur la réalisation d'une étude d'impact cumulé démontrant l'absence de gêne significative.

		Distance de protection (en kilomètre)	Distance minimale d'éloignement (en kilomètre)
Radar météorologique	Bande de fréquence X	4	10
	Bande de fréquence C	5	20
	Bande de fréquence S	10	30

D'après le Schéma Eolien Régional breton, la commune du projet ne se trouve pas concernée par une contrainte radar.

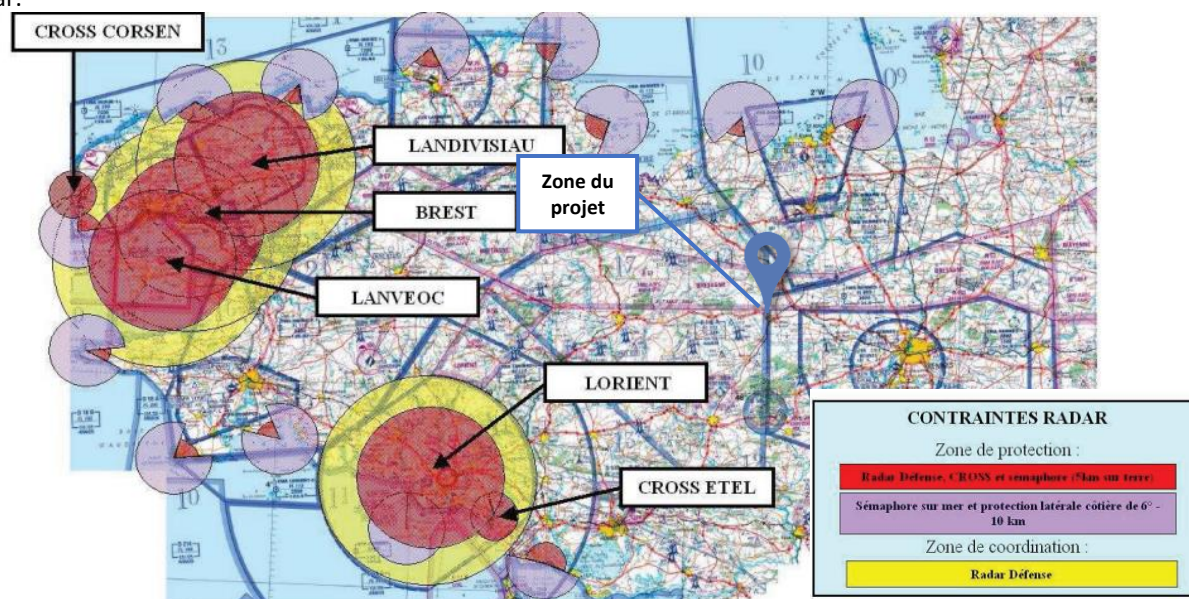


Figure 21 : Contraintes radioélectriques des radars fixes militaires en Bretagne (Source : SRE)

En complément, une consultation des organismes concernés (DGAC, Armée de l'Air et Météo-France) a été menée. Les réponses sont disponibles en pièce jointe (Cf. Pièce n°8). Celle-ci a permis de mettre en avant le fait que la zone n'est soumise à aucune autre contrainte liée aux radars.

▪ **Articles 5&6 : Ombres projetées et champs électromagnétiques**

→ Non concerné par l'étude de dangers car non relatif à la sécurité de l'installation (Cf. étude d'impact)

▪ **Article 7 : Accès extérieurs**

→ Le parc éolien disposera de voies d'accès carrossables entretenues, permettant l'intervention des services d'incendie et de secours.

▪ **Article 8 : Normes**

→ Les éoliennes prévues sont conformes à la norme NF EN 61 400-1 (version de juin 2006) ou CEI 61 400-1 (version de 2005) ou toute norme équivalente en vigueur dans l'Union européenne. L'installation sera aussi conforme aux dispositions de l'article R. 111-38 du code de la construction et de l'habitation.

▪ **Article 9 : Foudre**

→ Cf. Fonction de sécurité N°6 « Prévenir les effets de la foudre »

▪ **Article 10 : Installations électriques**

→ Les installations électriques internes seront conformes aux dispositions de la directive du 17 mai 2006 susvisée qui leur sont applicables. Les installations électriques extérieures seront conformes aux normes NFC 15-100 (version compilée de 2008), NFC 13-100 (version 2001) et NFC 13-200 (version de 2009). Ces installations sont entretenues et maintenues en bon état, et sont contrôlées avant la mise en service industrielle puis à une fréquence annuelle, après leur installation ou leur modification par une personne compétente.

▪ **Article 11 : Balisage**

→ Le balisage de l'installation est conforme aux dispositions prises en application des articles L. 6351-6 et L. 6352-1 du code des transports et des articles R. 243-1 et R. 244-1 du code de l'aviation civile. Il respecte ainsi les dispositions exposées au sein de l'arrêté du 23 avril 2018 relatif à la réalisation du balisage des obstacles à la navigation aérienne. D'autre part, les défauts de balisage sont remontés par le SCADA (warning 190:1 & défaut 190:2) sous forme de « Warning SCADA ». Le statut 190:2 est envoyé par SMS aux clients ayant souscrit à l'option SMS Messaging, et / ou par courrier électronique avec l'option Email Messaging.

▪ **Article 12 : Suivi Avifaune/Chiroptères**

→ Non concerné par l'étude de dangers car non relatif à la sécurité de l'installation (Cf. étude d'impact)

▪ **Article 13 : Accès interne aux installations**

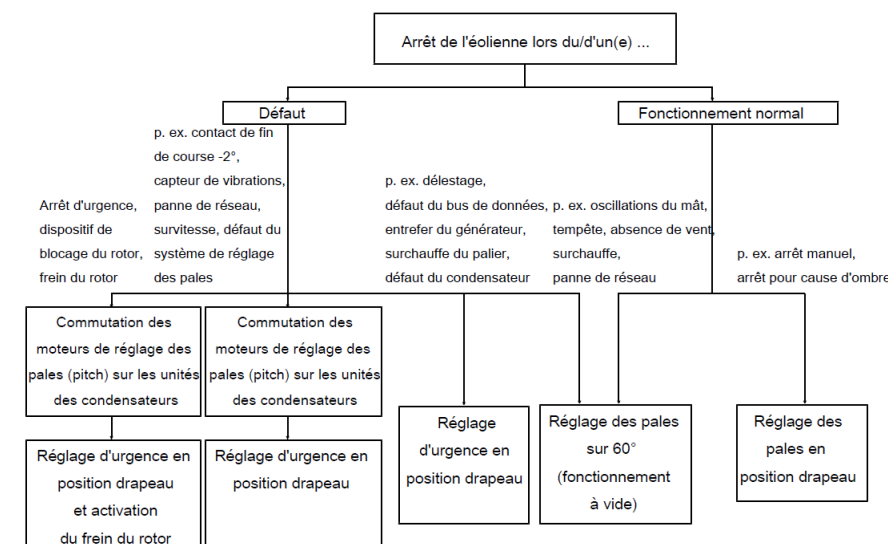
→ Les accès à l'intérieur de chaque aérogénérateur, du poste de transformation, de raccordement ou de livraison sont bien fermés à clef. De plus, il est précisé dans les protocoles de maintenance de refermer les installations au moment de partir. Il est possible d'installer en option une détection d'ouverture de porte soit par contacteur, soit par capteur de présence. L'information est relayée via le système SCADA.

▪ **Article 14 : Affichage sécurité**

→ Des pictogrammes concernant l'interdiction de pénétrer dans les aérogénérateurs et concernant le risque électrique sont installés sur la porte d'entrée des aérogénérateurs et du poste de livraison. Le propriétaire du parc veillera aussi à procéder à un affichage visible des prescriptions à observer par les tiers aux abords du parc. Ce dernier comprendra notamment les consignes de sécurité à suivre en cas de situation anormale et la mise en garde face au risque de chute de glace (Cf. Fonction de sécurité N°2 « Prévenir l'atteinte des personnes par la chute de glace »).

▪ **Article 15 : Procédure d'arrêt et survitesse**

→ Les éoliennes E138 disposent d'un système de détection de fumée et de survitesse, d'un capteur de vibration et d'oscillation, détection de glace/givre. En cas d'activation de l'un de ces capteurs, la machine se met à l'arrêt automatiquement. Les éoliennes ENERCON disposent aussi de différents systèmes d'arrêt se déclenchant automatiquement ou manuellement en cas de panne ou de conditions défavorables. Ces derniers sont résumés ci-dessous :



En cas d'urgence (ex : coupure réseau), chaque pale du rotor est mise en sécurité en position de drapeau par son propre système de réglage de pale d'urgence alimenté par batterie. L'état de charge et la disponibilité des batteries sont garantis par un chargeur automatique. L'orientation des pales est synchronisée par un dispositif électromécanique, par l'intermédiaire des unités d'urgence de réglage de pale. L'alimentation parallèle garantie en cas d'urgence (réseau ou batteries), associée aux trois entraînements de pales entièrement indépendants, résulte en un concept de sûreté intégré qui fait plus que remplir les exigences imposant deux systèmes indépendants de freinage (« à sûreté intégrée »). Par ailleurs, avant la mise en service industrielle d'un aérogénérateur, l'exploitant réalisera des essais permettant de s'assurer du fonctionnement correct de l'ensemble des équipements. Ces essais comprennent : un arrêt ; un arrêt d'urgence ; un arrêt depuis un régime de survitesse. Après la mise en service, l'exploitant réalisera annuellement 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 notamment un régime de survitesse. Pour ce dernier cas de figure, l'« overspeed test » est réalisé s'il y a assez de vent. Si le vent n'est pas suffisant, alors une vérification de la liberté de mouvement du capteur est réalisée, suivie d'une inscription dans le WEC journal de la non-réalisation de ce test afin qu'il soit fait plus tard lorsque les conditions de vent le permettent. Si le test s'avère non-conforme, un réglage du capteur overspeed est effectué.

▪ **Article 16 : Entretien – stockage de matériaux combustibles/inflammables**

→ Durant leur formation, les techniciens reçoivent la consigne de maintenir propres les aérogénérateurs, et de ne pas y entreposer de matériaux, combustibles et inflammables ou non. Leur support de formation basique électrique/mécanique le stipule explicitement. Des rappels réguliers sont effectués lors des rappels sécurité qu'ils suivent tous les 6 mois.

▪ **Article 17 : Formation du personnel**

→ Cf. Fonction de sécurité N°10 « Prévenir les erreurs de maintenance »

▪ **Article 18 : Contrôle de l'aérogénérateur**

→ Cf. Fonction de sécurité N°9 « Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) ». Contrôle annuel des systèmes instrumentés de sécurité lors de la maintenance électrique : rotor lock sensors, Torque monitoring system, capteur d'accélération transversale & longitudinale, détecteur de bruit dans la nacelle, positions limites des pales, air gap (génératrice), détecteur de bruit dans le spinner, détecteurs de fumée...

▪ **Article 19 : Suivi maintenance/entretien**

→ Les manuels machine en Français sont installés dans les aérogénérateurs. La nature et la fréquence des maintenances y sont précisées dans le paragraphe correspondant. Le livre de bord (log book) de la machine est rempli par les techniciens à chaque intervention, préventive ou curative, avec le détail des opérations réalisées. Il est également demandé aux éventuels sous-traitants de le remplir.

▪ **Articles 20&21 : Déchets**

→ Non concerné par l'étude de dangers car non relatif à la sécurité de l'installation (Cf. étude d'impact)

▪ **Article 22 : Consignes de sécurité du personnel**

→ Le personnel en charge de l'exploitation et la maintenance du parc éolien reçoit une formation spécifique relative à la sécurité (Cf. Fonction de sécurité N°10 « Prévenir les erreurs de maintenance »). Concernant les procédures d'alerte, un panneau reprenant les numéros de téléphone d'urgence est affiché au pied de l'aérogénérateur. Le détail des procédures indiquant les mesures à mettre en œuvre afin de maintenir les installations en sécurité est fourni au personnel habilité (CEX : Chargé d'exploitation, Mainteneurs : ENERCON SERVICE France SAS).

Evénements exceptionnels	Actions correctives	Intervenants
Incendie	Protéger et évacuer	CEX ou Mainteneurs
	Séparer le parc du réseau (au PDL, avec la commande à distance ou via la CR)	CEX ou Mainteneurs
	Prévenir	Mainteneurs
	Alerter les secours	CEX
	Etablir un périmètre de protection	CEX ou Mainteneurs
	Se déplacer sur site pour constat	CEX et Mainteneurs
Accident de personne	Protéger	CEX ou Mainteneurs
	Alerter les secours	CEX ou Mainteneurs
	Arrêter l'éolienne et seulement si nécessaire faire séparer le parc du réseau à distance ou via la CR	CEX ou Mainteneurs
	Prévenir le CEX et Enercon	Tous
Survitesse ou vibrations importantes	Protéger et évacuer	CEX et Mainteneurs
	Prévenir le centre de surveillance du mainteneur et demander l'arrêt machine	CEX et Mainteneurs
	Etablir un périmètre de protection	CEX et Mainteneurs
	Prévenir le CEX	Mainteneurs
Défaut de balisage	Informé le CEX	Mainteneurs
	Transmettre le défaut par fax à la DGAC	CEX
	Réparer ou réalimenter	Mainteneurs
Perte de la ligne de raccordement au poste source	Informé la maintenance des informations disponibles	CEX
	Coordonner avec le GRD	CEX
	Appliquer les procédures de ré enclenchement	CEX
Perte alimentation d'un aérogénérateur (réseau HTA ou défaillance du transformateur)	Mettre en relation les entités	CEX Mainteneurs
	Prévoir une sauvegarde de la com par le mainteneur en cas d'intervention longue	
Perte du lien informatique avec le SCADA	Contrôler les liaisons sur le réseau de télécommunication	CEX Mainteneurs France Télécom
	Contrôler l'ADSL	Fournisseur d'accès
Evénement climatique ou événement grave	Couper à distance	CEX Mainteneurs Astreinte si besoin
	Se déplacer sur site pour constat	CEX ou Mainteneurs
	Coordonner avec les pompiers, gendarmerie si besoin	CEX
Chute de pièces ou de glaçons	Evacuer	CEX ou Mainteneurs
	Prévenir le centre de surveillance du mainteneur et demander l'arrêt machine	CEX et Mainteneurs
	Etablir un périmètre de protection	CEX ou Mainteneurs
	Prévenir le CEX	Mainteneurs

Figure 22 : Liste des événements exceptionnels, des actions correctives et intervenants (Source : ENERCON)

▪ **Article 23 : Détection incendie/sur vitesse**

→ Cf. Fonctions de sécurité N°4 « Prévenir la survitesse » et N°7 « Protection et intervention incendie »

▪ **Article 24 : Lutte incendie**

→ Cf. Fonction de sécurité N°7 « Protection et intervention incendie »

▪ **Article 25 : Détection glace**

→ Cf. Fonction de sécurité N°1 « Prévenir la mise en mouvement de l'éolienne lors de la formation de glace »

▪ **Article 26, 27 & 28 : Bruit**

→ Non concerné par l'étude de dangers car non relatif à la sécurité de l'installation (Cf. étude d'impact)

IV.2.2.2. Organisation des secours en cas d'accident

En cas d'accident sur l'installation, la première mesure applicable repose sur la transmission de l'alerte au centre de télésurveillance et au responsable de l'exploitation du parc. Cette dernière peut se faire de manière automatique et quasi instantanée par les différents capteurs et instruments de mesure équipant l'éolienne (Cf. Chapitre Fonction de sécurité). En cas de détection d'un incident pas un tiers, les panneaux d'information permettent au témoin de contacter les intervenants et de localiser avec précision le lieu de l'incident. Si nécessaire, l'alerte est transmise au Service Départemental d'Incendie Secours (SDIS).

Des exercices d'intervention sont réalisés régulièrement par les services de secours sur les structures telles que les éoliennes. Pour un projet défini, la désignation d'une caserne et d'un temps d'intervention moyen reste en revanche un exercice compliqué, le choix étant opéré le moment venu par les opérateurs en fonction de différents paramètres (équipe à proximité, autres interventions en cours...).

Lors d'un incident survenant pendant une opération de maintenance et impliquant le personnel de l'installation, les techniciens disposent de moyens d'intervention immédiate (poste de commande, extincteurs, kit anti-pollution, etc.) et d'alerte en cas de blessure (radio et téléphone portable). Ils disposent également de la formation aux premiers secours.



Figure 23 : Numéro de téléphone permettant l'alerte des secours



Figure 24 : Exercice de sauvetage par les pompiers sur une éolienne (Source : SDIS17, Ouest-France, Le Télégramme)

IV.2.3. OPERATIONS DE MAINTENANCE DE L'INSTALLATION

Les opérations de maintenance de l'installation seront conformes aux prescriptions de l'arrêté ministériel relatif aux installations soumises à autorisation au titre de la rubrique 2980 des installations classées [9] en matière d'exploitation. Elles seront réalisées par un personnel compétent disposant d'une formation portant sur les risques présentés par l'installation, ainsi que sur les moyens mis en œuvre pour les éviter. Celui-ci connaîtra de plus les procédures à suivre en cas d'urgence et procédera à des exercices d'entraînement, le cas échéant, en lien avec les services de secours.

Il s'agira notamment d'effectuer :

- un contrôle visuel des pales et des éléments susceptibles d'être impactés par la foudre.
- un entretien visant à maintenir en bon état et propres les installations électriques ainsi que l'intérieur de l'aérogénérateur. Ces installations seront contrôlées avant la mise en service industrielle puis à une fréquence annuelle, après leur installation ou leur modification par une personne compétente. La périodicité, l'objet et l'étendue des vérifications des installations électriques ainsi que le contenu des rapports relatifs auxdites vérifications sont fixés par l'arrêté du 10 octobre 2000 susvisé.
- 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 suivant une périodicité qui ne peut excéder un an.
- un contrôle des brides de fixations, des brides de mât, de la fixation des pales et un contrôle visuel du mât trois mois, puis un an après la mise en service industrielle. Ce contrôle se fera ensuite suivant une périodicité qui ne peut excéder trois ans.
- un contrôle des systèmes instrumentés de sécurité selon une périodicité qui ne peut excéder un an.

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

Les éoliennes ENERCON feront ainsi l'objet de plusieurs types de maintenance :

▪ **Maintenance préventives**

Les maintenances préventives, garantes du bon fonctionnement des machines à long terme, se décomposent en 4 phases et sont effectuées à tour de rôle chaque trimestre qui suit la mise en service.

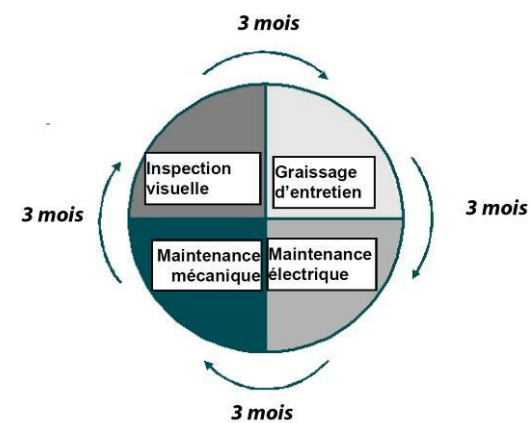


Figure 26 : Cycle de maintenance

× Maintenance visuelle : Contrôle visuel de tous les organes principaux, structurels (mât ; échelles ; ascenseurs etc...), électriques (câbles ; connexions apparentes etc...) et mécaniques.

× Maintenance visuelle / graissage : Vérification et mise à niveau de tous les organes de graissage (cartouches ; pompes à graisse ; graisseurs).

× Maintenance visuelle/électrique : Contrôle de tous les organes de production et de régulation (Génératrice ; armoires de puissance ; collecteur tournant) ainsi que de tout élément électrique (éclairage ; capteurs de sécurité).

× Maintenance visuelle/mécanique : Contrôle des boulons de tour, vérification des couples de serrage selon protocole défini, maintien des câbles et accessoires, moteurs d'orientation, poulies et treuils.

▪ **Maintenance curatives**

Chaque éolienne ENERCON est reliée via une connexion par modem au système central de surveillance à distance.



Figure 25 : Localisation des casernes de pompiers et centres de secours du SDIS en Côtes d'Armor (Source : Géoportail)



Si une machine signale un problème ou un défaut, le centre du service après-vente ainsi que l'antenne locale de service sont immédiatement avertis par l'intermédiaire du système de surveillance à distance : Supervisory Control And Data Acquisition (SCADA).

Le message est automatiquement saisi par le logiciel de planification des interventions ENERCON et apparaît sur l'écran du technicien de service sédentaire.

Moyennant un dispositif de localisation spécialement développé, le système de planification des interventions détecte l'équipe en service qui se trouve le plus près de l'éolienne en question.

A l'aide de *pentops* (ordinateurs portables très robustes qui sont connectés au centre de service après-vente), les équipes sur le terrain peuvent accéder à tous les documents et données spécifiques à l'éolienne. Chaque opération de maintenance est ainsi réalisée le plus efficacement et le plus rapidement possible.

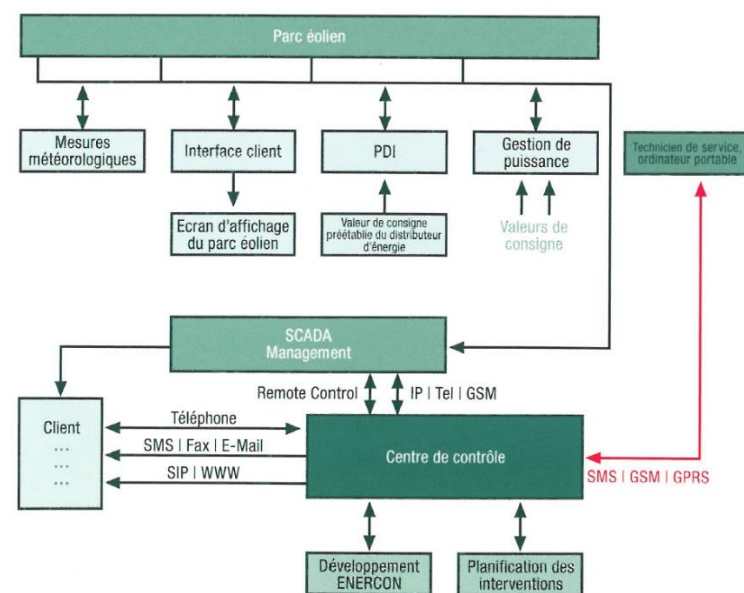


Figure 27 : Schéma du SCADA Management (Source : ENERCON)

#### IV.2.4. STOCKAGE ET FLUX DE PRODUITS DANGEREUX

Conformément à l'article 16 de l'arrêté du 26 août 2011, aucun produit combustible ou inflammable ne sera stocké dans les éoliennes du **Parc éolien de Trémoré**.

Par ailleurs, durant leur formation, les techniciens reçoivent la consigne de maintenir propre les aérogénérateurs et de ne pas y entreposer de matériaux, combustibles et inflammables ou non. Leur support de formation électrique/mécanique le stipule explicitement. Des rappels réguliers sont effectués lors des rappels de sécurité qu'ils suivent tous les 6 mois.

#### IV.2.5. AUTRES RESEAUX

Par ailleurs, le **Parc éolien de Trémoré** 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.

## V. RACCORDEMENT ELECTRIQUE ET CONFORMITE

### V.1. RACCORDEMENT ELECTRIQUE

Le raccordement électrique d'un parc éolien se compose de plusieurs éléments :

- le réseau interne qui relie les éoliennes au poste de livraison ;
- le poste de livraison ;
- le raccordement externe qui relie le poste de livraison au réseau électrique public existant.

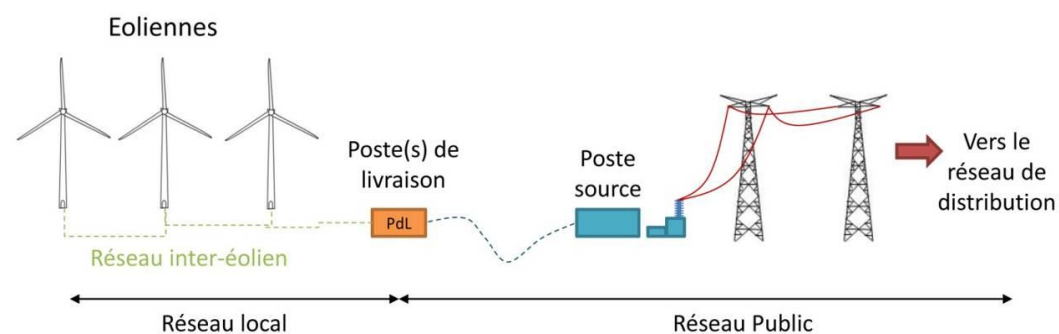
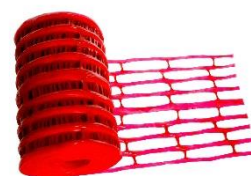


Figure 28 : Raccordement électrique des installations

#### V.1.1. LE RACCORDEMENT INTERNE : DES EOLIENNES AU POSTE DE LIVRAISON

Ce raccordement électrique interne est composé de plusieurs éléments :

- une ligne ou deux lignes de câbles Moyenne Tension (MT) permettant l'évacuation de l'électricité produite par les éoliennes,
- un câble de Fibre Optique (FO) permettant la liaison entre les éoliennes et le centre de pilotage via le système SCADA,
- un filet avertisseur positionné au-dessus des câbles MT pour avertir lors d'éventuels travaux (Cf. image ci-contre).



Concernant le câble de Moyenne Tension (MT), la coupe ci-dessous fournie un aperçu de sa composition :

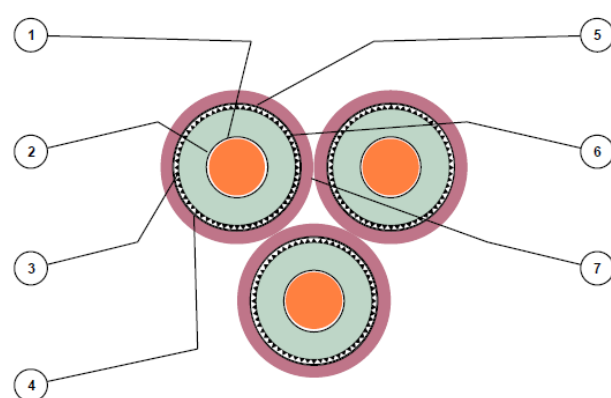


Figure 29 : Exemple de câbles MT pour raccordement électrique interne

- |   |   |
|---|---|
| 1 – Câble conducteur (en cuivre ou aluminium) | 5 – Film étanche                                |
| 2 – Film semi-conducteur XLPE                 | 6 – Film en aluminium                           |
| 3 – Isolant XLPE                              | 7 – Gaine de protection extérieure en plastique |
| 4 – Film semi-conducteur extrudé              |   |

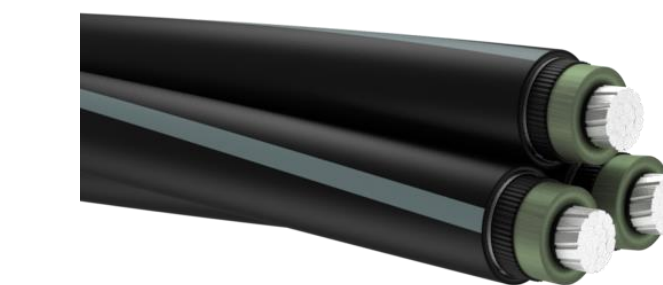
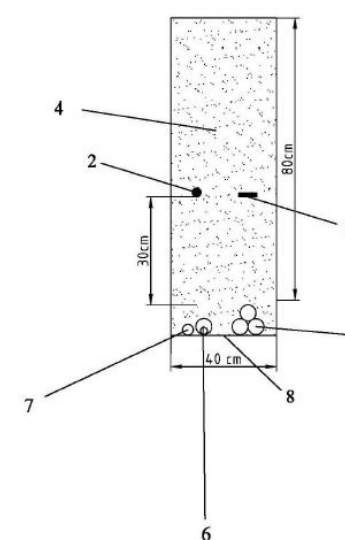


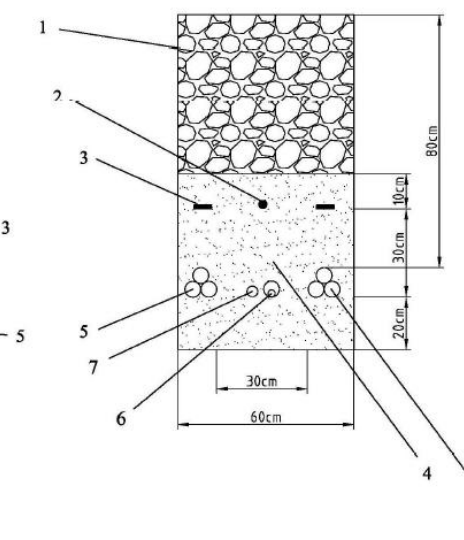
Figure 30 : Exemple de câble de raccordement électrique interne type NF C33-226

Le schéma ci-dessous présente deux coupes-types de tranchées possibles pour le raccordement électrique interne d'un parc éolien :

#### Liaison simple en terre agricole



#### Liaison double sous-voirie



- |   |   |
|---|---|
| 1 – Sol compacté  | 5 – Câbles de moyenne tension (MT)          |
| 2 – Câble conducteur en cuivre pour mise en terre (en option et non utilisé actuellement) | 6 – Câble de fibre optique (FO)             |
| 3 – Filet avertisseur   | 7 – Câble de basse tension (BT)             |
| 4 – Sol exempt de toute pierre (exemple : sable)  | 8 – Fond de tranchée exempt de toute pierre |

Figure 31 : Coupe type de tranchées utilisées pour le raccordement électrique interne du parc éolien

Le raccordement électrique des éoliennes jusqu'au poste de livraison, réalisé par le maître d'ouvrage, représentera une distance totale de câble enterré d'environ 1 855 m. L'itinéraire probable du raccordement est présenté sur le plan de masse disposé précédemment dans ce rapport ainsi que sur le plan présenté ci-après.

Le cheminement du raccordement projeté suit majoritairement la voirie existante. Par ailleurs, sa présence au sein de certaines parcelles cultivées ne présente pas de contrainte particulière compte tenu de sa profondeur (>0.8 m). Par ailleurs, les éventuelles perturbations au bon fonctionnement du système de drainage installé sur certaines parcelles seront corrigées suite au chantier. Le passage de câble fera l'objet des procédures de sécurité en vigueur. Pour le passage sous les voies de circulations, des mesures de sécurité seront prises afin de garantir la sécurité des ouvriers et celle des automobilistes (ex : signalisation, circulation alternée...). Suite aux travaux, la voirie sera restaurée au-dessus de l'emprise de la tranchée réalisée.

Par ailleurs, conformément à l'arrêté du 26 août 2011, il est rappelé que les installations électriques extérieures respecteront les normes :

- NFC 15-100 (version compilée de 2008) - Installations électriques à basse tension,
- NFC 13-200 (version de 2009) - Installations électriques à haute tension.

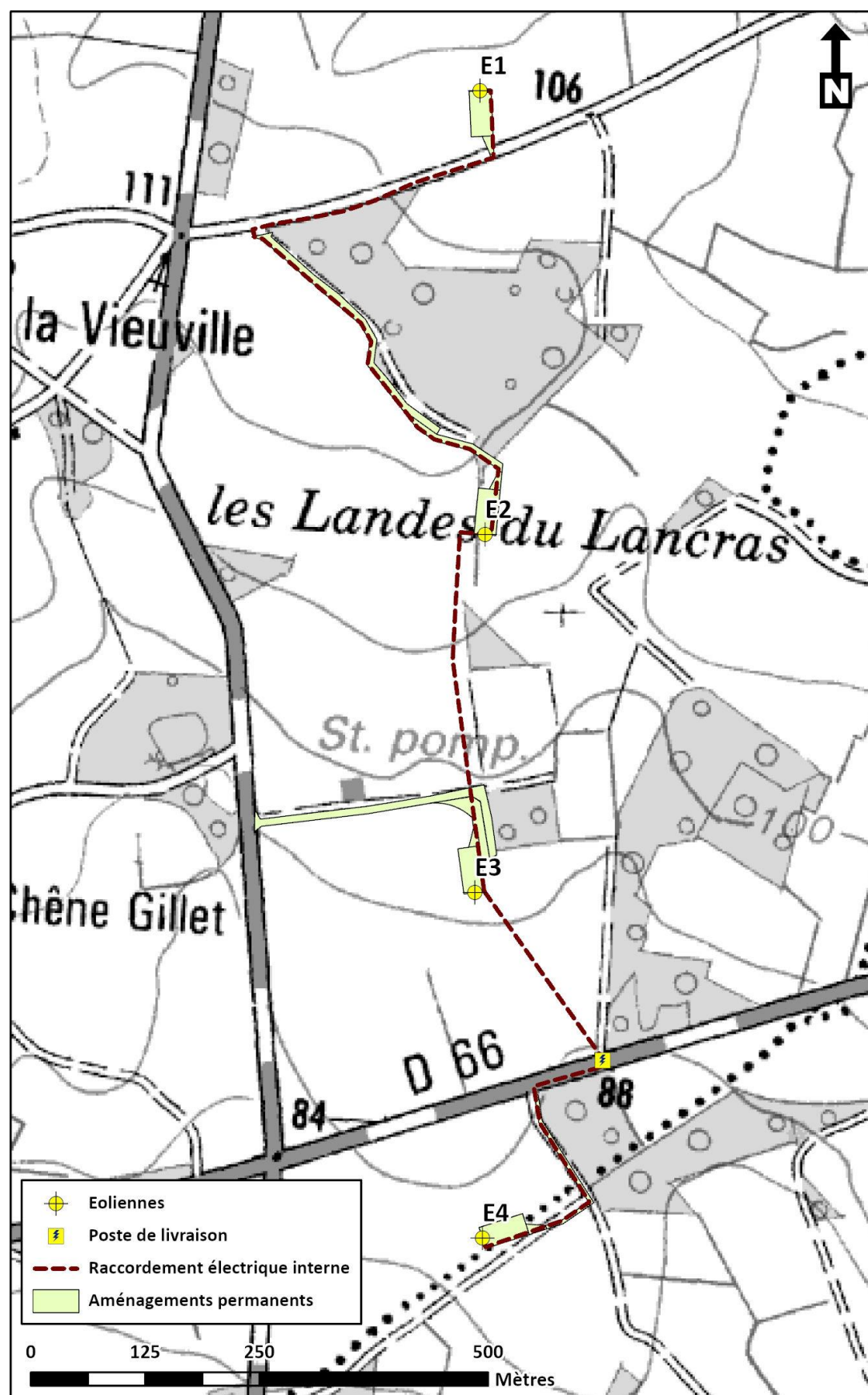


Figure 32 : Plan de raccordement électrique interne

V.1.2. LE POSTE DE LIVRAISON

Le poste de livraison est le récepteur de la production électrique du parc. Il constitue donc le nœud de raccordement de l'ensemble des éoliennes, avant que l'électricité ne soit injectée sur le réseau électrique public. Il est donc l'interface entre le parc éolien et son réseau électrique interne, et le réseau électrique public. Il marque ainsi la limite entre le réseau de l'exploitant du parc éolien et le réseau de l'opérateur national (RTE<sup>6</sup>). Il permet également de comptabiliser la quantité d'énergie apportée au réseau par le parc. Cet équipement est souvent séparé en deux compartiments distincts : le premier est dédié au local HTA et contient les éléments de protections ainsi que ceux permettant de respecter les contraintes de raccordement au réseau électrique public. La tension limitée de cet équipement est de l'ordre de 20 000 Volts, ce qui correspond à la tension des lignes électriques sur pylônes ENEDIS bétonnés standards.

Le second compartiment abrite un bureau ainsi que les éléments de télécommunication du parc éolien : SCADA PC...Ce local est maintenu fermé et des contacteurs de porte permettent de prévenir en cas d'intrusion.

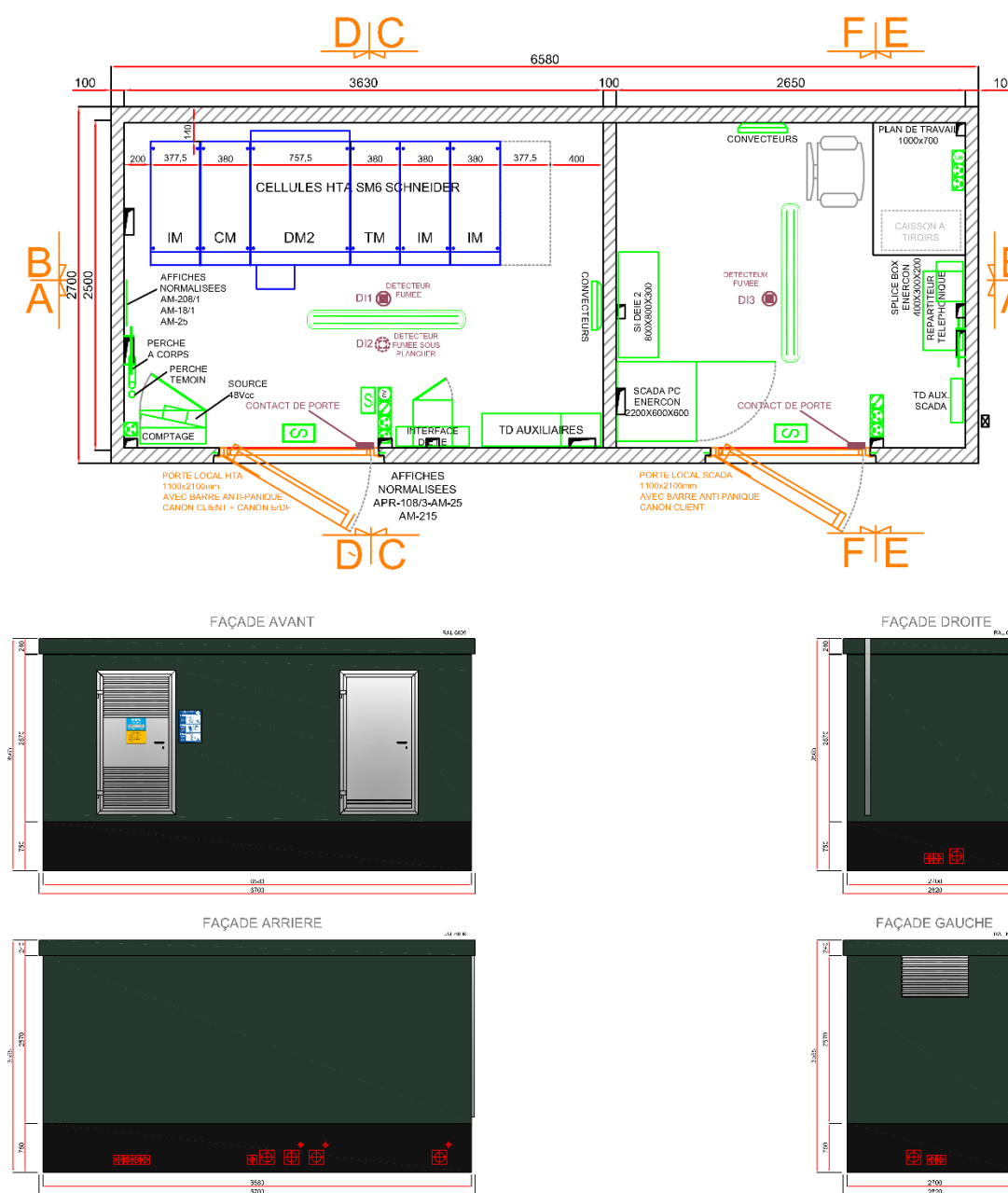


Figure 33 : Coupe-type d'un poste de livraison (Source : ENERCON)

<sup>6</sup> Réseau de Transport d'Electricité

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

Le poste doit être accessible en voiture pour la maintenance et l'entretien. Des critères paysagers peuvent aussi entrer en ligne de compte afin d'intégrer au mieux cet élément dans le paysage.

Pour le **parc éolien de Trémorol**, le poste de livraison sera positionné au coin d'une parcelle agricole et accessible depuis la RD 66. Depuis cette même voie, le poste ne sera que très peu visible car masqué par une zone boisée à l'est et par une haie plantée dans le cadre du projet, à l'ouest (voir figure). On rappelle qu'une plateforme stabilisée permanente de 100 m<sup>2</sup> lui sera dédiée.



Figure 34 : Localisation du poste de livraison

V.1.3. LE RACCORDEMENT EXTERNE : DU POSTE DE LIVRAISON AU POSTE-SOURCE

Le tracé et les caractéristiques de l'offre de raccordement seront définis avec précision lors de l'étude détaillée, qui ne pourra être réalisée par le gestionnaire de réseau qu'après obtention de l'Autorisation Environnementale. Deux types de raccordements peuvent être envisagés :

- **Raccordement via un poste électrique existant du réseau de transport ou de distribution**

La solution de raccordement envisagée par défaut par les gestionnaires de réseaux est celle du raccordement au poste du réseau public d'électricité le plus proche pouvant accueillir la production (communément appelé « poste-source »). En fonction de leur puissance, les parcs éoliens peuvent ainsi être raccordés au réseau public de distribution (géré par ENEDIS ou un distributeur non nationalisé local) ou de transport (géré par RTE). Dans certains cas, il peut être envisagé de scinder un parc éolien de grande taille pour le raccorder grâce à plusieurs postes de livraison à un Réseau Public de Distribution.

- **Raccordement direct au réseau existant**

D'autres parcs, du fait de leur situation et des caractéristiques locales des réseaux publics, peuvent être préférentiellement raccordés sur le réseau existant (au niveau d'une ligne ou d'un câble). Dans ce cas de figure, deux solutions sont envisageables :

- Soit une connexion directe à une ligne Haute Tension du Réseau Public de Transport (RPT) géré par Réseau de Transport de l'Electricité (RTE),
- Soit une connexion via un nouveau poste-source créé en « coupure » sur le réseau existant.

Pour le projet du **Parc éolien de Trémorol**, le raccordement envisagé passe par l'un des deux postes-sources existants dans les environs. Il s'agit des postes-sources installés sur les communes de MERDRIGNAC et GAEL, situés respectivement à 9,4 kilomètres à l'Ouest et 5,1 kilomètres au Sud-Est du parc éolien de Trémorol. Selon les données disponibles sur le site dédié (Caparéseau), ces postes disposent des caractéristiques suivantes :

Tableau 11 : Caractéristiques en 2018 des postes-sources de MERDRIGNAC et GAEL pressenties pour le raccordement du parc éolien de Trémorol (Source : RTE/ENEDIS)

Département	Poste source	Quote-Part S3REnR (k€/MW)	Capacité d'accueil réservée au S3REnR (MW)	Capacité d'accueil réservée au S3REnR, restante sans travaux sur le poste source (MW)	Capacité de transformation HTB/HTA restante disponible pour l'injection sur le réseau public de distribution (MW)
Côtes d'Armor (22)	MERDRIGNAC	10,22	15,0	2,2	1,2
Ille-et-Vilaine (35)	GAEL	10,22	2,0	1,2	30,4

Ainsi selon les caractéristiques exposées ci-dessus, la capacité d'accueil réservée dans le cadre du S3REnR au poste source de Merdrignac est suffisante (15MW) pour recevoir la production du parc éolien de Trémorol. Des travaux sur ce poste seront cependant nécessaires. Concernant le poste source de Gaël, il ne dispose pas d'une capacité réservée dans le cadre du S3REnR suffisante. Un transfert de capacité vers ce poste sera donc nécessaire si le choix de s'y raccorder est privilégié.

Les travaux de raccordement seront réalisés par le gestionnaire de réseau, qui définira précisément l'itinéraire et les modalités de passage des câbles lors de l'établissement de la « convention de raccordement » réalisée après l'obtention de l'autorisation Environnementale et la construction du poste-source. Cette convention présente la solution technique du raccordement qui consiste en l'ensemble des prescriptions techniques auxquelles doit satisfaire l'installation de production pour être raccordée au réseau, avec notamment un tracé technique et administrativement réalisable en conformité avec les dispositions du cahier des charges de la concession. La solution technique de raccordement est élaborée suite aux résultats d'études réalisées par ENEDIS selon les méthodes définies dans la Documentation Technique de Référence. La solution technique de raccordement est détaillée dans les Conditions Particulières de la convention de raccordement. Cette solution, qui fait l'objet d'une notice d'impact, est ensuite soumise à instruction par les services de l'Etat qui en font l'analyse.

Le tracé du raccordement électrique externe du parc éolien jusqu'à celui-ci sera donc défini lors de l'étude définitive qui sera réalisée par ENEDIS une fois l'autorisation obtenue. Si ce dernier ne peut être à ce jour présenté, deux tracés potentiels sont toutefois présentés sur les cartes présentées ci-après.

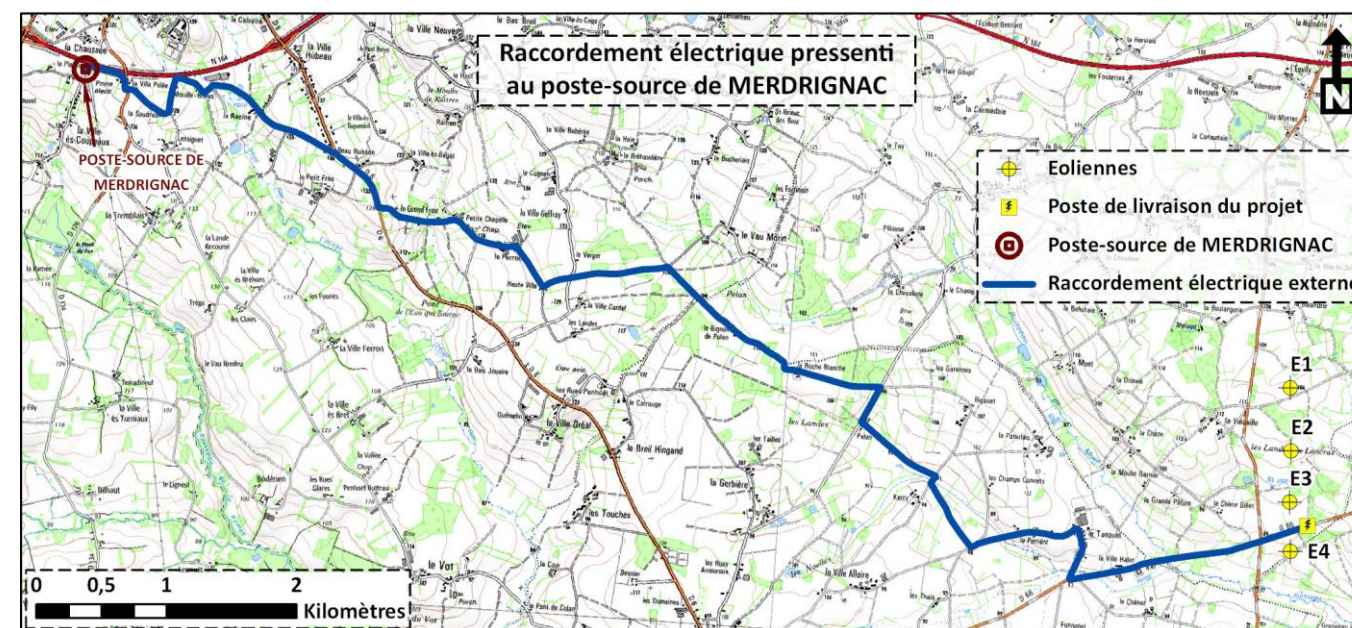
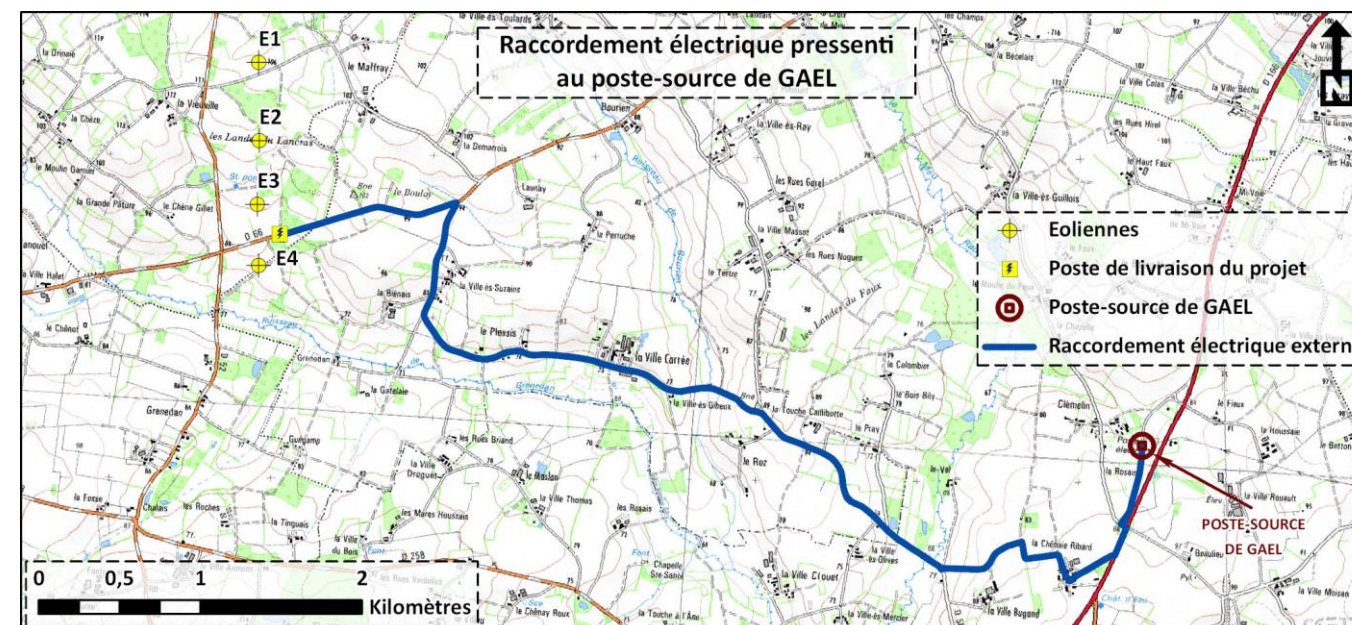


Figure 35 : Carte du raccordement électrique externe pressenti (Source : INERSYS)

Le passage de câble fera l'objet des procédures de sécurité en vigueur. Pour la traversée des départementales et des voies communales, des mesures de sécurité seront prises afin de garantir la sécurité des ouvriers et celle des automobilistes. A noter qu'une circulation alternée sera mise en place pour la traversée des routes.

Le câble sera enterré en tranchée selon les standards du gestionnaire de réseau (ceux-ci pouvant être relativement proches de ceux présentés précédemment pour la liaison électrique interne du parc éolien) qui respecteront les règles fixées dans l'arrêté du 17 mai 2001 fixant les conditions techniques auxquelles doivent satisfaire les distributions d'énergie électrique. S'il existe déjà des réseaux électriques enterrés sous les voies, tant que possible l'utilisation des mêmes emplacements sera privilégiée, tout en veillant à respecter les préconisations d'éloignement fixées dans l'arrêté du 17 mai 2001 modifié. Une fois la pose des câbles terminée, les tranchées seront remblayées et bitumées si nécessaire, de manière à restituer les voies dans leur état initial.

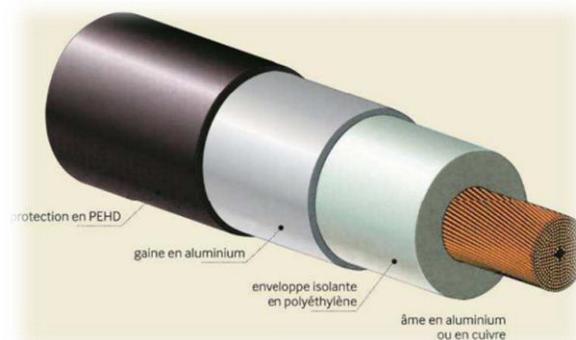
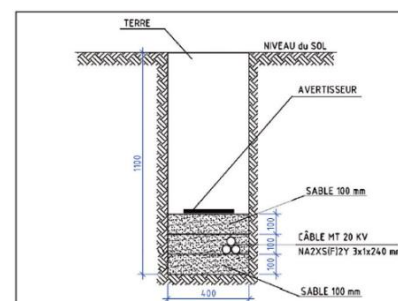


Figure 36 : Exemple de câble de raccordement électrique souterrain (Source : RTE)

Pour ces tranchées de raccordement externe, si les détails techniques ne sont pas encore connus, il est généralement envisagé les caractéristiques énoncées ci-dessous :

- une largeur de 40 cm,
- une profondeur totale de tranchée de 1,10 m,
- une épaisseur de sable à amener de 20 cm.

Figure 37 : Vue en coupe de la tranchée de liaison électrique au poste source



## V.2. SECURITE ET ENGAGEMENT DU PORTEUR DE PROJET

- **Le respect des règles de l'art**

Les installations seront exécutées conformément aux dispositions des articles L.323-12, R.323-23 et D323-24 du Code de l'Énergie et selon les règles de l'art. Elles répondront aux prescriptions du dernier Arrêté Interministériel connu, déterminant les conditions techniques auxquelles doivent satisfaire les lignes d'énergie électrique (Arrêté du 17 mai 2001 modifié par l'arrêté du 26 avril 2002 et celui du 10 mai 2006).

- **Le contrôle technique des travaux**

Le porteur de projet s'engage à diligenter un contrôle technique en application des articles L.323-11 à L.323-13 et R.323-30 à R.323-32 du Code de l'Énergie.

- **L'information du gestionnaire du réseau public**

Conformément à l'article R.323-29 du Code de l'Énergie, le porteur de projet s'engage à transmettre au gestionnaire du réseau public de distribution d'électricité (ENEDIS) les informations permettant à ce dernier d'enregistrer la présence des ouvrages privés dans son SIG des ouvrages. Cette transmission respectera en outre les dispositions de l'arrêté du 11 mars 2016 précisant la liste des informations devant être enregistrées dans le système d'information géographique d'un gestionnaire de réseau public d'électricité.

- **L'information auprès de l'INERIS**

Le porteur de projet atteste s'être fait connaître auprès de l'INERIS qui gère le « guichet unique » en application des dispositions des articles L.554-1 à L.554-4 et R.554-1 et suivants du Code de l'environnement, qui sont relatives à la sécurité des travaux souterrains, aériens ou subaquatiques de transport et de distribution.

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

Ce chapitre de l'étude de dangers a pour objectif de mettre en évidence les éléments de l'installation pouvant constituer un danger potentiel, que ce soit au niveau des éléments constitutifs des éoliennes, des produits contenus dans l'installation, des modes de fonctionnement, etc. L'ensemble des causes externes à l'installation pouvant entraîner un phénomène dangereux, qu'elles soient de nature environnementale, humaine ou matérielle, seront traitées dans l'analyse de risques.

### VI.1. POTENTIELS DE DANGERS LIES AUX PRODUITS

L'activité de production d'électricité par les éoliennes ne consomme pas de matières premières, ni de produits pendant la phase d'exploitation. De même, cette activité ne génère pas de déchets, ni d'émissions atmosphériques, ni d'effluents potentiellement dangereux pour l'environnement. Les produits identifiés dans le cadre du projet de **Parc éolien Trémoré** sont utilisés pour le bon fonctionnement des éoliennes, leur maintenance et leur entretien :

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

Les dangers liés aux produits utilisés dépendent de 3 facteurs :

- la nature du produit lui-même et ses caractéristiques dangereuses, traduites par sa classification au sens de l'arrêté du 20 avril 1994 modifié,
- la quantité de produit stockée ou utilisée,
- les conditions de stockage ou de mise en œuvre.

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

#### VI.1.1. CLASSIFICATION DES SUBSTANCES DANGEREUSES

Les substances stockées ou employées sur site peuvent être associées à un symbole de risque. Le classement utilisé actuellement est celui fixé par le règlement européen, dit CLP, qui met en œuvre les recommandations internationales du SGH (Système Général Harmonisé). Il se substitue à l'ancienne réglementation fixée par l'arrêté du 20 Avril 1994 modifié en janvier 2009. Les abréviations utilisées dans les différentes catégories de dangers sont les suivantes :



#### VI.1.2. PRODUITS MIS EN ŒUVRE SUR LE SITE

Les produits présents en phase d'exploitation sont :

- l'huile hydraulique et l'huile de lubrification ;
- les graisses pour les roulements et systèmes d'entrainements ;
- l'antigel ;
- les lubrifiants, décapants, produits de nettoyage.

Le tableau ci-après, fourni par le constructeur ENERCON, synthétise les principaux produits présents sur site. Les risques associés aux différents produits concernant le site du projet de **Parc éolien de Trémoré** 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.

Tableau 12 : Caractéristiques des produits utilisés pour l'entretien des éoliennes E-138 EP3 (Source : ENERCON)

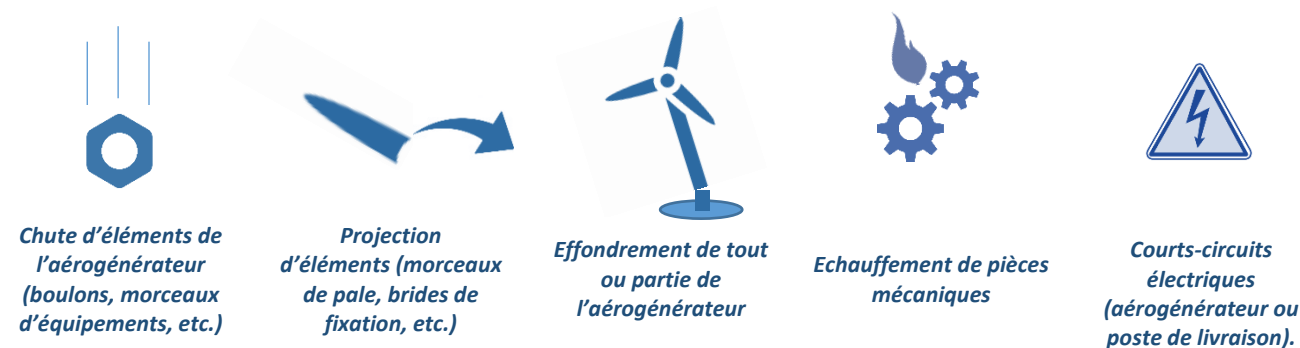
Components containing lubricants		Quantity	Trade name	Lubricant quantity <sup>1</sup>	Annual lubricant requirement <sup>1</sup>	Type of lubrication
Yaw gear		12	RENOLIN UNISYN CLP 220	11.4 l	<sup>2</sup>	Manual
Yaw gear rim lubricator		4	Klüberplex AG 11-461	0.25 l	-	-
Yaw gear rim		1	Klüberplex AG 11-461	-	1 l	Lubricator
Yaw bearing raceway		1	Mobil SHC Grease 460 WT	14.2 l	3.15 l	Manual via lubrication holes
Pitch gear		6	RENOLIN UNISYN CLP 220	4 l	<sup>2</sup>	Manual
Blade flange bearing gear rim lubricator		12	Klüberplex AG 11-461	0.25 l	-	-
Blade flange bearing gear rim		3	Klüberplex AG 11-461	-	1 l	Lubricator
Blade flange bearing raceway		3	Mobil SHC Grease 460 WT	15.8 l	3.2 l	Manual via lubrication holes
Front rotor bearing		1	Mobil SHC Grease 460 WT	115.6 l	9.71 l	Manual via lubrication holes
Rear rotor bearing		1	Mobil SHC Grease 460 WT	86.6 l	7.31 l	Manual via lubrication holes
Winch	LIFTKET	1	TECTROL CLP 220	0.35 l	-	-
	DEMAG		SPIRAX S4 TXM	0.9 l	-	-
Winch chain	LIFTKET	1	RENOLIN UNISYN CLP 220	-	0.2 l	Manual
	DEMAG		DEMAG special lubricating grease for chain	-	0.2 l per 10 m	Manual
Rotor lock + rotor brake hydraulic system		1	RENOLIN ZAF 32 LT	35 l	-	-
E-module liquid cooling system (Power cabinets and UPS cabinet)		1	GLYKOSOL N 45 %	300 l	-	-
Automatic extinguisher system in the nacelle <sup>3</sup>	Extinguishing agent container	1	MOUSSEAL-CF	20 l	-	-
Hoist and safety cable of service hoist		1	HHS 2000	-	1 l	Manual
Service hoist winch	Goracon G-trac	1	GORACON GTO 68	0.6 l	-	-
Transformer		1	MIDEL 7131	1250 l	-	-

<sup>1</sup> per component; <sup>2</sup> as required; <sup>3</sup> optional

La nature de ces produits ainsi que leur volume limité rend le potentiel de danger négligeable, d'autant plus que des mesures sont prévues en cas de pollution et d'incendie (Cf. Fonctions de sécurité N°7 « **Protection et intervention incendie** » et N°8 « **Prévention et rétention des fuites** »).

## VI.2. POTENTIELS DE DANGERS LIES AU FONCTIONNEMENT DE L'INSTALLATION

Les dangers liés au fonctionnement du **projet de Parc éolien de Trémorrel** sont de cinq types :



Ces dangers potentiels sont recensés dans la figure suivante.

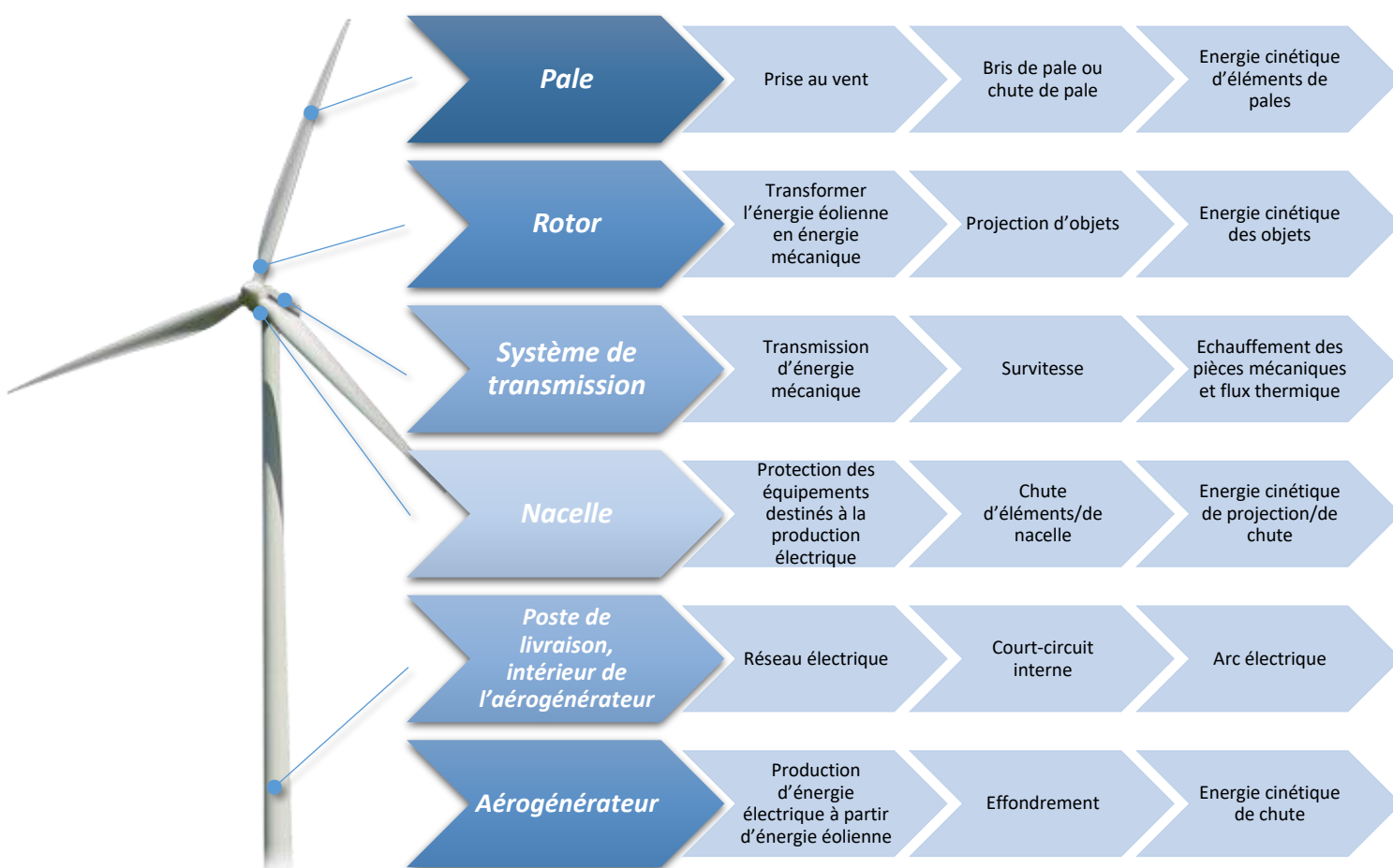


Figure 38 : Dangers potentiels liés au fonctionnement de l'installation

## VI.3. REDUCTION DES POTENTIELS DE DANGERS A LA SOURCE

### VI.3.1. PRINCIPALES ACTIONS PREVENTIVES

#### VI.3.1.1. Réduction des dangers liés aux produits

Comme évoqué précédemment, les produits présents sur chaque éolienne ENERCON sont ceux classiquement utilisés dans ce type d'activité : huiles et lubrifiants, fluide de refroidissement, nettoyants...

Les produits représentant le plus gros volume sont les graisses et huiles qui ne présentent pas de caractère dangereux marqué. Nécessaires au bon fonctionnement des aérogénérateurs, ces produits, dont les quantités mises en œuvre sont adaptées aux volumes des équipements, ne peuvent être ni diminués en volume ni substitués par d'autres produits. A noter la présence de bacs collecteurs dans les éoliennes permettant de récupérer les écoulements, ainsi que de capteurs alertant en cas de fuite. Les produits de nettoyage de type solvant, dont la dangerosité est plus importante, ne sont utilisés que de manière ponctuelle et ne sont pas présents continuellement sur le site. Les volumes utilisés restent limités.

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.

#### VI.3.1.2. Réduction des dangers liés aux installations

Dans le cadre de la réglementation des ICPE, une distance d'éloignement de 500m de toute construction à usage d'habitation, de tout immeuble habité ou de toute zone destinée à l'habitation telle que définie dans les documents d'urbanisme opposables en vigueur au 13 juillet 2010 a été respectée. Cette règle induit de fait une réduction du nombre de personnes potentiellement exposées. Le contexte majoritairement agricole de l'environnement du projet et l'absence d'autres sources de dangers à proximité (route structurante, voie ferrée ...) réduisent les possibilités de mise en œuvre d'autres actions préventives.

Sur le site même du projet et au sein des installations, le danger repose sur la présence de mécanismes en fonctionnement (pièces en rotation) et d'installations électriques. Ces éléments sont essentiels au fonctionnement des éoliennes et ne peuvent être substitués. Il convient toutefois de souligner que des mesures seront mises en œuvre afin de réduire tout risque d'accident (ex : formation du personnel, procédure de maintenance spécifique...).

Pour ce projet, la réduction des potentiels de dangers à la source est donc principalement intervenue par le choix d'aérogénérateurs fiables, disposant de différents systèmes de sécurité performants et conformes à la réglementation en vigueur.

### VI.3.2. UTILISATION DES MEILLEURES TECHNIQUES DISPONIBLES

La directive relative aux émissions industrielles (IED) définit au niveau européen une approche intégrée de la prévention et de la réduction des pollutions émises par les installations industrielles et agricoles entrant dans son champ d'application.

Un de ses principes directeurs est le recours aux meilleures techniques disponibles (MTD) afin de prévenir les pollutions de toutes natures. Elle impose aux États membres de fonder les conditions d'autorisation des installations concernées sur les performances des MTD. La directive IED remplace la directive 2008/1/CE, dite directive IPPC, relative à la prévention et à la réduction intégrées de la pollution.

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

## VII. ANALYSE DES RETOURS D'EXPERIENCE

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 spécialisée, 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'accidents 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 VIII. pour l'analyse détaillée des risques.

### VII.1. INVENTAIRE DES ACCIDENTS ET INCIDENTS EN FRANCE

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

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

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

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

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

Le graphique suivant montre la répartition des événements accidentels et de leurs causes premières sur le parc d'aérogénérateur français entre 2000 et 2011. Cette synthèse exclut les accidents du travail (maintenance, chantier de construction, etc.) et les événements qui n'ont pas conduit à des effets sur les zones autour des aérogénérateurs. 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.

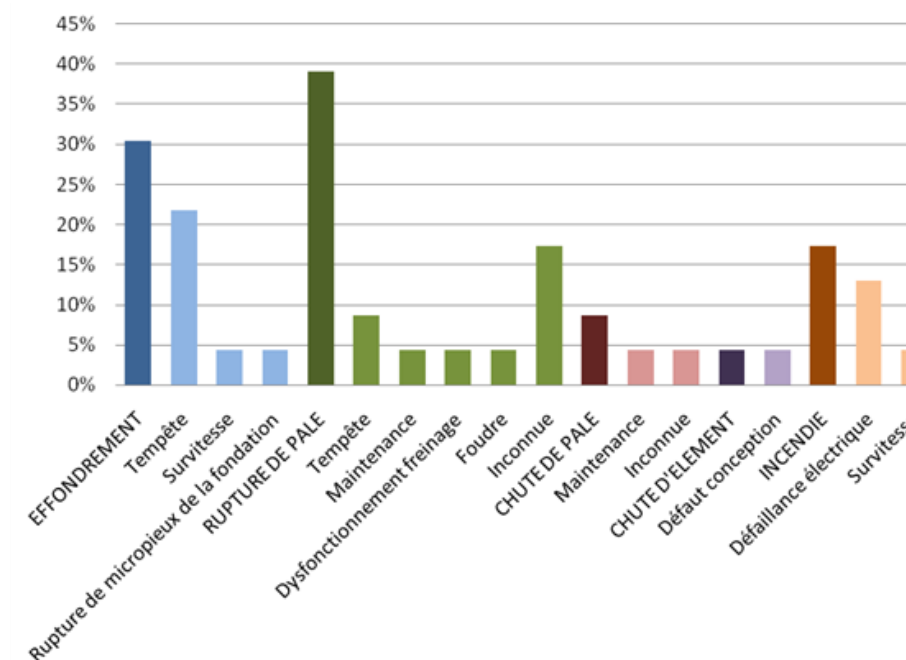


Figure 39 : Répartition des événements accidentels et de leurs causes premières sur le parc d'aérogénérateurs français entre 2000 et 2011

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. La principale cause de ces accidents est la tempête. À noter qu'une nouvelle consultation de la base de données ARIA<sup>7</sup> a été menée afin de compléter les informations présentées précédemment. Celle-ci a permis de recenser de nouveaux événements ne figurant pas jusqu'alors dans l'accidentologie établie par l'INERIS. Ces derniers sont disponibles en annexe (Cf. Annexe). Ces accidents ne semblent pas remettre en cause l'analyse menée par l'INERIS sur la base précédente.

### VII.2. INVENTAIRE DES ACCIDENTS ET INCIDENTS A L'INTERNATIONAL

Un inventaire des incidents et accidents à l'international a également été réalisé. Il se base lui aussi sur le retour d'expérience de la filière éolienne fin 2010. La synthèse ci-dessous provient de l'analyse de la base de données réalisée par l'association Caithness Wind Information Forum (CWIF). Sur les 994 accidents décrits dans la base de données au moment de sa consultation par le groupe de travail précédemment mentionné, seuls 236 sont considérés comme des « accidents majeurs ». Les autres concernent plutôt des accidents du travail, des presque-accidents, des incidents, etc. et ne sont donc pas pris en compte dans l'analyse suivante.

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

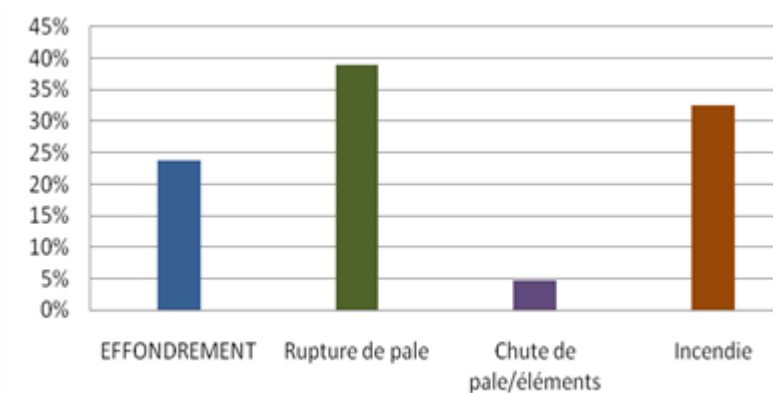


Figure 40 : Répartition des événements accidentels dans le monde entre 2000 et 2011

<sup>7</sup> La base de données ARIA rassemble les informations sur les accidents technologiques survenus en France, notamment au niveau des ICPE.



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).

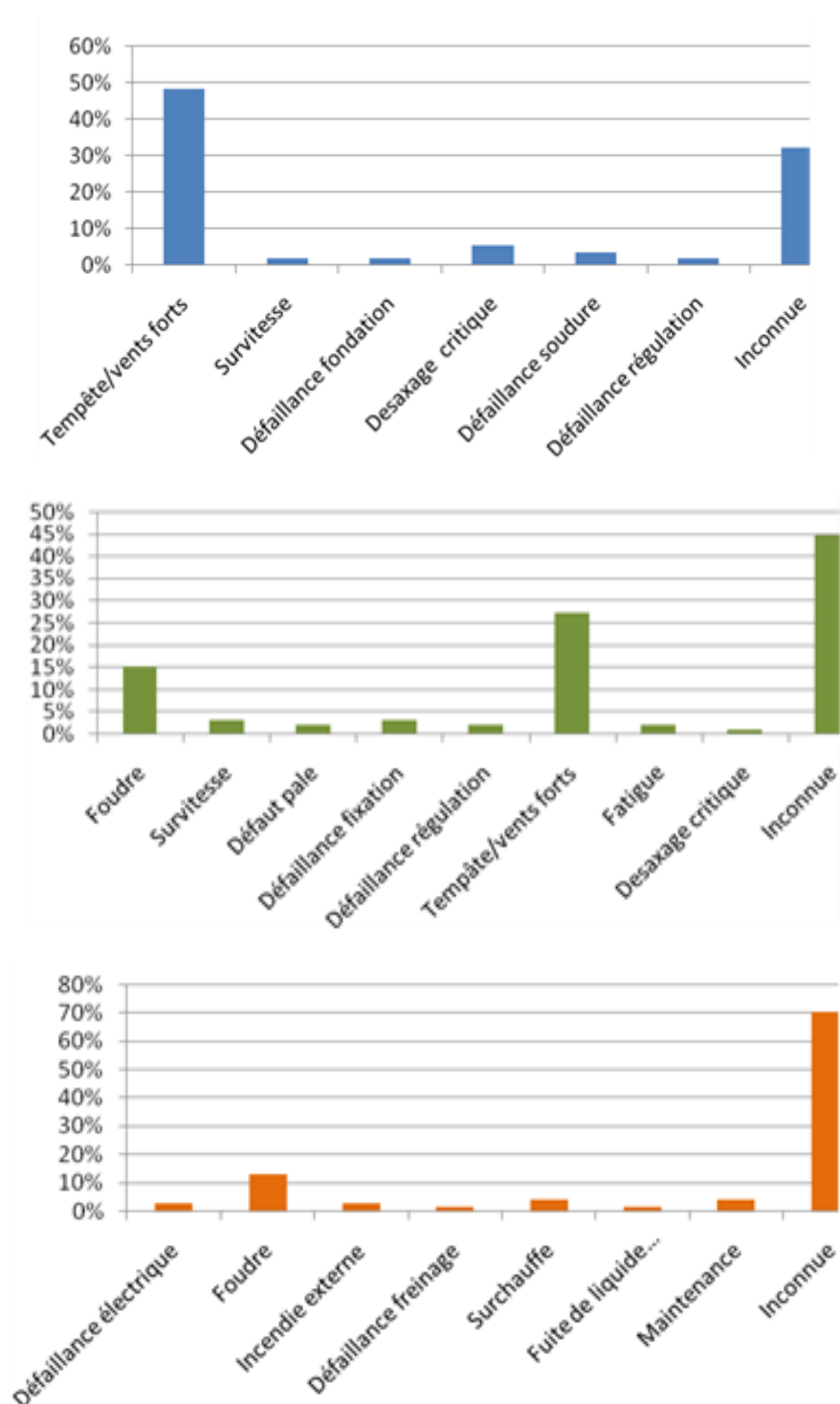


Figure 41 : Répartition des causes premières d'effondrement, de rupture de pale et d'incendie (de haut en bas)

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.

### VII.3. SYNTHÈSE DES PHÉNOMÈNES DANGEREUX REDOUTÉS ISSUS DU RETOUR D'EXPÉRIENCE

#### VII.3.1. ANALYSE DE L'ÉVOLUTION DES ACCIDENTS EN FRANCE

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

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

Cette tendance s'explique principalement par un parc éolien français assez récent, qui utilise majoritairement des éoliennes de nouvelle génération, équipées de technologies plus fiables et plus sûres. On note bien l'essor de la filière française à partir de 2005, alors que le nombre d'accidents reste relativement constant :

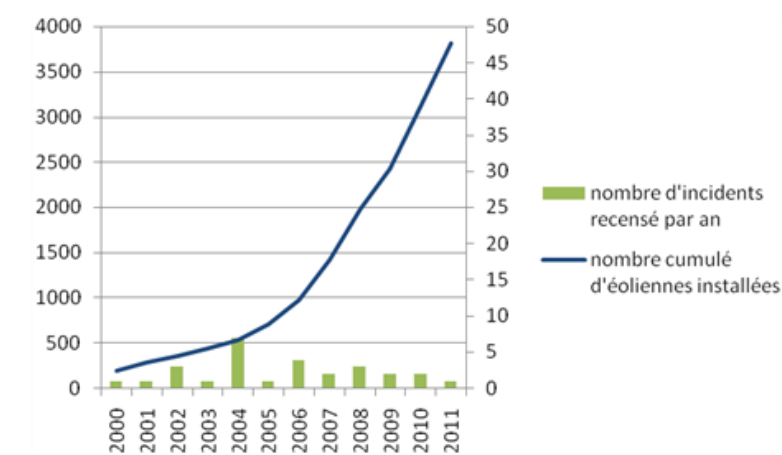


Figure 42 : Evolution du nombre d'incidents annuels en France et nombre d'éoliennes installées

#### VII.3.2. ANALYSE DES TYPOLOGIES D'ACCIDENTS LES PLUS FREQUENTS

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,
- Incendies.

### VII.4. LIMITES D'UTILISATION DE L'ACCIDENTOLOGIE

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

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

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

## VIII. ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES

### VIII.1. OBJECTIF DE L'ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES

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

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

### VIII.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 météorite ;
- séisme d'amplitude supérieure aux séismes maximums de référence éventuellement corrigés de facteurs, tels que définis par la réglementation applicable aux installations classées considérées ;
- crues d'amplitude supérieure à la crue de référence, selon les règles en vigueur ;
- événements climatiques d'intensité supérieure aux événements historiquement connus ou prévisibles pouvant affecter l'installation, selon les règles en vigueur ;
- chute d'avion hors des zones de proximité d'aéroport ou aérodrome (rayon de 2 km des aéroports et aérodromes) ;
- rupture de barrage de classe A ou B au sens de l'article R.214-112 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.

### VIII.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.

#### VIII.3.1. AGRESSION EXTERNES LIEES AUX ACTIVITES HUMAINES

Seules les agressions externes liées aux activités humaines présentes dans un rayon de 200 m (distance à partir de laquelle l'activité considérée ne constitue plus un agresseur potentiel) seront recensées ici, à l'exception de la présence des aérodromes, qui sera reportée lorsque ceux-ci sont implantés dans un rayon de 2 km, et des autres aérogénérateurs qui seront reportés dans un rayon de 500 mètres. Le tableau ci-dessous synthétise les principales agressions externes liées aux activités humaines :

Tableau 13 : Principales agressions externes liées aux activités humaines

Infrastructure	Fonction	Événement redouté	Danger potentiel	Périmètre	Distance par rapport au mât des éoliennes (en mètre)			
					E1	E2	E3	E4
Autres aérogénérateurs	Production d'électricité	Accident générant des projections d'éléments	Energie cinétique des éléments projetés	500 m	Pas d'aérogénérateur dans le périmètre de 500m			
Ligne HT : Ligne HTA	Transport d'électricité	Rupture de câble	Arc électrique, surtensions	200 m	> 200m	155 m	130 m	> 200m
Voies de circulation	Transport	Accident entraînant la sortie de voie d'un ou plusieurs véhicules	Energie cinétique des véhicules et flux thermiques	200 m	> 200m	> 200m	> 200m	135m
Aéroport	Transport aérien	Chute d'aéronef	Energie cinétique de l'aéronef, flux thermique	2 000 m	Pas d'aérodrome dans le périmètre de 2000m			

/ : Absence d'enjeu dans le périmètre indiqué

Remarque : les voies communales et chemins ruraux n'ont pas été intégrés compte tenu de leur faible fréquentation

On notera la faible présence d'infrastructures à risque :

- les éoliennes E2 et E3 sont positionnées à moins de 200m de la ligne HTA traversant le site. Située à plus d'une centaine de mètres des deux éoliennes, cette ligne électrique ne représente pas un risque majeur. Il convient par ailleurs de souligner que le gestionnaire de réseau électrique dispose de dispositif de sécurisation en cas de rupture de ligne.
- l'éolienne E4 se trouve concernée par une route départementale située à moins de 200m. Pour que cette infrastructure puisse engendrer une agression externe, il faudrait qu'un accident se produise à hauteur de l'aménagement et que l'énergie cinétique et les flux thermiques engendrés atteignent l'éolienne. Compte tenu de la faible fréquentation de l'axe routier et de son éloignement à l'aérogénérateur, cette hypothèse apparaît très peu probable.

## VIII.3.2. AGRESSIONS EXTERNES LIEES AUX PHENOMENES NATURELS

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

**Tableau 14 : Description des agressions externes potentielles de l'installation éolienne**

Agression externe	Intensité
 Vents et tempête	Intensité maximale des vents observée dans le secteur : <180 km/h Zone non-affectée par des cyclones tropicaux.
 Foudre <sup>8</sup>	Densité foudroiement Ng = 0.28 arc/km <sup>2</sup> /an (Moyenne France = 1.53) Les éoliennes respecteront la norme IEC 61 400-24 (Juin 2010) ou EN 62 305-3 (Décembre 2006)
 Glissement de sols/ affaissement miniers <sup>9</sup>	Aléa retrait-gonflement d'argile : FAIBLE à NUL Absence de mouvements de terrain recensés par le BRGM sur la zone du projet.

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.

Concernant les vents et tempête, les éoliennes E-138 installées correspondent à la catégorie WTC IIIA de la norme internationale IEC-61400-1 (International Electrotechnical Commission). Elles sont donc adaptées à des régimes de vents faibles (environ 27 km/h), mais avec des vents extrêmes pouvant aller jusqu'à 190 km/h. Par ailleurs les éoliennes sont équipées de dispositifs permettant de garantir leur mise en sécurité en cas de vents forts (Cf. partie suivante sur les fonctions de sécurité).

De plus, le cas spécifique des effets directs de la foudre et du risque de « tension de pas » n'est pas traité dans l'analyse des risques et dans l'étude détaillée des risques dès lors qu'il est vérifié que la norme IEC 61 400-24 (Juin 2010) ou la norme EN 62 305-3 (Décembre 2006) est respectée. Ces conditions sont reprises dans la fonction de sécurité n°6 ci-après. En ce qui concerne la foudre, on considère que le respect des normes rend le risque d'effet direct de la foudre négligeable (risque électrique, risque d'incendie, etc.). En effet, le système de mise à la terre permet d'évacuer l'intégralité du courant de foudre. Cependant, les conséquences indirectes de la foudre, comme la possible fragilisation progressive de la pale, sont prises en compte dans les scénarios de rupture de pale.

Pour terminer, il convient aussi de rappeler que la construction des éoliennes sera précédée par la réalisation d'une étude géotechnique visant à définir le type de fondations adaptées à la nature du terrain. Celles-ci doivent répondre à la norme établie.

**VIII.4. SCENARIOS ETUDIES DANS L'ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES**

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

- une description des causes et de leur séquençage (*événements initiateurs* et *événements intermédiaires*) ;
- une description des *événements redoutés centraux* qui marquent la partie incontrôlée de la séquence d'accident ;
- une description des *fonctions de sécurité* permettant de prévenir l'événement redouté central ou de limiter les effets du phénomène dangereux ;
- une description des *phénomènes dangereux* dont les effets sur les personnes sont à l'origine d'un accident
- une évaluation préliminaire de la zone d'effets attendue de ces événements. L'échelle utilisée pour l'évaluation de l'intensité des événements a été adaptée au cas des éoliennes :
  - « 1 » correspond à un phénomène limité ou se cantonnant au surplomb de l'éolienne ;
  - « 2 » correspond à une intensité plus importante et impactant potentiellement des personnes autour de l'éolienne.

<sup>8</sup> Données issues du site METEORAGE : <http://www.meteorage.fr/>

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

**Tableau 15 : Analyse générique des risques**

N°	Événement initiateur	Événement intermédiaire	Événement redouté central	Fonction de sécurité (intitulé générique)	Phénomène dangereux	Qualification de la zone d'effet
G01	Conditions climatiques favorables à la formation de glace	Dépôt de glace sur les pales, le mât et la nacelle	Chute de glace lorsque les éoliennes sont arrêtées	Prévenir l'atteinte des personnes par la chute de glace (N°2)	Impact de glace sur les enjeux	1
G02	Conditions climatiques favorables à la formation de glace	Dépôt de glace sur les pales	Projection de glace lorsque les éoliennes sont en mouvement	Prévenir la mise en mouvement de l'éolienne lors de la formation de 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	Rongeur	Surtension	Court-circuit	Prévenir les courts-circuits (N°5) Protection et intervention incendie (N°7)	Incendie poste de livraison (flux thermiques + fumées toxiques SF6) Propagation de l'incendie	2

<sup>9</sup> Données issues des sites web développés par le BRGM : <http://www.argiles.fr/> et <http://www.mouvementsdeterrain.fr/>

N°	Evénement initiateur	Evénement intermédiaire	Evénement redouté central	Fonction de sécurité (intitulé générique)	Phénomène dangereux	Qualification de la zone d'effet
I07	Défaut d'étanchéité	Perte de confinement	Fuites d'huile isolante	Prévention et rétention des fuites (N°8)	Incendie au poste de transformation Propagation de l'incendie	2
F01	Fuite système de lubrification Fuite convertisseur Fuite transformateur	Ecoulement hors de la nacelle et le long du mât, puis sur le sol avec infiltration	Infiltration d'huile dans le sol	Prévention et rétention des fuites (N°8)	Pollution environnement	1
F02	Renversement de fluides lors des opérations de maintenance	Ecoulement	Infiltration d'huile dans le sol	Prévention et rétention des fuites (N°8)	Pollution environnement	1
C01	Défaut de fixation	Chute de trappe	Chute d'élément de l'éolienne	Prévenir les erreurs de maintenance (N°10)	Impact sur cible	1
C02	Défaillance fixation anémomètre	Chute anémomètre	Chute d'élément de l'éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9)	Impact sur cible	1
C3	Défaut fixation nacelle – pivot central – mât	Chute nacelle	Chute d'élément de l'éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9)	Impact sur cible	1
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)	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)  Prévenir les erreurs de maintenance (N°10)	Impact sur cible	2

N°	Evénement initiateur	Evénement intermédiaire	Evénement redouté central	Fonction de sécurité (intitulé générique)	Phénomène dangereux	Qualification de la zone d'effet
E01	Effets dominos autres installations	Agression externe et fragilisation structure	Effondrement éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9)	Projection/chute fragments et chute mât	2
E02	Glissement de sol	Agression externe et fragilisation structure	Effondrement éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9)	Projection/chute fragments et chute mât	2
E05	Crash d'aéronef	Agression externe et fragilisation structure	Effondrement éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9)	Projection/chute fragments et chute mât	2
E07	Effondrement engin de levage travaux	Agression externe et fragilisation structure	Effondrement éolienne	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°11)	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)	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

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. Des précisions sur les différents scénarios décrits dans ce tableau sont disponibles en annexe.

## VIII.5. EFFETS DOMINOS

Lors d'un accident majeur sur une éolienne, une possibilité est que les effets de cet accident endommagent d'autres installations. Ces dommages peuvent conduire à un autre accident. Par exemple, la projection de pale impactant les canalisations d'une usine à proximité peut conduire à des fuites de combustibles (gaz...) et à une explosion. Celle-ci peut alors avoir des conséquences humaines et/ou matérielles. Ce phénomène est appelé « effet domino ».

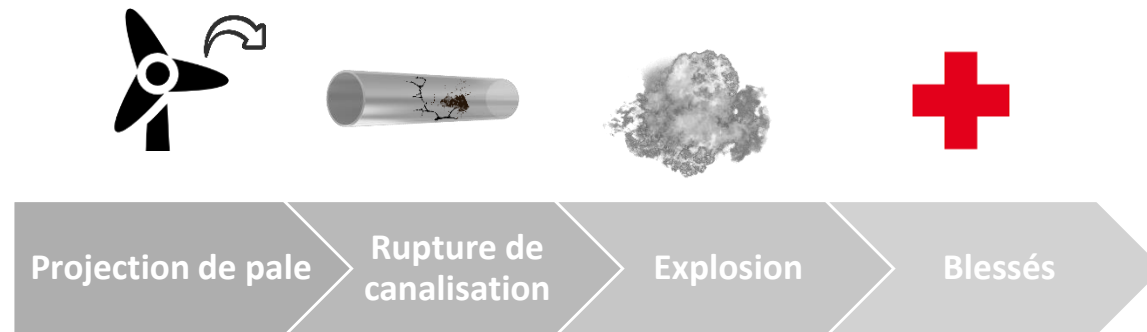


Figure 43 : Exemple d'effet domino

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

Dans le cadre des études de dangers des éoliennes, il est proposé de limiter l'évaluation de la probabilité d'impact d'un élément de l'aérogénérateur sur une autre installation ICPE que lorsque celle-ci se situe dans un rayon de 100 mètres.

Aucune de ces installations n'est présente à proximité du site d'étude du **projet de Parc éolien de Trémoriel**.

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

### VIII.6. MISE EN PLACE DES MESURES DE SECURITE

Les tableaux suivants ont pour objectif de synthétiser les fonctions de sécurité identifiées et mises en œuvre sur les éoliennes du projet de Parc éolien de Trémoré. 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** : ce numéro vise à simplifier la lecture de l'étude de dangers en permettant des renvois à l'analyse de risque par exemple.
- **Mesures de sécurité** : cette ligne permet d'identifier les mesures assurant la fonction concernée. Dans le cas de systèmes instrumentés de sécurité, tous les éléments de la chaîne de sécurité sont présentés (détection + traitement de l'information + action).
- **Description** : cette ligne permet de préciser la description de la mesure de maîtrise des risques, lorsque des détails supplémentaires sont nécessaires.
- **Indépendance** (« oui » ou « non ») : cette caractéristique décrit le niveau d'indépendance d'une mesure de maîtrise des risques vis-à-vis des autres systèmes de sécurité et des scénarios d'accident. Cette condition peut être considérée comme remplie (renseigner « oui ») ou non (renseigner « non »).
- **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.
- **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.
- **Test (fréquence)** : dans ce champ sont rappelés les tests/essais qui seront réalisés sur les mesures de maîtrise des risques. Conformément à la réglementation, un essai d'arrêt, d'arrêt d'urgence et d'arrêt à partir d'une situation de survitesse seront réalisés avant la mise en service de l'aérogénérateur. Dans tous les cas, les tests effectués sur les mesures de maîtrise des risques seront tenus à la disposition de l'inspection des installations classées pendant l'exploitation de l'installation.
- **Maintenance (fréquence)** : ce critère porte sur la périodicité des contrôles qui permettront de vérifier la performance de la mesure de maîtrise des risques dans le temps. Pour rappel, la réglementation demande qu'à minima : un contrôle tous les ans soit réalisé sur la performance des mesures de sécurité permettant de mettre à l'arrêt, à l'arrêt d'urgence et à l'arrêt à partir d'une situation de survitesse et sur tous les systèmes instrumentés de sécurité.

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

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

Tableau 16 : Fonctions de sécurité de l'installation

Fonction de sécurité :	PREVENIR LA MISE EN MOUVEMENT DE L'EOLIENNE LORS DE LA FORMATION DE GLACE	N° de la fonction de sécurité	1
<b>Mesures de sécurité</b>	<p>Système de détection du givre et de mise à l'arrêt de la machine</p> <p>Procédure adéquate de redémarrage</p> <p>Des profils aérodynamiques haut de gamme sont utilisés pour les pales de rotor, afin d'obtenir un rendement optimal sur une large plage de fonctionnement. Les caractéristiques aérodynamiques de ces profils réagissent très sensiblement aux modifications des contours et de la rugosité causées par le givre. La modification importante des caractéristiques de fonctionnement qui en résulte pour l'éolienne (rapport vent/vitesse de rotation/puissance/angle de pale) est utilisée par le système de détection de givre/glace. Par ailleurs, lorsque la température dépasse +2 °C sur la nacelle, les rapports de fonctionnement spécifiques à l'éolienne (vent/puissance/angle des pales) sont identifiés comme étant des valeurs moyennes à long terme. Pour des températures inférieures à +2 °C (conditions de givre), les données de fonctionnement actuelles sont comparées aux valeurs moyennes à long terme.</p> <p>Pour cela, une plage de tolérance, déterminée de manière empirique, est définie autour de la courbe de puissance et de la courbe d'angle de pale. Celle-ci se base sur des simulations, des essais et plusieurs années d'expérience sur un grand nombre d'éoliennes de types variés. Si les données de fonctionnement concernant la puissance ou l'angle de pale sont hors de la plage de tolérance, dans le cadre d'une prise glissante de moyennes, l'éolienne est stoppée avec l'état principal 14 « Ice detection » (dépôt de glace).</p>		
<b>Description</b>	<p>Le principe de détection de glace/ givre avec le procédé de la courbe de puissance est utilisé en série dans toutes les éoliennes munies de pales réglables et sa vraisemblance a été certifiée par le TÜV Nord (n° rapport TÜV 8104206760). Une fois l'éolienne arrêtée, il existe différentes possibilités pour effectuer le redémarrage qui sont détaillées ci-dessous :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Redémarrage automatique : Les aérogénérateurs sont programmés pour redémarrer automatiquement dès que l'ensemble des conditions définies pour que ce redémarrage soit possible sont remplies (température extérieure et temporisation selon cette température)</li> <li>- Redémarrage manuel (3 possibilités) : <ul style="list-style-type: none"> <li>1°/ Le client vérifie sur site l'absence de glace et redémarre la machine directement à l'armoire de contrôle.</li> <li>2°/ Le client vérifie sur site l'absence de glace et demande à Enercon Service France de démarrer la machine à distance. Pour cela un formulaire est disponible, le client doit le signer et le transmettre dûment rempli par fax à chaque fois que l'opération est nécessaire.</li> <li>3°/ Le client vérifie sur site l'absence de glace et redémarre la machine à partir de l'ordinateur de gestion du parc éolien. Ceci est possible uniquement si le système Scada "Linux" est intégré sur le parc éolien. Avec un ordinateur Scada fonctionnant sous DOS, cette opération n'est pas réalisable.</li> </ul> </li> </ul>		
<b>Indépendance</b>	Non		
<b>Temps de réponse</b>	Quelques minutes (<60 min.) conformément à l'article 25 de l'arrêté du 26 août 2011		
<b>Efficacité</b>	100 %		
<b>Tests</b>	Tests menés par le concepteur au moment de la construction de l'éolienne Vérification du système au bout de 3 mois de fonctionnement puis maintenance de remplacement en cas de dysfonctionnement de l'équipement.		
<b>Maintenance</b>	La maintenance électrique menée annuellement permet de contrôler le bon fonctionnement des systèmes instrumentés de sécurité conformément à l'article 18 de l'arrêté du 26 août 2011.		

Fonction de sécurité :	PREVENIR L'ATTEINTE DES PERSONNES PAR LA CHUTE DE GLACE	N° de la fonction de sécurité	2
<b>Mesures de sécurité</b>	Panneautage en pied de machine Eloignement des zones habitées et fréquentées		
<b>Description</b>	Mise en place de panneaux informant de la possible formation de glace en pied de machines (conformément à l'article 14 de l'arrêté du 26 août 2011).		
<b>Indépendance</b>	Oui		
<b>Temps de réponse</b>	NA		
<b>Efficacité</b>	100 %. (Nous considérerons que compte tenu de l'implantation des panneaux et de l'entretien prévu, l'information des promeneurs sera systématique)		
<b>Tests</b>	NA		
<b>Maintenance</b>	Vérification de l'état général du panneau, de l'absence de détérioration, entretien de la végétation afin que le panneau reste visible lors des différentes visites d'entretien/maintenance.		

Fonction de sécurité	PREVENIR L'ECHAUFFEMENT SIGNIFICATIF DES PIECES MECANIQUES	N° de la fonction de sécurité	3
<b>Mesures de sécurité</b>	Capteurs de température des pièces mécaniques Définition de seuils critiques de T° pour chaque type de composant avec alarmes Mise à l'arrêt ou bridage jusqu'à refroidissement Certains composants de l'éolienne ENERCON sont refroidis. Des capteurs de température mesurent continuellement la température des composants de l'éolienne qui doivent être protégés des températures élevées.		
<b>Description</b>	Lorsque la température est trop élevée, le système de contrôle réduit la puissance de l'éolienne ou arrête cette dernière, si nécessaire. L'éolienne refroidit et redémarre en général automatiquement dès que la température retombe sous la valeur limite prescrite. Certains points de mesure sont également équipés de capteurs de surchauffe. Ceux-ci provoquent également un arrêt de l'éolienne, dans certains cas, sans redémarrage automatique après refroidissement, lorsque la température dépasse une certaine valeur seuil.		
<b>Indépendance</b>	Oui		
<b>Temps de réponse</b>	NA		
<b>Efficacité</b>	100 %		
<b>Tests</b>	/		
<b>Maintenance</b>	Vérification du système au bout de 3 mois de fonctionnement puis contrôle annuel conformément à l'article 18 de l'arrêté du 26 août 2011. Maintenance de remplacement en cas de dysfonctionnement de l'équipement. La maintenance électrique menée annuellement permet de contrôler le bon fonctionnement des systèmes instrumentés de sécurité.		

Fonction de sécurité	PREVENIR LA SURVITESSE	N° de la fonction de sécurité	4
<b>Mesures de sécurité</b>	Détection de survitesse et système de freinage. Systèmes de bridage et coupure s'enclenchant en cas de dépassement des seuils de vitesse prédéfinis (Cf. fonction de sécurité n°11 « Prévenir les risques de dégradation de l'éolienne en cas de vent fort »)		
<b>Description</b>	Les éoliennes E138 disposent par ailleurs de capteurs détectant l'incendie et la survitesse. ENERCON prévient l'exploitant en cas de détection d'incendie ou de survitesse grâce à un		

	<p>système d'alarme SMS et/ou email en plus de l'accès direct à la supervision par Enercon Scada Remote.</p> <p>Un système de surveillance complet garantit la sécurité de l'éolienne. Toutes les fonctions pertinentes pour la sécurité (ex : vitesse du rotor, températures, charges, vibrations...) sont surveillées par un système électronique et, en plus, là où cela est requis, par l'intervention à un niveau hiérarchique supérieur de capteurs mécaniques. L'éolienne est immédiatement arrêtée si l'un des capteurs détecte une anomalie. Ainsi l'éolienne déclenche son arrêt automatique lorsque l'un des capteurs de sécurité réagit (« smoke » ou « overspeed-detecting »). La nature de l'arrêt et le fait qu'ensuite l'éolienne redémarre ou non, dépendent du défaut survenu. En cas d'activation de l'un de ces deux capteurs seul le déplacement d'un mainteneur en haut de nacelle pour activer un code d'accès spécifique peut faire redémarrer l'éolienne.</p> <p>En cas de coupure électrique : commutation de l'alimentation électrique sur l'alimentation de secours. Réglage rapide de chaque pale en position drapeau (frein aérodynamique) grâce à trois moteurs indépendants alimentés par batterie. Le rotor et l'arbre d'entraînement ne sont pas bloqués totalement et peuvent continuer à tourner à très basse vitesse afin de réduire les charges auxquelles ils sont soumis.</p> <p>NB1 : Une seule pale en position de drapeau suffit à stopper la survitesse d'une éolienne NB2 : l'utilisation du frein mécanique et l'arrêt complet du rotor n'est réalisé qu'en cas d'arrêt manuel d'urgence EMERGENCY STOP.</p>
<b>Indépendance</b>	Oui
<b>Temps de réponse</b>	Temps de détection < 1 minute L'exploitant ou l'opérateur désigné sera en mesure de transmettre l'alerte aux services d'urgence compétents dans un délai de 15 minutes suivant l'entrée en fonctionnement anormal de l'aérogénérateur conformément aux dispositions de l'arrêté du 26 août 2011.
<b>Efficacité</b>	100 %
<b>Tests</b>	Test d'arrêt simple, d'arrêt d'urgence et de la procédure d'arrêt en cas de survitesse avant la mise en service des aérogénérateurs conformément à l'article 15 de l'arrêté du 26 août 2011.
<b>Maintenance</b>	Vérification du système au bout de 3 mois de fonctionnement puis contrôle annuel conformément à l'article 18 de l'arrêté du 26 août 2011 (notamment de l'usure du frein et de pression du circuit de freinage d'urgence.) Maintenance de remplacement en cas de dysfonctionnement de l'équipement.  Le bon fonctionnement des capteurs fait par ailleurs l'objet d'une surveillance lors de la maintenance électrique fait tous les ans. En cas de déclenchement des capteurs, un message de défaut est envoyé par le système de surveillance à distance. Selon le capteur concerné, l'éolienne peut continuer de fonctionner pour un temps déterminé. Pour certains capteurs, il faut par contre stopper l'éolienne immédiatement et remédier au défaut.

Fonction de sécurité	PREVENIR LES COURTS-CIRCUITS	N° de la fonction de sécurité	5
<b>Mesures de sécurité</b>	Coupure de la transmission électrique en cas de fonctionnement anormal d'un composant électrique.		
<b>Description</b>	Les organes et armoires électriques de l'éolienne sont équipés d'organes de coupures et de protection adéquats et correctement dimensionnés. Tout fonctionnement anormal des composants électriques est suivi d'une coupure de la transmission électrique et de la transmission d'un signal d'alerte vers l'exploitant qui prend alors les mesures appropriées.		
<b>Indépendance</b>	Oui		
<b>Temps de réponse</b>	De l'ordre de la seconde		
<b>Efficacité</b>	100 %		

<b>Tests</b>	/
<b>Maintenance</b>	Des vérifications de tous les composants électriques ainsi que des mesures d'isolement et de serrage des câbles sont intégrées dans la plupart des mesures de maintenance préventive mises en œuvre. Les installations électriques sont contrôlées avant la mise en service du parc puis à une fréquence annuelle, conformément à l'article 10 de l'arrêté du 26 août 2011. La maintenance électrique menée annuellement permet de contrôler le bon fonctionnement des systèmes instrumentés de sécurité.

<b>Fonction de sécurité</b>	<b>PREVENIR LES EFFETS DE LA Foudre</b>	<b>N° de la fonction de sécurité</b>	<b>6</b>
-----------------------------	---	--------------------------------------	----------

<b>Mesures de sécurité</b>	Mise à la terre et protection des éléments de l'aérogénérateur. Respect de la norme IEC 61 400 – 24 (juin 2010)
<b>Description</b>	Pointe, bords et base des pales équipés de profilés aluminium absorbant la foudre qui est déviée vers la terre par un éclateur et des câbles. On trouve un autre paratonnerre à l'arrière de la nacelle qui dévie les courants de foudre dans la terre.  Si la foudre tombe ou en cas de hausses de tension inhabituelles (surtensions), l'ensemble des systèmes électriques et électroniques est protégé par des composants fixes intégrés qui absorbent l'énergie. Tous les principaux composants conducteurs de l'éolienne sont reliés aux barres de compensation de potentiel par des câbles de section suffisamment grande. Un système parafoudre à éclateurs, mis à la terre par basse impédance, est en outre installé sur la borne principale de l'éolienne.  Le système électronique de l'éolienne, logé dans des carters métalliques, est découplé par un dispositif électrique. Le système de surveillance à distance est protégé par un module spécial de protection pour interfaces de données.
<b>Indépendance</b>	Oui
<b>Temps de réponse</b>	NA
<b>Efficacité</b>	100 %
<b>Tests</b>	/
<b>Maintenance</b>	Le contrôle du système de protection contre la foudre fait partie de la maintenance normale des machines. Une vérification visuelle générale est effectuée à chaque maintenance (donc tous les 3 mois) conformément à l'article 9 de l'arrêté du 26 août 2011. Elle inclut la vérification des dommages mécaniques dus à la foudre sur une pale si le système pare-foudre n'a pas fonctionné.  Plus spécifiquement lors de la maintenance électrique, les contrôles particuliers sont effectués (vérification de la discharge box, sur chaque pale, vérification de l'anneau de décharge et de la position et de l'état du lightning rod, vérification des pièces installées à l'extérieur de la nacelle (anémomètre ultrasonique ou à coupelles, balisage, visibility meter).

<b>Fonction de sécurité</b>	<b>PROTECTION ET INTERVENTION INCENDIE</b>	<b>N° de la fonction de sécurité</b>	<b>7</b>
-----------------------------	--	--------------------------------------	----------

<b>Mesures de sécurité</b>	Capteurs de températures sur les principaux composants de l'éolienne pouvant permettre, en cas de dépassement des seuils, la mise à l'arrêt de la machine Système de détection incendie relié à une alarme transmise à un poste de contrôle Intervention des services de secours
<b>Description</b>	Détecteurs d'incendie qui lors de leur déclenchement conduisent à la mise en arrêt de la machine et au découplage du réseau électrique. De manière concomitante, un message d'alarme est envoyé au centre de télésurveillance (Cf. fonction de sécurité n°4 « Prévenir la survitesse »).

<b>Indépendance</b>	Au niveau de la lutte contre l'incendie, l'éolienne dispose de deux extincteurs : un à son sommet et un à son pied, positionnés de manière bien visible et facilement accessibles. Les agents d'extinction sont appropriés aux risques à combattre. Oui < 1 minute pour les détecteurs, l'alarme et le lancement du système d'extinction automatique
<b>Temps de réponse</b>	L'exploitant ou l'opérateur désigné sera en mesure de transmettre l'alerte aux services d'urgence compétents dans un délai de 15 minutes suivant l'entrée en fonctionnement anormal de l'aérogénérateur. Le temps d'intervention des services de secours est quant à lui dépendant de la zone géographique.
<b>Efficacité</b>	100 %
<b>Tests</b>	/
<b>Maintenance</b>	Vérification du système au bout de 3 mois de fonctionnement puis contrôle annuel conformément à l'article 18 de l'arrêté du 26 août 2011.  Le matériel incendie (type extincteurs) est contrôlé périodiquement par le fabricant du matériel ou un organisme extérieur. Maintenance curative suite à une défaillance du matériel.  La maintenance électrique menée annuellement permet de contrôler le bon fonctionnement des systèmes instrumentés de sécurité.

<b>Fonction de sécurité</b>	<b>PREVENTION ET RETENTION DES FUITES</b>	<b>N° de la fonction de sécurité</b>	<b>8</b>
-----------------------------	---	--------------------------------------	----------

<b>Mesures de sécurité</b>	Détecteurs de niveau d'huiles – Bac de rétention Procédure d'urgence - Kit antipollution Nombreux détecteurs de niveau d'huile permettant de prévenir les éventuelles fuites d'huile et d'arrêter l'éolienne en cas d'urgence. Transformateur disposant d'une goulotte permettant la rétention de l'ensemble des liquides contenus en cas de fuite. 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.
<b>Description</b>	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	PREVENIR LES DEFAUTS DE STABILITE DE L'EOLIENNE ET LES DEFAUTS D'ASSEMBLAGE (CONSTRUCTION – EXPLOITATION)	N° de la fonction de sécurité	9
<b>Mesures de sécurité</b>	<p>Contrôles réguliers des fondations et des différentes pièces d'assemblages (ex : brides ; joints, etc.)</p> <p>Procédures qualités</p> <p>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.</p>		
<b>Description</b>	<p>Ainsi la nacelle, les fondations et la tour répondent au standard IEC 61 400-1. Les pales respectent le standard IEC 61 400-1 ; 12 ; 23.</p> <p>Les éoliennes sont protégées contre la corrosion due à l'humidité de l'air, selon la norme ISO 9223.</p>		
<b>Indépendance</b>	Oui		
<b>Temps de réponse</b>	NA		
<b>Efficacité</b>	100 %		
<b>Tests</b>	NA		
<b>Maintenance</b>	<p>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 300 à 1000h de fonctionnement, soit 12 à 40 jours après la mise en fonctionnement. Les boulons sont par la suite vérifiés par échantillonnage lors de la maintenance annuelle. Si un boulon défectueux est détecté, alors une vérification mécanique de tous les boulons est entreprise à l'aide d'une clé dynamométrique. Un contrôle visuel de la machine, y compris le mât, est effectué à chaque maintenance, soit tous les 3 mois.</p> <p>Cela répond aux exigences de l'article 18 de l'arrêté du 26 août 2011. (&lt; 3 mois de fonctionnement puis tous les 3 ans).</p>		

Fonction de sécurité	PREVENIR LES ERREURS DE MAINTENANCE	N° de la fonction de sécurité	10
<b>Mesures de sécurité</b>	<p>Procédure maintenance et formation du personnel</p> <p>Un manuel ainsi qu'un livre de bord sont installés dans chaque aérogénérateur. Le premier spécifie la nature et la fréquence des maintenances à réaliser alors que le second recense chaque intervention préventive ou curative avec le détail des opérations réalisées.</p> <p>Les nouveaux techniciens sont formés d'un point de vue théorique à la sécurité dans les aérogénérateurs avant de faire leur première visite dans l'un d'entre eux. Cette formation comprend :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- la sécurité lors du travail en hauteur</li> <li>- l'évacuation sur échelle</li> <li>- description de l'évacuation en cas d'incendie</li> </ul> <p>Ils suivent la formation pour l'habilitation électrique de base avant de rejoindre la base de maintenance à laquelle ils sont affectés. Les renouvellements de formation sécurité ont lieu tous les 6 mois. Ces formations font l'objet d'une note dans le carnet de chaque technicien qui les suit, carnet qu'il doit avoir avec lui en permanence. Chaque technicien reçoit également un titre d'habilitation électrique, renouvelé tous les 3 ans.</p>		
<b>Indépendance</b>	Oui		
<b>Temps de réponse</b>	NA		
<b>Efficacité</b>	100 %		
<b>Tests</b>	/		
<b>Maintenance</b>	NA		

Fonction de sécurité	PREVENIR LES RISQUES DE DEGRADATION DE L'EOLIENNE EN CAS DE VENT FORT	N° de la fonction de sécurité	11
<b>Mesures de sécurité</b>	<p>Classe d'éolienne adaptée au site et au régime de vents.</p> <p>Détection et prévention des vents forts et tempêtes</p> <p>Arrêt automatique et diminution de la prise au vent de l'éolienne (mise en drapeau progressive des pâles) par le système de conduite</p> <p>Les éoliennes ENERCON E138 disposent d'un mode STORM CONTROL qui permet de réduire progressivement (à partir de 22 m/s) la puissance par l'inclinaison des pales (frein aérodynamique). L'éolienne s'arrête également si l'angle maximum admis pour les pales est dépassé. Un anémomètre gelé ne constitue donc pas un risque pour la sécurité. Dans tous les cas, l'éolienne passe en fonctionnement au ralenti. Ce n'est que lorsque la vitesse de vent s'élève à environ 28 m/s que l'éolienne est totalement stoppée. Ce dispositif permet d'améliorer le comportement électrique sur le réseau et d'optimiser la production des éoliennes. Si la vitesse du vent chute en-dessous de 28 m/s, l'éolienne reprend automatiquement l'injection de courant.</p>		
<b>Description</b>	<p>Si le mode tempête est exceptionnellement désactivé, l'éolienne est arrêtée pour des raisons de sécurité, lorsque la vitesse du vent dépasse 25 m/s (moyenne sur 3 minutes) ou 30 m/s (moyenne sur 15 s). L'éolienne démarre automatiquement si à l'intérieur de 10 minutes après l'arrêt, aucun des deux événements ne survient.</p>		
<b>Indépendance</b>	Oui		
<b>Temps de réponse</b>	< 1 min		
<b>Efficacité</b>	100 %.		
<b>Tests</b>	<p>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.</p> <p>Le bon fonctionnement des capteurs fait par ailleurs l'objet d'une surveillance lors de la maintenance électrique faite tous les ans. En cas de déclenchement des capteurs, un message de défaut est envoyé par le système de surveillance à distance. Selon le capteur concerné, l'éolienne peut continuer de fonctionner pour un temps déterminé. Pour certains capteurs, il faut par contre stopper l'éolienne immédiatement et remédier au défaut.</p>		
<b>Maintenance</b>			




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.

### VIII.7. CONCLUSION DE L'ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES

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

Tableau 17 : Liste des scénarios exclus

Nom du scénario exclu	Justification
 <p><b>Incendie de l'éolienne (effets thermiques)</b></p>	<p>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.</p> <p>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.</p>
 <p><b>Incendie du poste de livraison ou du transformateur</b></p>	<p>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)</p>
 <p><b>Infiltration d'huile dans le sol</b></p>	<p>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.</p> <p>Dans notre cas, les éventuelles infiltrations accidentelles d'huiles dans le sol restent peu probables compte tenu des mesures mises en place (Cf. mesure de sécurité n°8) et pour des volumes de substances libérées dans le sol très faibles.</p>

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



Projection de pale /  
morceau de pale



Projection  
de glace



Effondrement



Chute de pale /  
éléments



Chute  
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.

## IX. ETUDE DETAILLEE DES RISQUES

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

### IX.1. RAPPEL DES DEFINITIONS

Les règles méthodologiques applicables pour la détermination de l'intensité, de la gravité et de la probabilité des phénomènes dangereux sont précisées dans l'arrêté ministériel du 29 septembre 2005. Cet arrêté ne prévoit de détermination de l'intensité et de la gravité que pour les effets de surpression, de rayonnement thermique et toxique.

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

Cette circulaire précise en son point 1.2.2 qu'à l'exception de certains explosifs pour lesquels les effets de projection présentent un comportement caractéristique à faible distance, les projections et chutes liées à des ruptures ou fragmentations ne sont pas modélisées en intensité et gravité dans les études de dangers.

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

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

#### IX.1.1. CINETIQUE

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 [13], 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.

#### IX.1.2. INTENSITE

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 [13]).

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 [13] caractérisent des phénomènes dangereux dont l'intensité s'exerce dans toutes les directions autour de l'origine du phénomène, pour des effets de surpression, toxiques ou thermiques. Ces seuils ne sont donc pas adaptés aux accidents générés par les aérogénérateurs.

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

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

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

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

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

Les zones d'effets sont définies pour chaque événement accidentel comme la surface exposée à cet événement.

#### IX.1.3. GRAVITE

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.

Tableau 18 : Seuils de gravité et d'intensité en fonction du nombre équivalent de personnes permanentes

Intensité / Gravité	Zone d'effet d'un événement accidentel engendrant une exposition très forte	Zone d'effet d'un événement accidentel engendrant une exposition forte	Zone d'effet d'un événement accidentel engendrant une exposition modérée
« Désastreux »	Plus de 10 personnes exposées	Plus de 100 personnes exposées	Plus de 1000 personnes exposées
« Catastrophique »	Moins de 10 personnes exposées	Entre 10 et 100 personnes exposées	Entre 100 et 1000 personnes exposées
« Important »	Au plus 1 personne exposée	Entre 1 et 10 personnes exposées	Entre 10 et 100 personnes exposées
« Sérieux »	Aucune personne exposée	Au plus 1 personne exposée	Moins de 10 personnes exposées
« Modéré »	Pas de zone de létalité en dehors de l'établissement	Pas de zone de létalité en dehors de l'établissement	Présence humaine exposée inférieure à « une personne »

IX.1.4. PROBABILITE

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

Tableau 19 : Classes de probabilité

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

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.

En dernier lieu, les paramètres liés à la probabilité et à la gravité seront croisés afin de définir l'acceptabilité ou non du projet selon la matrice définie par l'INERIS et présentée ci-dessous :

Tableau 20 : Exemple de la matrice d'acceptabilité du risque selon l'INERIS

Gravité	Classe de Probabilité				
	E	D	C	B	A
Désastreux	Orange	Rouge	Rouge	Rouge	Rouge
Catastrophique	Orange	Orange	Rouge	Rouge	Rouge
Important	Orange	Orange	Orange	Rouge	Rouge
Sérieux	Vert	Vert	Orange	Orange	Rouge
Modéré	Vert	Vert	Vert	Vert	Orange

Niveau de risque	Acceptabilité
Risque très faible	ACCEPTABLE
Risque faible	ACCEPTABLE
Risque important	NON ACCEPTABLE

## IX.2. CARACTERISATION DES SCENARIOS RETENUS

Les données suivantes ont été utilisées pour les calculs présentés ci-dessous<sup>10</sup> :

	E1	E2	E3	E4
<i>R : Longueur de pale</i>	69,30	69,30	69,30	69,30
<i>D : Diamètre de rotor</i>	138,60	138,60	138,60	138,60
<i>H : Hauteur de mât*</i>	114,76	114,76	114,76	114,76
<i>Hm : Hauteur de moyeu</i>	110,50	110,50	110,50	110,50
<i>Lbm : Largeur base de mât</i>	4,30	4,30	4,30	4,30
<i>Lhm : Largeur haut de mât</i>	3,50	3,50	3,50	3,50
<i>Lmm : Largeur moyenne de mât</i>	3,90	3,90	3,90	3,90
<i>LB : Largeur base de pale</i>	4,00	4,00	4,00	4,00
<i>Longueur en bout de pale</i>	180,00	180,00	180,00	180,00

\*nacelle comprise conformément à la réglementation ICPE

Figure 44 : Données utilisées pour le calcul des risques

### IX.2.1. PROJECTION 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. Conformément aux indications du chapitre II.3. Définition de l'aire d'étude, cette distance est prise depuis l'emprise du mât de l'éolienne, soit une distance d'effet de 502,15 m depuis le centroïde de l'éolienne.

#### ❖ Intensité

Le tableau ci-dessous permet d'évaluer l'intensité du phénomène de projection d'éléments de l'éolienne dans le cas du projet de Parc éolien de Trémoré. 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 depuis l'emprise du mât). Cela peut être traduit de la sorte :

$$d = Z_I / Z_E$$

$$Z_I = R * LB / 2$$

$$Z_E = \pi * (500)^2$$

Avec  $d$  : degré d'exposition,  $Z_I$  : zone d'impact,  $Z_E$  : zone d'effet,  $R$  : la longueur de pale,  $LB$  : largeur de la base de la pale<sup>11</sup>.

Tableau 21 : Calcul de l'intensité du phénomène de projection de pale/fragments de pale

Projection de pale ou de fragment de pale (Zone de 500 m autour du mât de l'éolienne)			
Zone d'impact en m <sup>2</sup>	Zone d'effet du phénomène étudié en m <sup>2</sup>	Degré d'exposition du phénomène étudié en %	Intensité
$Z_I = 69,3 * 4 / 2$ = 138,6	$Z_E = \pi * 502,15^2$ = 792 167	$d = Z_I / Z_E$ 0.02% ( < 1 % )	<b>Exposition modérée</b>

<sup>10</sup> La hauteur totale (bout de pale) est de 149.8 mètres, arrondi à 150 mètres. En effet le diamètre du rotor correspond à une mesure prise à l'arrêt car en fonctionnement les pales vont se courber sous la pression du vent d'environ un demi-mètre, amenant ainsi le diamètre du rotor de 116.8 m à 117.8 m soit 118 m environ. .

#### ❖ Gravité

En fonction de cette intensité et des définitions issues du paragraphe VIII.1.3 de l'arrêté du 29 septembre 2005, il est possible de définir les différentes classes de gravité pour le phénomène de projection, dans la zone de 500 m autour de l'éolienne.

Si le phénomène engendre **une zone d'exposition modérée** :

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

Le tableau suivant indique, pour chaque aérogénérateur, le nombre de personnes exposées dans la zone d'effet du phénomène de projection et la gravité associée (pour les détails des calculs, se référer à l'Annexe 2) :

Tableau 22 : Calcul de la gravité du phénomène de projection de pale/fragments de pale

Projection de pale ou de fragment de pale (Zone de 500 m autour du mât de l'éolienne)		
Eolienne	Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)	Gravité
E1	Entre 1 à 10 personnes	Sérieux
E2	Entre 1 à 10 personnes	Sérieux
E3	Entre 1 à 10 personnes	Sérieux
E4	Entre 1 à 10 personnes	Sérieux

#### ❖ Probabilité

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

Tableau 23 : Calcul de la probabilité du phénomène de projection de pale/fragments de pale

Source	Fréquence	Justification
Site specific hazard assesment for a wind farm project [4]	$1 \times 10^{-6}$	Respect de l'Eurocode EN 1990 – Basis of structural design
Guide for risk based zoning of wind turbines [5]	$1, 1 \times 10^{-3}$	Retour d'expérience au Danemark (1984-1992) et en Allemagne (1989-2001)
Specification of minimum distances [6]	$6,1 \times 10^{-4}$	Recherche Internet des accidents entre 1996 et 2003

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  $7,66 \times 10^{-4}$  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 » : « 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 ».

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

<sup>11</sup> Il s'agit de la largeur la plus importante à la base de la pale, et non de la largeur de la base raccordée à la nacelle

- 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**

Cadrage INERIS :

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.

Si le nombre de personnes permanentes (ou équivalent) est supérieur à ces chiffres, l'exploitant peut engager une étude supplémentaire pour déterminer le risque d'atteinte de l'enjeu à l'origine de ce niveau de gravité, et vérifier l'acceptabilité du risque.

Le cas échéant, des mesures de sécurité supplémentaires pourront être mises en place pour améliorer l'acceptabilité du risque.

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

**Tableau 24 : Calcul de l'acceptabilité du phénomène de projection de pale/fragments de pale**

Projection de pale ou de fragment de pale (Zone de 500 m autour du mât de l'éolienne)		
Eolienne	Gravité	Niveau de risque
E1	Sérieux	Acceptable
E2	Sérieux	Acceptable
E3	Sérieux	Acceptable
E4	Sérieux	Acceptable

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

IX.2.2. PROJECTION DE GLACE

❖ **Zone d'effet**

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

En ce qui concerne la distance maximale atteinte par ce type de projectiles, il n'existe pas d'information dans l'accidentologie. La référence [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 :

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

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. **Dans le cas du projet de Parc éolien de Trémoriel, cela équivaut donc à une distance de  $1.5 \times (110,5 + 138,6) = 373,65$  m. Conformément aux indications du chapitre II.3. Définition de l'aire d'étude, cette distance est prise depuis l'emprise du mât de l'éolienne, soit une distance d'effet de 375,8 depuis le centroïde de l'éolienne.**

❖ **Intensité**

Le tableau ci-dessous permet d'évaluer l'intensité du phénomène de projection de glace dans le cas du **projet de Parc éolien de Trémoriel**. 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. Cela peut être traduit de la sorte :

$$d = Z_I / Z_E$$

$$Z_I = SG$$

$$Z_E = \pi \times (1.5 \times (H + 2 \times R))^2$$

Avec d : degré d'exposition, Z<sub>I</sub> : zone d'impact, Z<sub>E</sub> : zone d'effet, SG : la surface majorante d'un morceau de glace, R : la longueur de pale, H : la hauteur au moyeu.

**Tableau 25 : Calcul de l'intensité du phénomène de glace**

Projection de morceaux de glace (Zone de 373,65 m autour du mât de l'éolienne)			
Zone d'impact en m <sup>2</sup>	Zone d'effet du phénomène étudié en m <sup>2</sup>	Degré d'exposition du phénomène étudié en %	Intensité
Z <sub>I</sub> = 1	Z <sub>E</sub> = π × (375,8) <sup>2</sup> = 443 673	d = Z <sub>I</sub> /Z <sub>E</sub> 2,3 × 10 <sup>-4</sup> % ( < 1 % )	<b>Exposition modérée</b>

❖ **Gravité**

En fonction de cette intensité et des définitions issues du paragraphe VIII.1.3., il est possible de définir les différentes classes de gravité pour le phénomène de projection de glace, dans la zone d'effet de ce phénomène. Si le phénomène engendre **une zone d'exposition modérée** :

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

Il a été observé dans la littérature disponible [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 associée (pour les détails des calculs, se référer à l'Annexe 2) :

**Tableau 26 : Calcul de la gravité du phénomène de projection de glace**

Projection de morceaux de glace (Zone de 373,65 m autour du mât de l'éolienne)		
Eolienne	Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)	Gravité
E1	< 1 personne	Modéré
E2	< 1 personne	Modéré
E3	< 1 personne	Modéré
E4	< 1 personne	Modéré

#### ❖ Probabilité

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

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

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

#### ❖ Acceptabilité

##### Cadrage INERIS :

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 projet de Parc éolien des Trémoriel, la gravité associée et le niveau de risque (acceptable/inacceptable) :

Tableau 27 : Calcul de l'acceptabilité du phénomène de projection de glace

Projection de morceaux de glace (Zone de 373,65 m autour du mât de l'éolienne)			
Eolienne	Gravité	Présence de système d'arrêt en cas de détection ou déduction de glace et de procédure de redémarrage	Niveau de risque
E1	Modéré	oui	Acceptable
E2	Modéré	oui	Acceptable
E3	Modéré	oui	Acceptable
E4	Modéré	oui	Acceptable

Ainsi, pour le projet de Parc éolien de Trémoriel, le phénomène de projection de glace constitue un risque acceptable pour les personnes.

#### IX.2.3. EFFONDREMENT DE L'ÉOLIENNE

#### ❖ Zone d'effet

La zone d'effet de l'effondrement d'une éolienne correspond à une surface circulaire de rayon égal à la hauteur totale de l'éolienne en bout de pale, soit **180 m dans le cas des éoliennes du projet de Parc éolien de Trémoriel. Conformément aux indications du chapitre II.3. Définition de l'aire d'étude, cette distance est prise depuis l'emprise du mât de l'éolienne, soit une distance d'effet de 182.15m depuis le centroïde de l'éolienne.** 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

Le tableau ci-dessous permet d'évaluer l'intensité du phénomène d'effondrement dans le cas du projet de Parc éolien de Trémoriel. Le phénomène d'effondrement de l'éolienne peut être d'intensité variable compte tenu des nombreuses variables possibles : localisation du point de rupture (premier tiers, milieu, nacelle) et rotation ou non des pales lors de l'effondrement. Dans notre cas, le choix a été fait de calculer un degré d'exposition correspond au ratio entre la surface du rotor et la surface du mât, d'une part, et la superficie de la zone d'effet du phénomène, d'autre part. Cela peut être traduit de la sorte :

$$d = Z_i / Z_E$$

$$Z_i = H * L_{mm} + 3 * R * LB / 2$$

$$Z_E = \pi * (Hm + R)^2$$

Avec  $d$  : degré d'exposition,  $Z_i$  : zone d'impact,  $Z_E$  : zone d'effet,  $H$  : la hauteur du mât (nacelle incluse),  $L_{mm}$  : la largeur moyenne du mât,  $R$  : la longueur de pale,  $LB$  : la largeur de la base de la pale et  $Hm$  : la hauteur de moyeu.

Tableau 28 : Calcul de l'intensité du phénomène d'effondrement

Effondrement de l'éolienne (Zone de 180 m autour du mât de l'éolienne)			
Zone d'impact en m <sup>2</sup>	Zone d'effet du phénomène étudié en m <sup>2</sup>	Degré d'exposition du phénomène étudié en %	Intensité
$Z_i = 114,76 * 3,9 + 3 * 69,3 * 4 / 2 = 863,36$	$Z_E = \pi * (182,15)^2 = 104 233,72$	$d = Z_i / Z_E = 0,83\%$ ( $d < 1\%$ )	<b>Exposition modérée</b>

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

#### ❖ Gravité

En fonction de cette intensité et des définitions issues de l'arrêté du 29 septembre 2005 (voir paragraphe VIII.1.3.), il est possible de définir les différentes classes de gravité pour le phénomène d'effondrement, dans le rayon inférieur ou égal à la hauteur totale de l'éolienne.

Si le phénomène engendre **une zone d'exposition modérée** :

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

Le tableau suivant indique, pour chaque aérogénérateur, le nombre de personnes exposées dans la zone d'effet du phénomène d'effondrement et la gravité associée (pour les détails des calculs, se référer à l'Annexe 2) :

Tableau 29 : Calcul de la gravité du phénomène d'effondrement

Effondrement de l'éolienne (Zone de 180 m autour du mât de l'éolienne)		
Eolienne	Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)	Gravité
E1	< 1 personne	Modéré
E2	< 1 personne	Modéré
E3	< 1 personne	Modéré
E4	< 1 personne	Modéré

#### ❖ Probabilité

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

Tableau 30 : Calcul de la probabilité du phénomène d'effondrement

Source	Fréquence	Justification
Guide for risk based zoning of wind turbines [5]	$4,5 * 10^{-4}$	Retour d'expérience
Specification of minimum distances [6]	$1,8 * 10^{-4}$ (effondrement de la nacelle et de la tour)	Retour d'expérience

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>12</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 : « *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* ». Néanmoins, les dispositions constructives des éoliennes ayant fortement évolué, le niveau de fiabilité est aujourd'hui bien meilleur. Des mesures de maîtrise des risques supplémentaires ont été mises en place sur les machines récentes, et permettent de réduire significativement la probabilité d'effondrement. Ces mesures de sécurité sont notamment :

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

On note d'ailleurs, dans le retour d'expérience français, qu'un seul effondrement a eu lieu sur les éoliennes mises en service après 2005 (éolienne de Bouin – janvier 2018). 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**

**Cadrage INERIS :**

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 et, dans le cas où plus de dix personnes sont exposées dans la zone d'effet d'un aérogénérateur, l'exploitant pourra démontrer que des mesures de sécurité supplémentaires sont mises en place.

Il est également rappelé que la bonne pratique est de préserver une distance d'isolement égale à la hauteur totale de l'éolienne entre l'aérogénérateur et les autoroutes.

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

**Tableau 31 : Calcul de l'acceptabilité du phénomène d'effondrement**

Effondrement de l'éolienne (Zone de 180 m autour du mât de l'éolienne)		
Eolienne	Gravité	Niveau de risque
E1	Modéré	Acceptable
E2	Modéré	Acceptable
E3	Modéré	Acceptable
E4	Modéré	Acceptable

**Ainsi, pour le projet de Parc éolien de Trémoriel, le phénomène d'effondrement constitue un risque acceptable pour les personnes.**

IX.2.4. CHUTE DE GLACE

❖ **Considérations générales**

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

Selon l'étude WECO [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

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

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 **projet de Parc éolien des Trémoriel**, la zone d'effet a donc un rayon de 69,3 mètres. Conformément aux indications du chapitre II.3. Définition de l'aire d'étude cette distance est prise depuis l'emprise du mât de l'éolienne, soit une distance d'effet de 71,45 m depuis le centroïde de l'éolienne. Cependant, il convient de noter que, lorsque l'éolienne est à l'arrêt, les pales n'occupent qu'une faible partie de cette zone.

❖ **Intensité**

Le tableau ci-dessous permet d'évaluer l'intensité du phénomène de chute de glace dans le cas du **projet de Parc éolien de Trémoriel**. 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). Cela peut être traduit de la sorte :

$$d = Z_I / Z_E$$

$$Z_I = SG$$

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

Avec *d* : degré d'exposition, *Z<sub>I</sub>* : zone d'impact, *Z<sub>E</sub>* : zone d'effet, *SG* : la surface d'un morceau de glace majorant, *R* : la longueur de pale.

**Tableau 32 : Calcul de l'intensité du phénomène de chute de glace**

Chute de glace (Zone de 69,3 m autour du mât de l'éolienne)			
Zone d'impact en m <sup>2</sup>	Zone d'effet du phénomène étudié en m <sup>2</sup>	Degré d'exposition du phénomène étudié en %	Intensité
Z <sub>I</sub> = 1	Z <sub>E</sub> = $\pi \times 71,45^2$ = 16 038,15	$d = Z_I / Z_E$ 0,0062% ( < 1 % )	Exposition modérée

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

❖ **Gravité**

En fonction de cette intensité et des définitions issues de l'arrêté du 29 septembre 2005 (voir paragraphe VIII.1.3.), il est possible de définir les différentes classes de gravité pour le phénomène de chute de glace, dans la zone de survol de l'éolienne.

Si le phénomène engendre une **zone d'exposition modérée** :

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

Le tableau suivant indique, pour chaque aérogénérateur, le nombre de personnes exposées dans la zone d'effet du phénomène de chute de glace et la gravité associée (pour les détails des calculs, se référer à l'Annexe 2) :

**Tableau 33 : Calcul de la gravité du phénomène de chute de glace**

Chute de glace (Zone de 69,3 m autour du mât de l'éolienne)		
Eolienne	Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)	Gravité



E1	< 1 personne	Modéré
E2	< 1 personne	Modéré
E3	< 1 personne	Modéré
E4	< 1 personne	Modéré

$$d = Z_i / Z_E$$

$$Z_i = R * LB / 2$$

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

Avec  $d$  : degré d'exposition,  $Z_i$  : zone d'impact,  $Z_E$  : zone d'effet,  $R$  : la longueur de pale,  $LB$  : la largeur de la base de la pale.

Tableau 35 : Calcul de l'intensité du phénomène de chute d'éléments

Chute d'éléments de l'éolienne (Zone de 69,3 m autour du mât de l'éolienne)			
Zone d'impact en m <sup>2</sup>	Zone d'effet du phénomène étudié en m <sup>2</sup>	Degré d'exposition du phénomène étudié en %	Intensité
$Z_i = 69,3 * 4 / 2$ = 138,6	$Z_E = \pi * 71,45^2$ = 16 038,15	$d = Z_i / Z_E$ 0,86 % ( $d < 1\%$ )	<b>Exposition modérée</b>

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

#### ❖ Gravité

En fonction de cette intensité et des définitions issues de l'arrêté du 29 septembre 2005 (voir paragraphe VIII.1.3.), il est possible de définir les différentes classes de gravité pour le phénomène de chute de glace, dans la zone de survol de l'éolienne.

Si le phénomène engendre une **zone d'exposition modérée** :

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

Le tableau suivant indique, pour chaque aérogénérateur, le nombre de personnes exposées dans la zone d'effet du phénomène de chute de glace et la gravité associée (pour les détails des calculs, se référer à l'Annexe 2) :

Tableau 36 : Calcul de la gravité du phénomène de chute d'éléments

Chute d'éléments de l'éolienne (Zone de 69,3 m autour du mât de l'éolienne)		
Eolienne	Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)	Gravité
E1	< 1 personne	Modéré
E2	< 1 personne	Modéré
E3	< 1 personne	Modéré
E4	< 1 personne	Modéré

#### ❖ 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.**

#### ❖ Probabilité

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

#### ❖ Acceptabilité

##### Cadrage INERIS :

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.

Dans le cas contraire, l'exploitant devra démontrer que des mesures de sécurité supplémentaires sont mises en place afin d'améliorer l'acceptabilité de ce risque.

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

Tableau 34 : Calcul de l'acceptabilité du phénomène de chute de glace

Chute de glace (Zone de 69,3 m autour du mât de l'éolienne)		
Eolienne	Gravité	Niveau de risque
E1	Modéré	Acceptable
E2	Modéré	Acceptable
E3	Modéré	Acceptable
E4	Modéré	Acceptable

Ainsi, pour le projet de Parc éolien de Trémoré, 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.

#### IX.2.5. 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. Pour le **projet de Parc éolien des Trémoré**, la zone d'effet a donc un rayon de 69,3 mètres. Conformément aux indications du chapitre II.3. Définition de l'aire d'étude, cette distance est prise depuis l'emprise du mât de l'éolienne, soit une distance d'effet de 71,45m depuis le centroïde de l'éolienne.

#### ❖ Intensité

Le tableau ci-dessous permet d'évaluer l'intensité du phénomène de chute d'éléments de l'éolienne dans le cas du **projet de Parc éolien de Trémoré**. 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). Cela peut être traduit de la sorte :

❖ **Acceptabilité****Cadrage INERIS :**

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 10 dans la zone d'effet. Dans le cas contraire, l'exploitant devra démontrer que des mesures de sécurité supplémentaires sont mises en place afin d'améliorer l'acceptabilité de ce risque.

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

**Tableau 37 : Calcul de l'acceptabilité du phénomène de chute d'éléments**

<b>Chute d'éléments de l'éolienne (Zone de 69,3 m autour du mât de l'éolienne)</b>		
<i>Eolienne</i>	<i>Gravité</i>	<i>Niveau de risque</i>
E1	Modéré	Acceptable
E2	Modéré	Acceptable
E3	Modéré	Acceptable
E4	Modéré	Acceptable

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

### IX.3. SYNTHÈSE DE L'ÉTUDE DÉTAILLÉE DES RISQUES

#### IX.3.1. TABLEAUX DE SYNTHÈSE DES SCÉNARIOS ETUDIÉS

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

Tableau 38 : Synthèse des paramètres de risques pour chaque scénario retenu

Scénario	Zone d'effet autour du mât	Cinétique	Intensité	Probabilité	Gravité
Projection de pale/morceaux de pale	500 m	Rapide	Exposition modérée	D	Sérieux <i>(pour toutes les éoliennes)</i>
Projection de glace	374 m	Rapide	Exposition modérée	B	Modéré <i>(pour toutes les éoliennes)</i>
Effondrement de l'éolienne	180 m	Rapide	Exposition modérée	D	Modéré <i>(pour toutes les éoliennes)</i>
Chute de glace	69 m	Rapide	Exposition modérée	A	Modéré <i>(pour toutes les éoliennes)</i>
Chute d'élément de l'éolienne	69 m	Rapide	Exposition modérée	C	Modéré <i>(pour toutes les éoliennes)</i>

#### IX.3.2. SYNTHÈSE DE L'ACCEPTABILITÉ DES RISQUES

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

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

Tableau 39 : Synthèse de l'acceptabilité des risques pour les éoliennes du projet

Gravité	Classe de Probabilité				
	E	D	C	B	A
Désastreux					
Catastrophique					
Important					
Sérieux		Projection de pale <i>(toutes éoliennes)</i>			
Modéré		Effondrement de l'éolienne <i>(toutes éoliennes)</i>	Chute élément des éoliennes <i>(toutes éoliennes)</i>	Projection de glace <i>(toutes éoliennes)</i>	Chute de glace <i>(toutes éoliennes)</i>

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

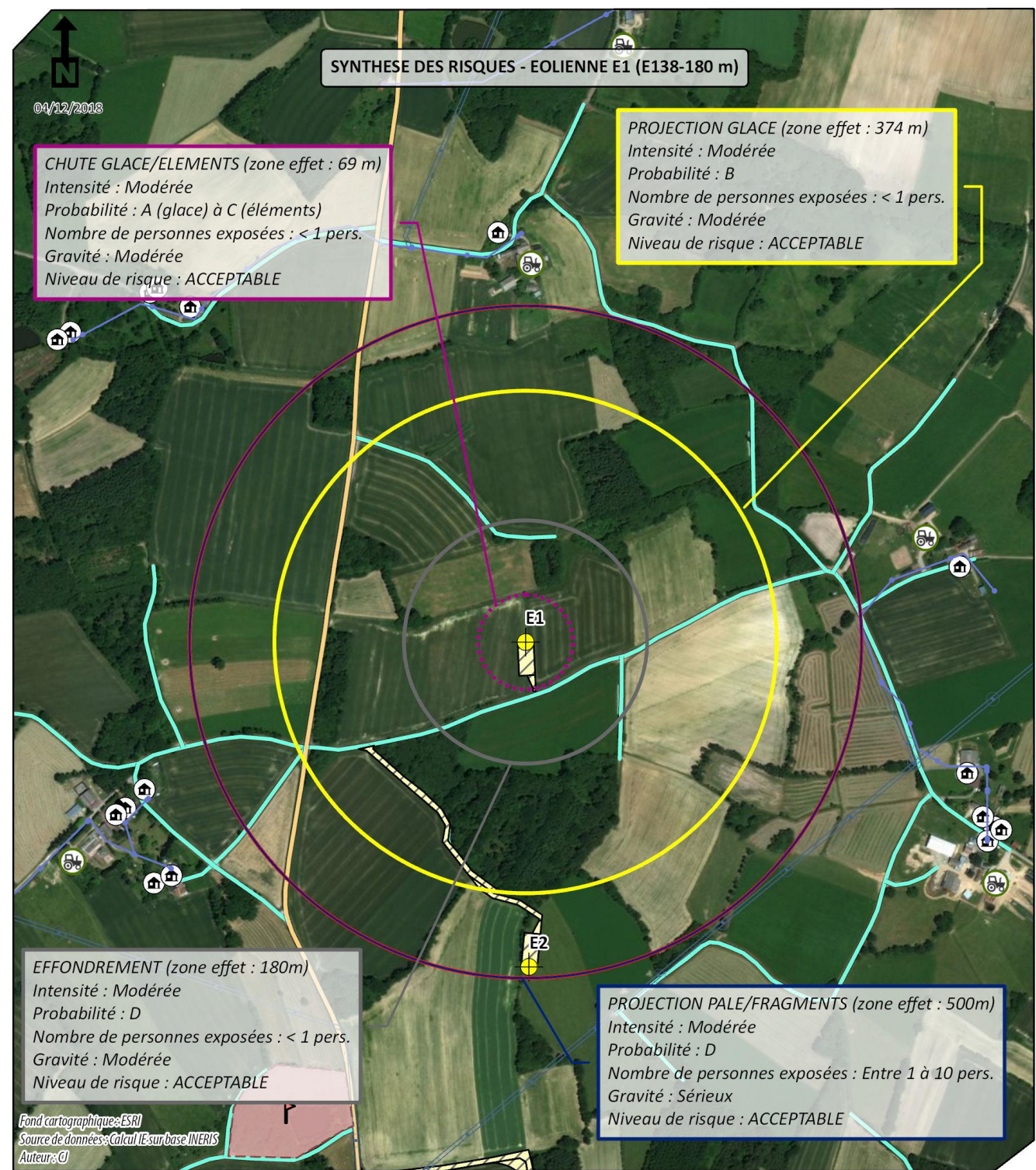
Il apparaît au regard de la matrice ainsi complétée que :

- Tous les risques sont acceptables,
- Certains scénarios présentent un niveau de risque faible. Pour ces accidents, il convient de souligner que les fonctions de sécurité détaillées dans la partie VII.6 sont mises en place.

#### IX.3.3. CARTOGRAPHIE DES RISQUES

A l'issue de la démarche d'analyse des risques, une carte de synthèse des risques par éolienne est présentée. Elle fait apparaître, pour les scénarios détaillés dans le tableau de synthèse :

- les enjeux étudiés dans l'étude détaillée des risques,
- les zones d'effet de chaque phénomène dangereux,
- l'intensité et la probabilité des différents phénomènes dangereux dans chaque zone d'effet,
- le nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes) exposées par zone d'effet et la gravité qui en découle,
- le niveau d'acceptabilité du risque.



<ul style="list-style-type: none"> <li>Aire de l'étude de dangers (500 m)</li> <li>Eoliennes</li> <li>Plateformes et chemins d'accès</li> <li>Ligne électrique BT</li> <li>Ligne électrique HTA</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Habitations</li> <li>Routes départementales</li> <li>Voirie locale</li> <li>Hébergement de tourisme</li> <li>Exploitations agricoles</li> <li>Terrain de loisirs</li> </ul>	<p>Rayon des scénarios étudiés (à titre indicatif) :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Chute de glace/éléments (zone d'effet : 69m)</li> <li>Effondrement (zone d'effet : 180 m)</li> <li>Projection de glace (zone d'effet : 374 m)</li> <li>Projection de pale (zone d'effet : 500 m)</li> </ul>
--	--	---

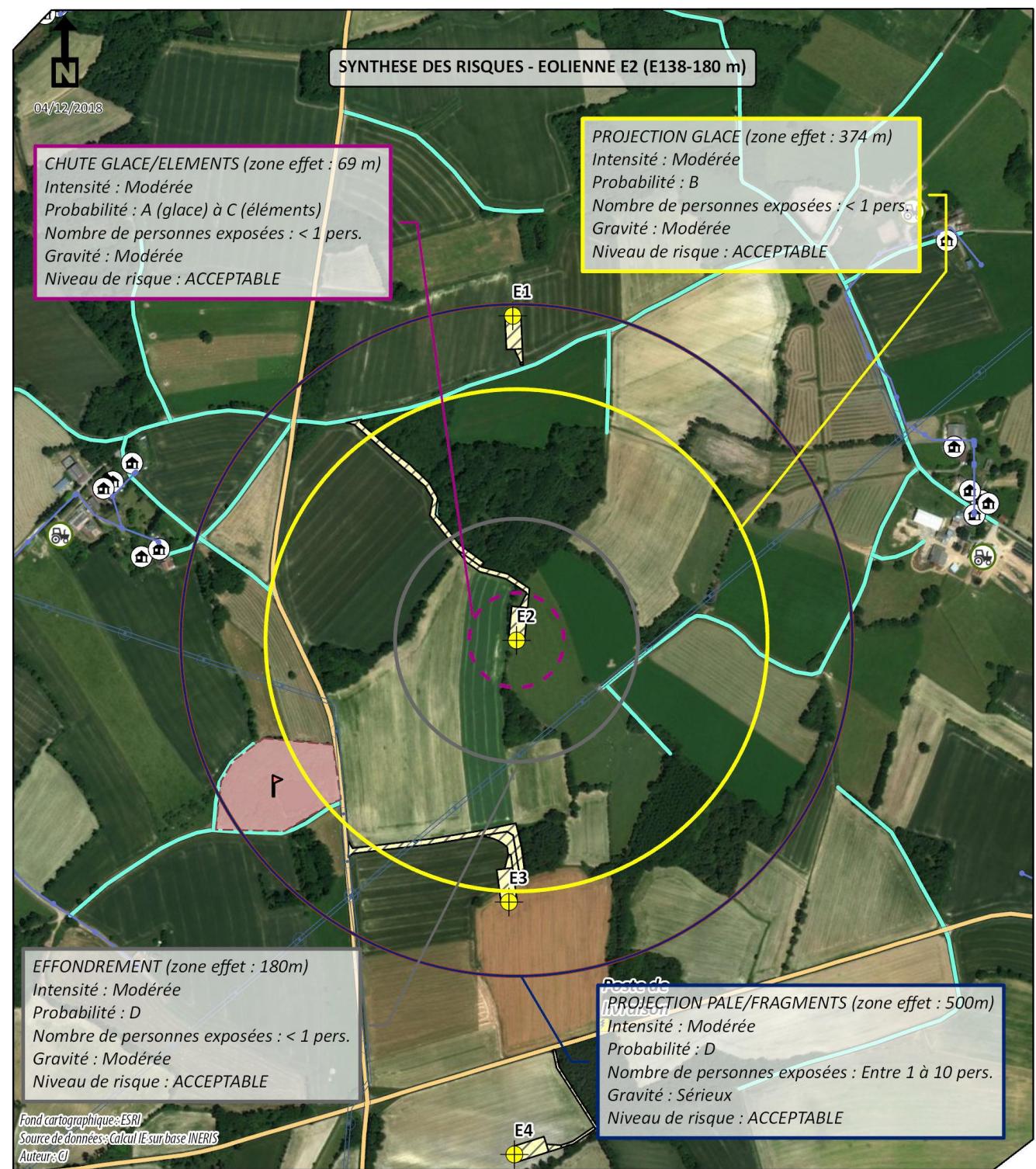
ETUDE : Projet de Parc éolien de Trémorrel

N° Affaire : 001360 Client : INERSYS

0 50 100 200 300 Mètres

IMPACT ET ENVIRONNEMENT

Figure 45 : Synthèse des risques - Eolienne E1



<ul style="list-style-type: none"> <li>Aire de l'étude de dangers (500 m)</li> <li>Eoliennes</li> <li>Plateformes et chemins d'accès</li> <li>Ligne électrique BT</li> <li>Ligne électrique HTA</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Habitations</li> <li>Routes départementales</li> <li>Voirie locale</li> <li>Hébergement de tourisme</li> <li>Exploitations agricoles</li> <li>Terrain de loisirs</li> </ul>	<p>Rayon des scénarios étudiés (à titre indicatif) :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Chute de glace/éléments (zone d'effet : 69 m)</li> <li>Effondrement (zone d'effet : 180 m)</li> <li>Projection de glace (zone d'effet : 374 m)</li> <li>Projection de pale (zone d'effet : 500m)</li> </ul>
--	--	---

ETUDE : Projet de Parc éolien de Trémorrel

N° Affaire : 001360 Client : INERSYS

0 50 100 200 300 Mètres

IMPACT ET ENVIRONNEMENT

Figure 46 : Synthèse des risques - Eolienne E2

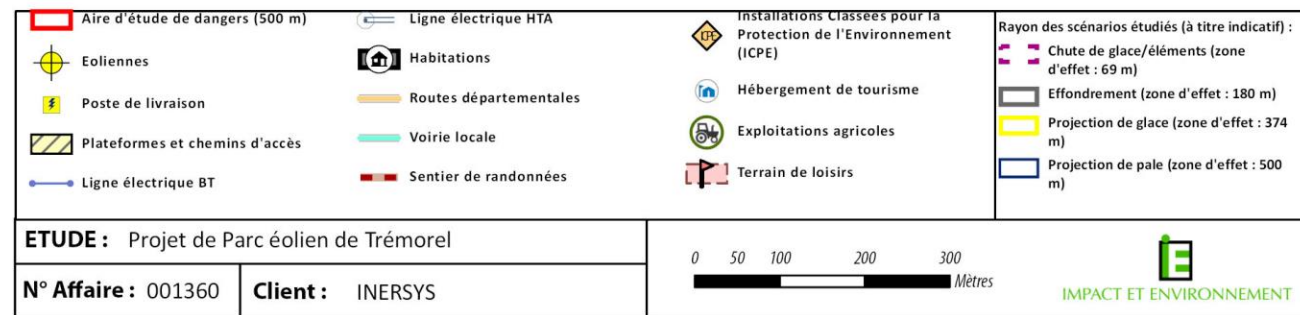
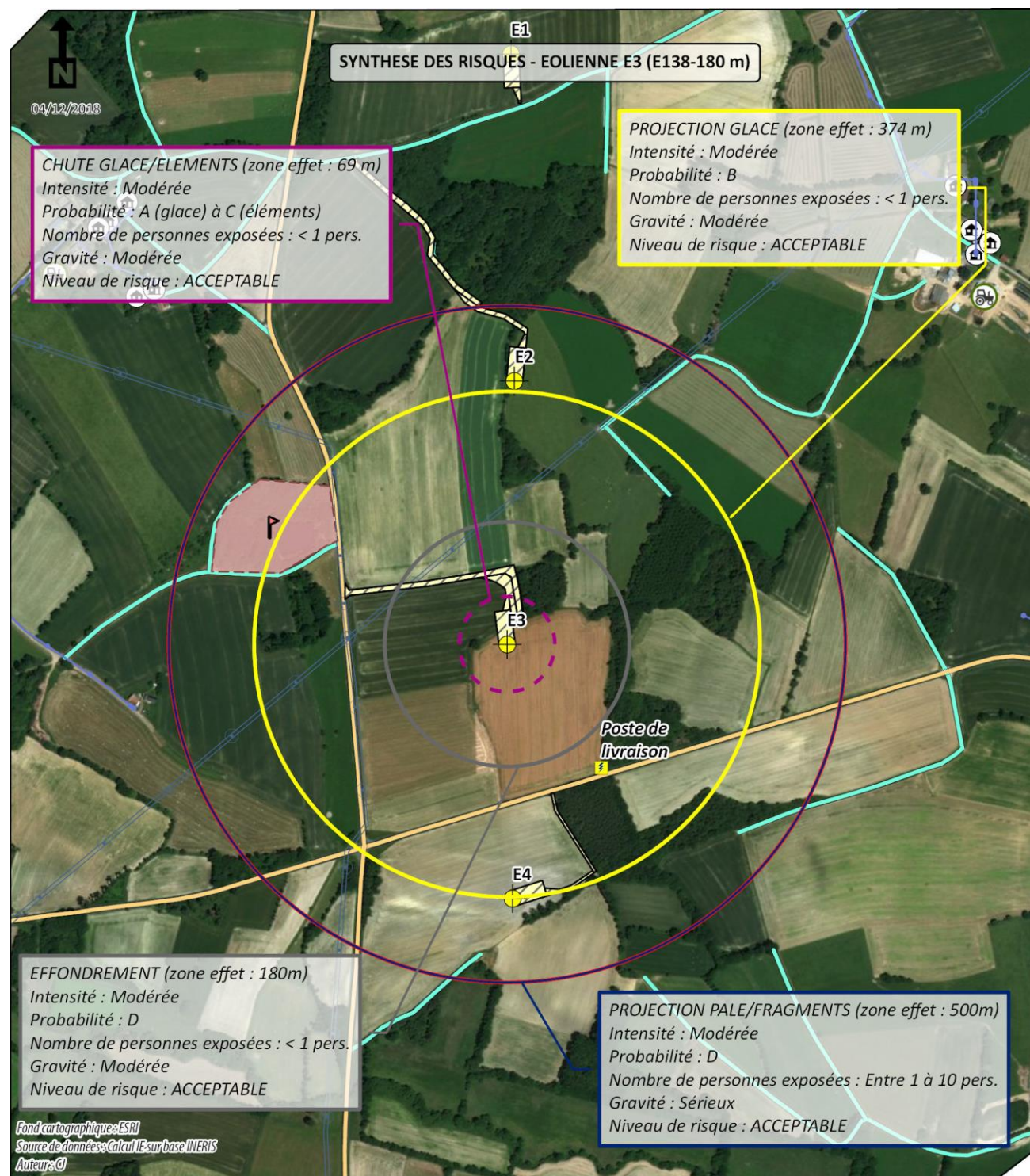


Figure 47 : Synthèse des risques - Eolienne E3

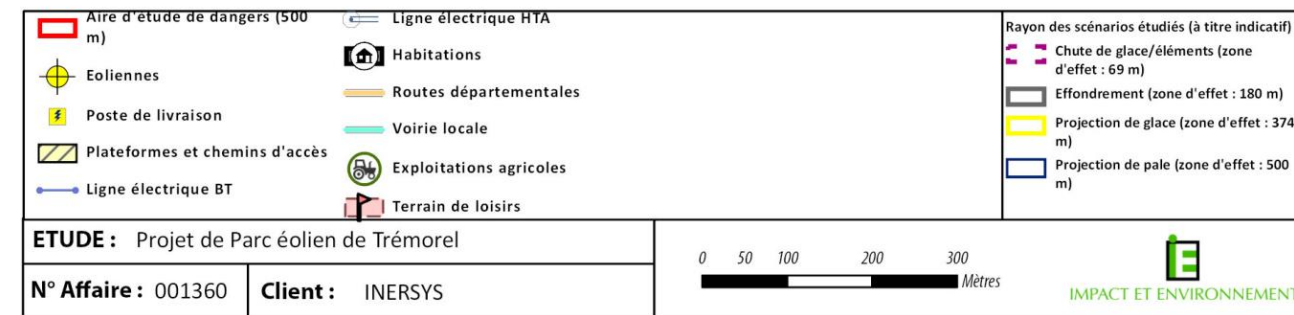
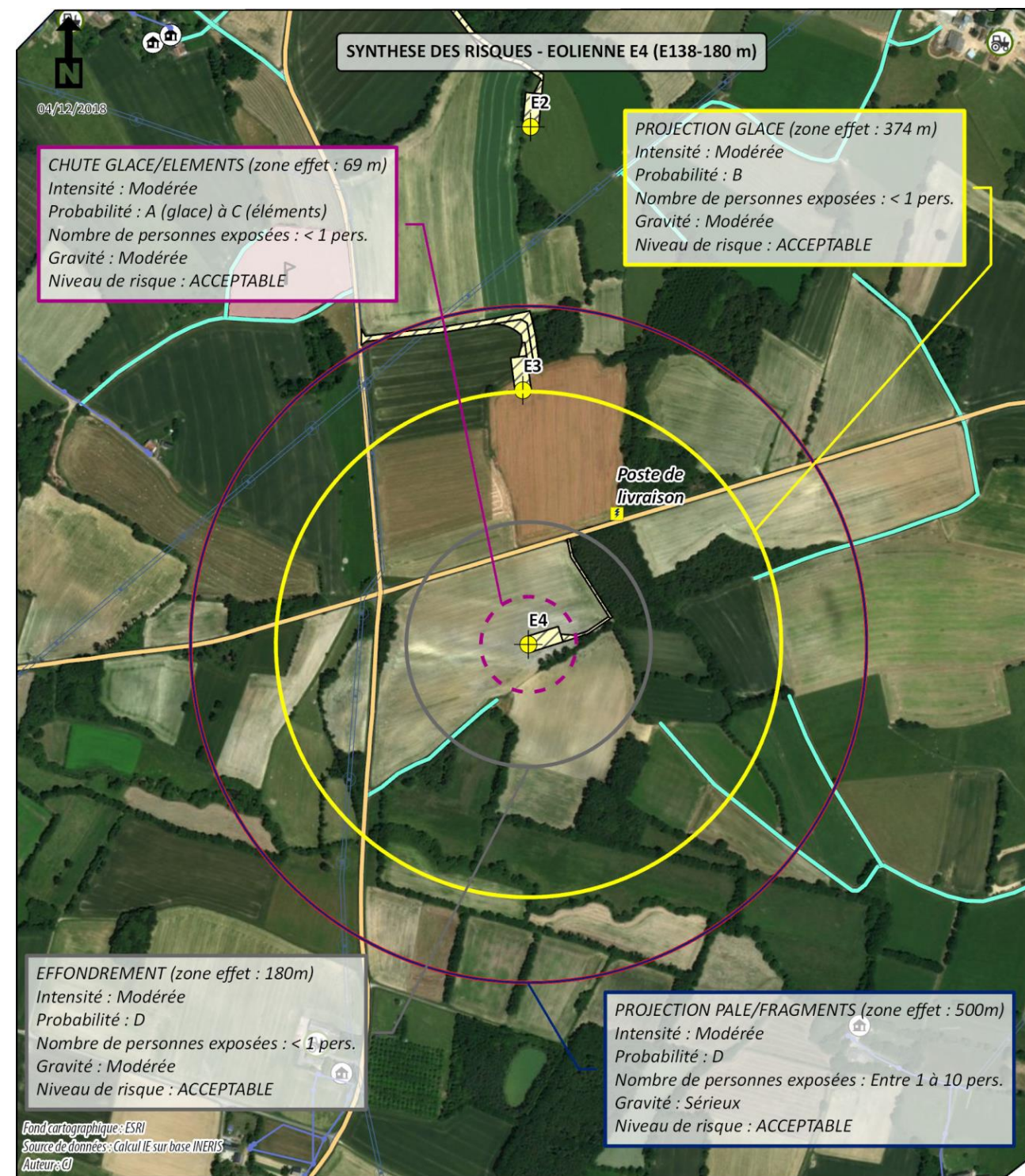


Figure 48 : Synthèse des risques - Eolienne E4

## X. CONCLUSION

L'analyse du retour d'expérience recensant les accidents et les incidents survenus sur les installations éoliennes, et l'analyse préliminaire des risques ont permis d'identifier cinq principaux scénarios d'accidents majeurs pour le projet de **projet de Parc éolien de Trémoré**, prévoyant l'implantation de 4 éoliennes E - 138 d'une puissance unitaire de 3,5 MW et d'une hauteur bout de pale de 180m. Ces derniers sont détaillés ci-dessous au travers de leurs principales caractéristiques (Intensité, probabilité et gravité) :

- **Projections de pales ou morceaux de pale (500m)** : Compte tenu de l'accidentologie analysée et des mesures correctives déployées depuis de nombreuses années pour réduire ce risque (système de détection de l'échauffement/bridage, système de détection de la survitesse/bridage voire arrêt, système parafoudre, système de détection incendie/alarme et extincteur, procédure contrôle fondations et maintenance), la probabilité de ce type d'accident est estimée à « Rare » (D). Son intensité est « Modérée ». Pour ce parc éolien, le niveau de gravité est estimé comme « Sérieux » pour l'ensemble des éoliennes du fait des enjeux identifiés (terrains agricoles et bosquets, terrain de loisirs, routes non-structurantes et chemins ruraux, plateformes de maintenance et chemins d'accès).
- **Projections de glace (374m)** : Ce type d'accident présente une probabilité jugée comme « Probable » (B). On notera toutefois qu'un panneautage est mis en place au niveau de chaque éolienne afin de prévenir du risque de chute ou projection de glace. De plus, les éoliennes disposent d'un système de détection du givre et de mise à l'arrêt avec procédure de redémarrage adaptée. Son intensité est « Modérée ». Pour ce parc éolien, le niveau de gravité est estimé comme « Modéré » pour les 4 éoliennes, du fait des enjeux identifiés (terrains agricoles, routes non-structurantes et chemins ruraux, terrain de loisirs, plateformes et chemins d'accès).
- **Effondrement de l'aérogénérateur (180m)** : Compte tenu de l'accidentologie analysée et des mesures correctives déployées depuis de nombreuses années pour réduire ce risque (système de détection de l'échauffement/bridage, système de détection de la survitesse/bridage voire arrêt, système parafoudre, système de détection incendie/alarme et extincteur, procédure contrôle fondations et maintenance), la probabilité de ce type d'accident est estimée à « Rare » (D). Son intensité est « Modérée ». Pour ce parc éolien, le niveau de gravité est estimé comme « Modéré » pour les 4 éoliennes, du fait des enjeux identifiés (routes non-structurantes et chemins ruraux, plateformes et chemins d'accès).
- **Chute de glace (69m)** : Ce type d'accident présente une probabilité jugée comme « Courante » (A). On notera toutefois qu'un panneautage est mis en place au niveau de chaque éolienne afin de prévenir du risque de chute ou projection de glace. De plus les éoliennes disposent d'un système de détection du givre et de mise à l'arrêt avec procédure de redémarrage adaptée. Son intensité est « Modérée ». Pour ce parc éolien, le niveau de gravité est estimé comme « Modéré » pour les 4 éoliennes, du fait des enjeux identifiés (terrains agricoles, chemins ruraux, plateformes et chemins d'accès).
- **Chute d'éléments (69m)** : Ce type d'accident présente une probabilité jugée comme « Improbable » (C). On notera que les éoliennes sont soumises à des procédures de maintenance et de contrôle régulières réduisant le risque. Son intensité est « Modérée ». Pour ce parc éolien, le niveau de gravité est estimé comme « Modéré » pour les 4 éoliennes, du fait des enjeux identifiés (terrains agricoles, chemins ruraux, plateformes et chemins d'accès).

Pour conclure à l'acceptabilité des risques, la matrice de criticité, adaptée de la circulaire du 29 septembre 2005 reprise dans la circulaire du 10 mai 2010, a été utilisée. Les différents risques ont tous été jugés acceptables. Il convient de noter que, bien que les risques liés à l'incendie de l'éolienne / poste de livraison ou à l'infiltration d'huile dans le sol n'aient pas été détaillés du fait de leur faible importance, des mesures de sécurité sont toutefois prévues en cas d'accident.

Dans ce cadre, il est donc possible de dire que les mesures de maîtrise des risques mises en place sur l'installation, ainsi que les distances séparant le projet des lieux de vie les plus proches sont suffisants pour garantir un risque acceptable pour chacun des phénomènes dangereux identifiés.

## ANNEXE 1 – METHODE DE COMPTAGE DES PERSONNES POUR LA DETERMINATION DE LA GRAVITE POTENTIELLE D'UN ACCIDENT A PROXIMITE D'UNE EOLIENNE

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

Trafic (en véhicules/jour)	Linéaire de route compris dans la zone d'effet (en m)									
	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000
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 2 – DETAILS DU COMPTAGE DE PERSONNES PAR SCENARIO ET PAR EOLIENNE

Les tableaux ci-après détaillent les calculs permettant d'aboutir au nombre de personnes exposées pour chaque scénario de risque et chaque éolienne.

Les hypothèses qui ont été retenues pour ces calculs sont les suivantes :

- Largeur route communale/chemin rural : 5 mètres
- Largeur route départementale : 7 mètres



PROJECTION DE PALE

		Risque : PROJECTION DE PALE											
		E1			E2			E3			E4		
		502											
<i>Rayon d'effet depuis centroide (m) :</i>													
<i>Unités</i>		<i>Longueur (m)</i>	<i>Surface (ha)</i>	<i>Nombre de personnes exposées</i>	<i>Longueur (m)</i>	<i>Surface (ha)</i>	<i>Nombre de personnes exposées</i>	<i>Longueur (m)</i>	<i>Surface (ha)</i>	<i>Nombre de personnes exposées</i>	<i>Longueur (m)</i>	<i>Surface (ha)</i>	<i>Nombre de personnes exposées</i>
TERRAINS NON-BATIS	Terrains non-aménagés et très peu fréquentés		76,96	0,77		74,74	0,75		74,60	0,75		76,85	0,77
	Terrains aménagés mais peu fréquentés		0,00	0,00		1,80	0,18		2,02	0,20		0,00	0,00
	Terrains aménagés et fréquentés voire très fréquentés		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00
VOIES DE CIRCULATION	Non-structurante (< 2000 véh./jour)												
	<i>Chemin rural</i>	505	0,25	0,03	870,00	0,44	0,04	610,00	0,31	0,03	820,00	0,41	0,04
	<i>Chemin d'accès/Plateforme</i>		0,62	0,06		1,11	0,11		0,94	0,09		0,68	0,07
	<i>Route communale</i>	1650	0,83	0,08	1070,00	0,54	0,05	250,00	0,13	0,01		0,00	0,00
	<i>Route départementale</i>	800	0,56	0,06	850,00	0,60	0,06	1750,00	1,23	0,12	1830,00	1,28	0,13
	Structurante (> 2000 véh./jour)												
	<i>Autoroute</i>		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00
	<i>Route structurante (2*2 voies)</i>		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00
	<i>Route structurante (2*1 voie)</i>		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00
	Voie ferrée (2 voies)		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00
Voie ferrée (1 voie)		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00	
Voie navigable		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00	
Chemins de randonnées		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00	
LOGEMENT	<i>Moyenne INSEE</i>		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00
ERP	Commerces et ERP de catégorie 5 : magasin de détail de proximité (boulangerie, presse, coiffeur...)		0,00	0		0,00	0		0,00	0		0,00	0
	Commerces et ERP de catégorie 5 : tabacs, café, restaurants, supérettes, bureaux de poste		0,00	0		0,00	0		0,00	0		0,00	0
	Autres		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00
ZONES D'ACTIVITE			0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00
<b>TOTAL DU NOMBRE DE PERSONNES EXPOSEES</b>			<b>1,00</b>		<b>1,19</b>		<b>1,21</b>		<b>1,21</b>		<b>1,01</b>		

## PROJECTION DE GLACE

		Risque : PROJECTION DE GLACE											
		E1			E2			E3			E4		
		375			375			375			375		
Rayon d'effet depuis centroïde (m) :													
Unités		Longueur (m)	Surface (ha)	Nombre de personnes exposées	Longueur (m)	Surface (ha)	Nombre de personnes exposées	Longueur (m)	Surface (ha)	Nombre de personnes exposées	Longueur (m)	Surface (ha)	Nombre de personnes exposées
TERRAINS NON-BATIS	Terrains non-aménagés et très peu fréquentés		44,37	0,44		43,92	0,44		43,58	0,44		44,37	0,44
	Terrains aménagés mais peu fréquentés		0,00	0,00		0,45	0,05		0,79	0,08		0,00	0,00
	Terrains aménagés et fréquentés voire très fréquentés		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00
VOIES DE CIRCULATION	Non-structurante (< 2000 véh./jour)												
	Chemin rural												
	Chemin d'accès/Plateforme												
	Route communale												
	Route départementale												
	Structurante (> 2000 véh./jour)												
	Autoroute												
	Route structurante (2*2 voies)												
	Route structurante (2*1 voie)												
Voie ferrée (2 voies)													
Voie ferrée (1 voie)													
Voie navigable													
Chemins de randonnées		0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
LOGEMENT	Moyenne INSEE												
	Commerces et ERP de catégorie 5 : magasin de détail de proximité (boulangerie, presse, coiffeur...)												
ERP	Commerces et ERP de catégorie 5 : tabacs, café, restaurants, supérettes, bureaux de poste												
	Autres												
ZONES D'ACTIVITE			0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00
<b>TOTAL DU NOMBRE DE PERSONNES EXPOSEES</b>			<b>0,44</b>		<b>0,48</b>		<b>0,51</b>		<b>0,44</b>				

## EFFONDREMENT

		Risque : EFFONDREMENT											
		E1			E2			E3			E4		
		182											
Rayon d'effet depuis centroïde (m):													
Unités		Longueur (m)	Surface (ha)	Nombre de personnes exposées	Longueur (m)	Surface (ha)	Nombre de personnes exposées	Longueur (m)	Surface (ha)	Nombre de personnes exposées	Longueur (m)	Surface (ha)	Nombre de personnes exposées
TERRAINS NON-BATIS	Terrains non-aménagés et très peu fréquentés		10,02	0,10		10,08	0,10		10,00	0,10		10,00	0,10
	Terrains aménagés mais peu fréquentés		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00
	Terrains aménagés et fréquentés voire très fréquentés		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00
VOIES DE CIRCULATION	Non-structurante (< 2000 véh./jour)												
	Chemin rural	195	0,10	0,01	90,00	0,05	0,00		0,00	0,00	90,00	0,05	0,00
	Chemin d'accès/Plateforme		0,14	0,01		0,30	0,03		0,42	0,04		0,21	0,02
	Route communale	335	0,17	0,02		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00
	Route départementale		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00	240,00	0,17	0,02
	Structurante (> 2000 véh./jour)												
	Autoroute		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00
	Route structurante (2*2 voies)		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00
	Route structurante (2*1 voie)		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00
	Voie ferrée (2 voies)		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00
Voie ferrée (1 voie)		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00	
Voie navigable		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00	
Chemins de randonnées		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00	
LOGEMENT	Moyenne INSEE		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00
ERP	Commerces et ERP de catégorie 5: magasin de détail de proximité (boulangerie, presse, coiffeur...)		0,00	0		0,00	0		0,00	0		0,00	0
	Commerces et ERP de catégorie 5: tabacs, café, restaurants, supérettes, bureaux de poste		0,00	0		0,00	0		0,00	0		0,00	0
	Autres		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00
ZONES D'ACTIVITE			0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00
<b>TOTAL DU NOMBRE DE PERSONNES EXPOSEES</b>			<b>0,14</b>		<b>0,14</b>		<b>0,14</b>		<b>0,14</b>		<b>0,14</b>		<b>0,14</b>

CHUTE DE GLACE

		Risque : CHUTE DE GLACE											
		E1			E2			E3			E4		
		71			71			71			71		
Rayon d'effet depuis centroide (r)													
Unités		Longueur (m)	Surface (ha)	Nombre de personnes exposées	Longueur (m)	Surface (ha)	Nombre de personnes exposées	Longueur (m)	Surface (ha)	Nombre de personnes exposées	Longueur (m)	Surface (ha)	Nombre de personnes exposées
TERRAINS NON-BATIS	Terrains non-aménagés et très peu fréquentés		1,46	0,01		1,46	0,01		1,43	0,01		1,46	0,01
	Terrains aménagés mais peu fréquentés		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00
	Terrains aménagés et fréquentés voire très fréquentés		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00
VOIES DE CIRCULATION	Non-structurante (< 2000												
	Chemin rural		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00
	Chemin d'accès/Plateforme		0,14	0,01		0,14	0,01		0,17	0,02		0,14	0,01
	Route communale		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00
	Route départementale		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00
	Structurante (> 2000 véh./jour)												
	Autoroute		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00
	Route structurante (2*2 voies)		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00
	Route structurante (2*1 voie)		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00
	Voie ferrée (2 voies)		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00
	Voie ferrée (1 voie)		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00
Voie navigable		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00	
Chemins de randonnées		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00	
LOGEMENT	Moyenne INSEE		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00
ERP	Commerces et ERP de catégorie 5 : magasin de détail de proximité (boulangerie, presse, coiffeur...)		0,00	0		0,00	0		0,00	0		0,00	0
	Commerces et ERP de catégorie 5 : tabacs, café, restaurants, supérettes, bureaux de poste		0,00	0		0,00	0		0,00	0		0,00	0
	Autres		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00
ZONES D'ACTIVITE			0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00
<b>TOTAL DU NOMBRE DE PERSONNES EXPOSEES</b>			<b>0,03</b>		<b>0,03</b>		<b>0,03</b>		<b>0,03</b>		<b>0,03</b>		<b>0,03</b>

## CHUTE D'ELEMENTS

		Risque : CHUTE D'ELEMENT											
		E1			E2			E3			E4		
Rayon d'effet depuis centralité (m):		71			71			71			71		
Unités		Longueur (m)	Surface (ha)	Nombre de personnes exposées	Longueur (m)	Surface (ha)	Nombre de personnes exposées	Longueur (m)	Surface (ha)	Nombre de personnes exposées	Longueur (m)	Surface (ha)	Nombre de personnes exposées
TERRAINS NON-BATIS	Terrains non-aménagés et très peu fréquentés		1,46	0,01		1,46	0,01		1,43	0,01		1,46	0,01
	Terrains aménagés mais peu fréquentés		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00
	Terrains aménagés et fréquentés voire très fréquentés		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00
VOIES DE CIRCULATION	Non-structurante (< 2000 véh./jour)												
	Chemin rural		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00
	Chemin d'accès/Plateforme		0,14	0,01		0,14	0,01		0,17	0,02		0,14	0,01
	Route communale		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00
	Route départementale		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00
	Structurante (> 2000 véh./jour)												
	Autoroute		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00
	Route structurante (2*2 voies)		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00
	Route structurante (2*1 voie)		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00
	Voie ferrée (2 voies)		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00
Voie ferrée (1 voie)		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00	
Voie navigable		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00	
Chemins de randonnées		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00	
LOGEMENT	Moyenne INSEE		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00
ERP	Commerces et ERP de catégorie 5: magasin de détail de proximité (boulangerie, presse, coiffeur...)		0,00	0		0,00	0		0,00	0		0,00	0
	Commerces et ERP de catégorie 5: tabacs, café, restaurants, supérettes, bureaux de poste		0,00	0		0,00	0		0,00	0		0,00	0
	Autres		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00
ZONES D'ACTIVITE			0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00
<b>TOTAL DU NOMBRE DE PERSONNES EXPOSEES</b>			<b>0,03</b>		<b>0,03</b>		<b>0,03</b>		<b>0,03</b>		<b>0,03</b>		<b>0,03</b>

## ANNEXE 3 – TABLEAU DE L'ACCIDENTOLOGIE FRANÇAISE

Le tableau ci-dessous a été établi par le groupe de travail constitué pour la réalisation du guide technique de l'INERIS. Il recense l'ensemble des accidents et incidents connus en France concernant la filière éolienne entre 2000 et fin 2011. L'analyse de ces données est présentée dans l'étude de dangers.

Type d'accident	Date	Nom du parc	Département	Puissance (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 caractériser 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)	-
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 2,5 m à 50m, 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)	Incident identique à celui s'étant produit 15 jours auparavant
Rupture de pale	2004	Escales-Conilhac	Aude	0,75	2003	Non	Bris de trois pales		Site Vent de Colère	Information peu précise

Type d'accident	Date	Nom du parc	Département	Puissance (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 + 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 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	-
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)	-
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)	-
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	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident pendant la phase chantier)
Rupture de pale	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	-
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)	-
Emballement	03/2008	Dinéault	Finistère	0,3	2002	Non	Emballement de l'éolienne mais pas de bris de pale	Tempête + système de freinage hors service (boulon manquant)	Base de données ARIA	Non utilisable directement dans l'étude de dangers (événement unique et sans répercussion potentielle sur les personnes)
Collision avion	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)	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)	-
Incendie	28/08/2008	Vauvillers	Somme	2	2006	Oui	Incendie de la nacelle	Problème au niveau d'éléments électroniques	Dépêche AFP 28/08/2008	-
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	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 (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	-
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)	-
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	-
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	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
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	-



Voici la liste complémentaire de l'accidentologie INERIS basée sur la consultation de la base de données ARIA du 01/01/2012 au 12/09/2018 :

- **04/01/2012 - WIDEHEM (62) – Projection de pale/morceau de pale** : Vers 20h50, alors que le vent souffle en rafales à plus de 100 km/h, les 6 éoliennes d'un parc se mettent en arrêt de sécurité. Sur l'une d'elles, une pale se disloque, percute le mât puis une seconde pale. Des débris sont projetés à 160° jusqu'à 380 m sur 4,3 ha. Des usagers de l'A16 voisine signalent l'accident à l'aube. Sur place à 8h30, la force publique met en place un périmètre de sécurité. La vitesse sur l'autoroute est localement réduite à 90 km/h. La dépose des pales endommagées débute le 09/01. Les 5,4 t de déchets industriels banals, soit 35 m<sup>3</sup>, sont éliminées par la filière adaptée. Un arrêté préfectoral impose le maintien à l'arrêt des installations dans l'attente d'une réparation et d'essais confirmant leur sécurité. Les pertes matérielles sont estimées à 800 kEuros. Le manque à gagner se chiffre à 20 kEuros par semaine d'arrêt. Juste avant l'accident, une perte d'alimentation sur le réseau 20 kV pendant 300 ms a provoqué l'indisponibilité prolongée du poste source alimentant le site. Cette coupure électrique a déclenché la mise en sécurité passive des éoliennes (ouverture des électrovannes commandant le circuit hydraulique de freinage). Selon l'exploitant, les violentes rafales instantanées (150 km/h) enregistrées le 3/01 ont pu endommager la pale en générant des efforts excédant les valeurs admissibles. Les fortes contraintes mécaniques lors de l'arrêt brutal de la rotation auraient alors déclenché sa dislocation. L'intrados de la pale se serait séparé de l'extrados avant de percuter le mât puis l'autre pale. L'éolienne détruite était également la seule du parc dépourvue de dispositif de ralentissement aérodynamique en bout de pale actionné par la force centrifuge. Elle en sera désormais équipée. Ce système protège mécaniquement les pales en réduisant la vitesse de rotation avant l'activation du frein hydraulique. Suite à l'accident, la vitesse de bridage des éoliennes est par ailleurs temporairement abaissée de 25 à 19 m/s. Ce modèle d'éolienne installé au début des années 2000 est impliqué dans au moins 2 autres accidents (ARIA 29385 et 38999).
- **06/02/2012 – LEHAUCOURT (02) – Accident de maintenance** : Vers 11 h au cours d'une opération de maintenance dans la nacelle d'une éolienne de 100 m de hauteur, un arc électrique (690 V) blesse deux sous-traitants, l'un gravement (brûlures aux mains et au visage) et l'autre légèrement (brûlures aux mains). Les 2 victimes descendent par leurs propres moyens. Les pompiers hospitalisent l'employé le plus gravement atteint et s'assurent qu'il n'y a plus de risque dans la nacelle. Le maire s'est rendu sur place. La gendarmerie et l'inspection du travail effectuent des enquêtes. Les victimes portaient leurs EPI lors des faits. Un accident similaire s'était produit en 2009 (ARIA 35814).
- **11/04/2012 - SIGEAN (11) – Projection de pale/morceau de pale** : Une éolienne se met en arrêt automatique suite à l'apparition d'un défaut à 10 h. Des agents de maintenance la réarment à 12h14. Un défaut de vibration apparaît 11 minutes plus tard. Sur place, les techniciens constatent la présence d'un impact sur le mât et la projection à 20 m d'un débris de pale long de 15 m. Un périmètre de sécurité de 100 m est mis en place et l'éolienne est mise en sécurité (pales en drapeau). Au moment de l'accident, la vitesse du vent était de 10 à 12 m/s. L'inspection des installations classées a été informée. L'expertise d'assurance attribue l'accident à un impact de foudre sur l'éolienne. Un an plus tard, celle-ci est toujours arrêtée.
- **18/05/2012 – FRESNAY-L'EVEQUE (28) – Chute de pale** : Dans un parc de 26 éoliennes de 2 MW mis en service en 2008, un aérogénérateur est mis à l'arrêt vers 3 h suite à la détection d'une oscillation anormale. L'équipe de maintenance d'astreinte constate à 8 h la chute d'une pale (9 t, 46 m) au pied de l'installation et la rupture du roulement qui raccordait la pale au hub. Le pied de mat se situe à 190 m de la D389 et à 400 m de l'A10. L'analyse des relevés des capteurs et des comptes-rendus d'entretien ne révèle aucune anomalie ni signe précurseur (contraintes anormales qui auraient pu endommager le roulement, vibration suspecte avant la rupture, différence d'orientation des pales, défaut d'aspect visuel lors des contrôles...). Des traces de corrosion sont détectées dans les trous d'alésages traversant une des bagues du roulement reliant pale et hub. Selon le fabricant, cette corrosion proviendrait des conditions de production et de stockage des pièces constitutives du roulement. L'installation est remise en service fin octobre après remplacement de la pale endommagée et mise en place de nouveaux roulements possédant une protection contre la corrosion. L'exploitant demande à l'entreprise en charge de la maintenance, et fabricante, des éoliennes du parc de:
  - procéder au contrôle visuel des roulements de l'ensemble des éoliennes tous les 3 mois.
  - procéder au contrôle acoustique des roulements et de mesurer le niveau de corrosion.
  - supprimer la corrosion des alésages à risque.
  - contrôler l'absence de fissures résiduelles par courant de Foucault.

Les roulements de toutes les éoliennes du parc sont remplacés au cours de l'été 2018.

- **30/05/2012 – PORT-LA-NOUVELLE (11) – Effondrement d'éolienne** : Les rafales de vent à 130 km/h observées durant la nuit ont provoqué l'effondrement de la tour en treillis de 30 m de haut et la chute d'une éolienne. Construit en 1991, l'aérogénérateur de 200 kW faisait partie des premières installations de ce type en France. Il était à l'arrêt pour réparations au moment des faits. Le site, ouvert au public, est sécurisé.
- **01/11/2012 – VIEILLESPESE (15) – Chute d'un élément** : Un élément de 400 g constitutif d'une pale d'éolienne est projeté à 70 m du mât, à l'intérieur de la parcelle clôturée du parc de 4 aérogénérateurs de 2,5 MW mis en service en 2011.
- **05/11/2012 – SIGEAN (11) – Incendie** : Un feu se déclare vers 17 h sur une éolienne de 660 kW au sein d'un parc éolien ; un voisin donne l'alerte à 17h30. Des projections incandescentes enflamment 80 m<sup>2</sup> de garrigue environnante. Les pompiers éteignent

l'incendie vers 21h30. L'exploitant met en place un balisage de sécurité à l'aube le lendemain. A la suite de la chute d'une pale à 15h20, un gardiennage 24 h / 24 est mis en place. Le 08/11, la municipalité interdit par arrêté l'accès au chemin menant à l'éolienne. Le feu s'est déclaré en partie basse de l'éolienne (transformateur ou armoire basse tension). Les flammes ont ensuite atteint la nacelle, sans doute en se propageant le long des câbles électriques (non résistants au feu) à l'intérieur du mât. Un dysfonctionnement du frein de l'éolienne à la suite de la perte des dispositifs de pilotage résultant de l'incendie en pied pourrait avoir agi comme circonstance aggravante. Cet accident met en lumière la nécessaire tenue au feu des câbles, les possibilités de suraccident (propagation de l'incendie à la végétation environnante, chute de pale) et des pistes d'amélioration dans la détection et la localisation des incendies d'éoliennes, ainsi que dans la réduction des délais d'intervention.

- **06/03/2013 CONILHAC-DE-LA-MONTAGNE (11) – Chute de pale** : A la suite d'un défaut de vibration détecté à 19h05, une éolienne se met automatiquement à l'arrêt. Sur place le lendemain à 9 h, des techniciens du constructeur trouvent au sol l'une des 3 pales qui s'est décrochée avant de percuter le mât. L'éolienne est mise en sécurité (2 pales restantes mises en drapeau, blocage du rotor, inspection du moyeu). Un périmètre de sécurité de 30 m est établi au pied de l'éolienne et la municipalité interdit l'accès à la zone. L'accident est déclaré à l'inspection des installations classées 48 h plus tard. L'une des pales de cette éolienne avait déjà connu un problème de fixation en novembre 2011. Les fixations de cette pale au moyeu avaient été remplacées et le serrage des vis des 2 autres avait été contrôlé en avril 2012. La veille du défaut de vibration, la machine s'était arrêtée après la détection d'un échauffement du frein et d'une vitesse de rotation excessive de la génératrice. Un technicien l'avait remise en service le matin même de l'accident sans avoir constaté de défaut.
- **17/03/2013 EUVY (51) – Incendie** : Des usagers de la N4 signalent vers 15h30 un feu dans la nacelle d'une éolienne. L'exploitant arrête 7 des 18 aérogénérateurs du parc. Un périmètre de sécurité de 150 m est mis en place. Le sinistre émet une importante fumée. Une des pales tombe au sol, une autre menace de tomber. Des pompiers spécialisés dans l'intervention en milieux périlleux éteignent le feu en 1 h. 450 l d'huile de boîte de vitesse s'écoulent, conduisant l'exploitant à faire réaliser une étude de pollution des sols. Les maires des communes voisines se sont rendus sur place. Au moment du départ de feu, le vent soufflait à 11 m/s. La puissance de l'éolienne était proche de sa puissance nominale. La gendarmerie évoque une défaillance électrique après avoir écarté la malveillance. Le parc, mis en service en 2011, avait déjà connu un incendie quelques mois plus tôt selon la presse. Les 18 machines sont inspectées. A la suite de l'accident, l'exploitant et la société chargée de la maintenance étudient la possibilité d'installer des détecteurs de fumées dans les éoliennes.
- **20/06/2013 - LABASTIDE-SUR-BESORGUES (07) – Foudre** : Un impact de foudre endommage vers 15h30 une éolienne : une pale est déchirée sur 6 m de longueur, le boîtier basse tension et le parafoudre en tête d'installation au poste de livraison sont détruits. Des installations du réseau électrique et téléphonique sont également endommagées. L'éolienne est mise en sécurité et un périmètre de sécurité est établi. La municipalité, l'aviation civile (défaut de balisage), les services de l'électricité et du téléphone, la société en charge de la maintenance et l'inspection des installations classées sont informés. L'impact enregistré le plus proche de l'éolienne au moment de l'orage est donné avec une intensité de 94 kA. L'exploitant change les 3 pales et redémarre l'éolienne le 02/08/13. Le fabricant de l'éolienne indique que ce type d'incident est exceptionnel (incursion d'un arc électrique dans la pale conduisant à une montée en pression de l'air intérieur), aucune dérivation fonctionnelle du système parafoudre n'ont été trouvées.
- **01/07/2013 CAMBON-ET-SALVERGUES (34) – Accident de maintenance** : Un opérateur remplissant un réservoir d'azote sous pression dans une éolienne est blessé par la projection d'un équipement. Alors qu'il vient de faire l'appoint en gaz d'un cylindre sous pression faisant partie du dispositif d'arrêt d'urgence des pales d'une éolienne, un technicien de maintenance démonte l'embout d'alimentation vissable. Une partie de la visserie de la vanne de fermeture reste solidaire de l'embout et se dévisse avec lui. L'ensemble démonté est projeté au visage de l'opérateur et lui brise le nez et plusieurs dents. Le jet de gaz affecte ses voies respiratoires. Descendue de la nacelle de l'éolienne avec l'assistance de son collègue, la victime est hospitalisée. La gendarmerie place l'accumulateur de gaz sous scellé pour être expertisé. Afin d'éviter de tels accidents, la visserie de la vanne présentait une petite perforation destinée à alerter l'opérateur : un sifflement et une formation de glace liée à la détente du gaz se produisent 4 tours et demi avant le dévissage total. La survenue de l'accident malgré ce dispositif amène l'exploitant à repenser la procédure d'alimentation de l'accumulateur de gaz dans la configuration exigüe de la nacelle d'éolienne : 8 000 machines sont potentiellement concernées. Dans l'attente des résultats d'expertise, les accumulateurs seront remplis en usine après démontage.
- **03/08/2013 MOREAC (56) – Fuite d'huile** : Une nacelle élévatrice utilisée pour une intervention de maintenance sur une éolienne perd 270 l d'huile hydraulique. Le produit pollue le sol sur 80 m<sup>2</sup>. 25 t de terres polluées sont excavées et envoyées en filière spécialisée.
- **09/01/2014 ANTHONY (08) - Incendie** : Un feu se déclare vers 18 h au niveau de la partie moteur d'une éolienne de 2,5 MW. Le parc éolien est isolé électriquement. Un périmètre de sécurité de 300 m est instauré. Le feu s'éteint de lui-même vers 20 h. La nacelle est détruite, le rotor est intact. Le balisage aéronautique de la machine étant hors-service, les services de l'aviation civile sont alertés. La presse évoque un incident électrique pour expliquer le départ de feu. L'éolienne sinistrée est démantelée le 17/06 par basculement à l'explosif. Cette opération nécessite la mise en place d'un périmètre de sécurité d'un kilomètre.
- **20/01/2014 SIGEAN (11) - Chute de pale** : Une des éoliennes d'un parc s'arrête automatiquement à 3h09 à la suite d'un défaut « vibration ». Sur place à 9h30, les techniciens de maintenance (assurée par le fabricant des éoliennes) retrouvent une pale de 20

m au pied du mât. Les 2 autres pales sont toujours en place. Un périmètre de sécurité de 100 m est établi autour de l'éolienne et surveillé par une société de gardiennage pour éviter l'intrusion de tiers. L'ensemble des machines du parc est mis à l'arrêt pour inspection puis redémarré, à l'exception de l'éolienne endommagée dont la pale sera remplacée. L'exploitant informe l'inspection des installations classées ainsi que la mairie et déclare le sinistre auprès de ses assureurs dans l'après-midi. Le morceau de pale détaché est évacué du site en vue d'une expertise. Lors de l'accident le vent soufflait entre 18 m/s et 22 m/s. L'expertise identifie la cause directe de la chute de la pale : des fissures sont 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. Toutes les éoliennes du parc, sauf une, sont équipées de cette pièce. Avant remise en service du parc (qui avait été mis à l'arrêt suite à l'incident), des contrôles ultrasonores sont réalisés sur l'ensemble des pièces « alu ring ». 2 pales sont maintenues à l'arrêt à cause de la découverte d'une fissuration avancée de cette pièce. L'exploitant prévoit le remplacement, d'ici fin 2014, des pales des éoliennes à l'arrêt par des pièces faisant l'objet d'un nouveau design. Les autres feront l'objet d'un contrôle périodique afin de suivre l'évolution des fissures et de pouvoir programmer, le cas échéant, le remplacement ou la réparation des pales défectueuses.

- **14/11/2014 SAINT-CIRGUES-EN-MONTAGNE (07) - Projection de pale/morceau de pale :** La pale d'une éolienne chute vers 15h10 lors d'un orage. Des rafales de vent atteignent les 130 km/h. L'élément principal chute au pied de l'éolienne, mais certains débris sont projetés à 150 m. Les secours établissent un périmètre de sécurité et ferment la voie d'accès. L'exploitant sécurise la pale endommagée et bloque la rotation de la nacelle. L'installation est expertisée et les 8 autres éoliennes du parc sont inspectées.
- **05/12/2014 FITOU (11) - Projection de pale/morceau de pale :** A leur arrivée dans un parc éolien, des techniciens de maintenance constatent que l'extrémité d'une pale d'une éolienne est au sol. Il s'agit d'une des 2 parties de l'aérofrein de la pale. Cette partie, en fibre de verre, mesure 3 m de long. Elle est retrouvée à 80 m du mât. La seconde partie de l'aérofrein constitue sa partie mécanique interne. Ces éléments-là sont encore en place sur la pale. L'éolienne est arrêtée et mise en sécurité, la pale endommagée vers le bas. L'exploitant effectue une inspection visuelle des pales des 8 autres éoliennes du parc. En première approche, l'exploitant attribue l'incident à une défaillance matérielle ou à un décollement sur les plaques en fibre de verre. Les morceaux récupérés au sol sont envoyés au centre de maintenance de l'exploitant pour expertise.
- **29/01/2015 REMIGNY (02) – Incendie :** A 6h25 un feu se déclare dans une éolienne. Celle-ci est automatiquement mise à l'arrêt sur alarme du détecteur de fumée. Sur place à 7h30, des employés constatent la présence de flammes et de fumée. Ils alertent les pompiers. A cause des fumées, ces derniers ne parviennent pas à approcher de la source de l'incendie. Ils doivent attendre leur dissipation. A 9h20 ils réussissent à progresser dans l'éolienne et éteignent l'incendie. Les dommages matériels sont estimés à 150 k€. Les 1 500 l d'eau utilisés pour le nettoyage sont pompés. Un défaut d'isolation au niveau des connexions des conducteurs de puissance serait à l'origine du sinistre. Le câble mis en cause assure la jonction entre la base et le haut de la tour. Ce défaut aurait provoqué un arc électrique entre 2 phases ce qui aurait initié l'incendie. L'éolienne n'était pas encore en exploitation, mais en phase de test. L'exploitant prévoit de tester la qualité de l'isolation de tous les câbles de puissance avant la mise en service. Il prévoit également de réaliser des mesures thermiques sur tous les câbles de puissance à 80% de leur charge nominale.
- **06/02/2015 LUSSERAY (79) - Incendie :** Vers 15h30, un feu se déclare dans une éolienne, au niveau d'une armoire électrique où interviennent 2 techniciens. Ces derniers éteignent l'incendie avec 2 extincteurs. L'éolienne est hors service le temps des réparations.
- **24/08/2015 SANTILLY (28) – Incendie :** Un feu se déclare vers 13h30 sur le moteur d'une éolienne situé à 90 m de hauteur. La nacelle étant trop haute pour la grande échelle des pompiers, ces derniers décident de laisser brûler le foyer sous surveillance. Les chemins menant à l'éolienne sont interdits à la circulation.
- **10/11/2015 MENIL-LA-HORGNE (55) - Chute de pales :** Vers 22h30, les 3 pales et le rotor d'une éolienne, dont la nacelle se situe à 85 m de haut, chutent au sol. Le transformateur électrique, à son pied, est endommagé. De l'huile s'en écoule mais reste confinée dans la rétention. Le centre de supervision à distance du parc constate la perte de communication avec l'éolienne. Il la découple du réseau. Le lendemain, les agents de maintenance constatent sur place la rupture du rotor. Ils sécurisent la zone. Les 6 autres éoliennes du parc sont mises à l'arrêt. Les débris, disséminés sur 4000 m<sup>2</sup>, sont ramassés. Selon l'exploitant, les premières constatations indiqueraient une défaillance de l'arbre lent, qui assure la jonction entre le rotor et la multiplicatrice. Elle trouverait son origine dans un défaut de fabrication de la pièce. Une non-conformité dans le processus de moulage de cette pièce de fonderie en acier est suspectée. Un défaut métallurgique, de type inclusion de laitier, aurait fragilisé la pièce et conduit à sa rupture par fatigue. Les contrôles réalisés sur les autres éoliennes du parc ont mis en évidence que ce type de défaut était présent sur un des autres arbres lents, au même niveau que celui accidenté. Au total 54 éoliennes du même modèle sont installées en France. Les services du ministère du développement durable demandent au fabricant d'établir un programme de contrôle adapté. A la suite des contrôles effectués sur les autres arbres lents du même parc d'éolienne, 2 d'entre eux sont remplacés.
- **07/02/2016 CONILHAC-CORBIERES (11) – Chute de pale/morceau de pale :** Vers 11h30, l'aérofrein d'une des 3 pales d'une éolienne se rompt et chute au sol. L'exploitant procède à l'arrêt de l'ensemble du parc éolien à distance. Les secours sécurisent les lieux. Les premières investigations indiqueraient qu'un point d'attache du système mécanique de commande de l'aérofrein (système à câble) se serait rompu, ce qui aurait actionné l'ouverture de l'aérofrein. Du fait des fortes charges présentes sur le rotor, l'axe en carbone qui maintient l'aérofrein à la pale et/ou le point d'ancrage de cet axe, se serait alors rompu. Une campagne de contrôle des pales, aérofreins et de la chaîne de sécurité de chaque éolienne est réalisée.
- **08/02/2016 DINEAULT (29) - Projection de pale/morceau de pale :** Lors d'une tempête, des vents à 160 km/h endommagent une éolienne : une pale chute au sol, une autre se déchire. La pale rompue est retrouvée à 40 m du pied du mât. Dans les 2 cas, les manchons des pales sont restés arrimés au moyeu. L'exploitant met en sécurité les 4 éoliennes du parc. Les secours établissent un périmètre de sécurité de 350 m. L'éolienne, de 29 m de hauteur, datait de 1999 (puissance unitaire de 300 kW).
- **07/03/2016 CALANHEL (22) - Chute de pale :** Vers 18 h, une des pales d'une éolienne se rompt et chute à 5 m du pied du mât. La turbine s'arrête automatiquement. L'exploitant est alerté par un agriculteur. Un intervenant se rend sur place et constate les dégâts. Le mât est endommagé dans sa partie haute, causé par un choc avec la pale, sans présenter de risque de chute. Il balise la zone pour prévenir des chutes possibles d'éléments du rotor. 8 autres turbines du parc sont mises à l'arrêt. Les 2 dernières, ayant fait l'objet d'une révision intégrale récente, sont maintenues en fonctionnement. Le lendemain, le site est sécurisé. La pale est déplacée, en dehors de la zone de culture. Les gros débris composés de matériaux composites et d'éléments mécaniques métalliques, projetés sur 50 m, sont regroupés pour expertise. La totalité des 54 billes de roulement est récupérée. Les débris de petite taille ne pouvant être retirés intégralement, les exploitants des parcelles agricoles concernées sont informés. La zone d'entreposage est balisée. L'inspection des éléments mécaniques au sol et du rotor permet d'envisager une défaillance du système d'orientation de la pale. Celle-ci aurait entraîné la rupture de la couronne extérieure du roulement à bille puis la libération de la couronne intérieure solidaire de la pale. L'éolienne avait fait l'objet d'une maintenance complète en septembre 2015. Son roulement ne présentait pas d'usure anormale. Cependant, une série d'alarmes était survenue le matin de l'événement. Une panne sur un groupe hydraulique avait nécessité l'intervention des équipes de maintenance. Après réparation, l'éolienne avait été redémarrée vers 14 h. L'exploitant prend les mesures immédiates suivantes :
  - démantèlement de l'éolienne impactée ;
  - réalisation d'un protocole de contrôle, par le fabricant, du roulement et de la boulonnerie de toutes les pales avant redémarrage des unités arrêtées ;
  - inhibition du réarmement automatique de la turbine sur apparition d'une alarme de dysfonctionnement du système d'orientation des pales ;
  - limitation de la puissance produite à 650 kW (au lieu de 800 kW) pour une période d'observation de 7 jours.
- **28/05/2016 JANVILLE (28) - Fuite d'huile :** À 15h15, un employé constate un écoulement d'huile sous la nacelle d'une éolienne. Il arrête celle-ci et contacte l'équipe de maintenance. Arrivés à 17 h, les agents mettent en place des absorbants. L'écoulement d'huile est récupéré avant d'avoir atteint le sol. La défaillance d'un raccord sur le circuit de refroidissement de l'huile de la boîte de vitesse de l'éolienne est à l'origine de la fuite. L'installation est réparée 2 jours plus tard. L'exploitant engage une campagne de remplacement des raccords identiques du parc.
- **10/08/2016 HESCAMPS (80) - Incendie :** Vers 15 h, un feu se déclare dans la partie haute d'une éolienne, au niveau du rotor. Un technicien maîtrise l'incendie avant l'arrivée des pompiers. Il redescend seul les 70 m de l'échelle intérieure de l'éolienne. Il est légèrement intoxiqué par les fumées. Les pompiers contrôlent l'extinction complète et procèdent à la ventilation. Une défaillance électrique serait à l'origine du départ de feu.
- **18/08/2016 DARGIES (60) - Incendie :** Un technicien de maintenance d'un parc éolien constate vers 9 h qu'une éolienne ne tourne plus. Il découvre que de la fumée s'échappe de la tête de l'éolienne, à 80 m de haut. Des pompiers spécialisés dans les interventions en milieux périlleux effectuent une reconnaissance en partie haute de la machine. Ils ouvrent une trappe de ventilation. Une défaillance électrique serait à l'origine de l'incendie. L'armoire électrique ou le pupitre de commande en serait le point de départ.
- **14/09/2016 LES GRANDES CHAPELLES (10) – Accident de maintenance :** Vers 15 h, un employé est électrisé alors qu'il intervient dans le nez d'une éolienne. Les pompiers spécialisés dans les interventions en hauteur évacuent la victime consciente.
- **11/01/2017 - LE QUESNOY (59) - Fissure sur une pale d'éolienne :** Une fissure est constatée sur une pale d'une éolienne. L'exploitant arrête l'installation. L'expertise de la pale conclut que le dommage est suffisamment réduit pour être réparable. Il n'est donc pas nécessaire de procéder à son remplacement. L'exploitant envisage d'effectuer cette réparation au printemps, lorsque les conditions météorologiques permettront d'intervenir sans la déposer. Selon l'exploitant, le défaut ne présente pas de caractère générique.
- **12/01/2017 - TUCHAN (11) – Chute de pale :** Vers 4 h, au cours d'un épisode de vents violents, les 3 pales d'une éolienne chutent au sol. L'exploitant collecte les morceaux de fibre de carbone répartis autour du mât de 40 m de l'éolienne. Des impacts sur le mât sont visibles. Il met en place des barrières et un gardiennage pour en sécuriser l'accès. L'éolienne, de 600 kW mise en service en 2002, était à l'arrêt pour maintenance suite à la casse totale de son arbre lent quelques jours auparavant. Cette rupture a eu pour conséquence le désaccouplement du rotor avec le multiplicateur, donc de rendre inopérant le frein mécanique. Bien que mise en position de sécurité (parallèle au vent et aérofrein des pales activé), les vents à 25 m/s ont provoqué la rupture des pales à cause d'une vitesse de rotation excessive. Après expertise, l'exploitant conclut que la cause la plus probable de la casse de l'arbre lent est un endommagement du roulement avant sur lequel l'arbre est posé. Cette défaillance aurait induite une contrainte importante en flexion sur la partie arrière, à l'entrée dans le multiplicateur, provoquant sa rupture. Aucune faiblesse n'est identifiée dans la structure de la matière de l'arbre. Les contrôles réalisés sur les autres installations de son parc ne détectent pas

d'anomalie. Afin d'éviter le renouvellement de cet incident, l'exploitant prévoit d'équiper tous ses aérogénérateurs d'un capteur inductif de présence. Couplé au système de contrôle/commande de l'éolienne, ceci permettrait de mettre l'éolienne en sécurité dès que le roulement avant viendrait à s'affaisser de plus de 1 mm. Dans pareil cas, un contrôle visuel et fonctionnel de l'ensemble roulement/arbre lent serait engagé. De plus, un contrôle vibratoire de la chaîne d'entraînement est planifié à intervalles réguliers afin de détecter un éventuel défaut d'alignement ou une contrainte particulière.

L'éolienne accidentée est remise en service après réparation de son mât et remplacement des pièces endommagées (pales, multiplicateur, arbre lent).

- **18/01/2017 - NURLU (80) - Chute de pale** : Un particulier constate qu'une pale d'éolienne est tombée au sol et s'est brisée en plusieurs morceaux. Il informe l'exploitant qui arrête toutes les machines du parc en activité. Arrivés sur site à 11h30, des agents demandent la mise en sécurité de l'éolienne et mettent en place un périmètre de sécurité autour de la zone. Selon la presse, la tempête survenue quelques jours auparavant pourrait être à l'origine de la chute. Sur place le lendemain, l'inspection des installations classées constate que les 2/3 de la pale sont brisés, mais que son armature est toujours en place. L'essentiel des débris se situe à moins de 90 m du mât. Les débris les plus lourds sont à moins de 27 m.
- **27/02/2017 LAVALLEE (55) – Projection de pale/morceau de pale** : Lors d'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. L'ensemble du parc éolien, qui compte 4 éoliennes de 2 MW et 80 m de haut, est mis à l'arrêt. Les débris sont ramassés et traités par une société spécialisée, pour expertise. Un orage violent s'est abattu sur la zone de 18 h à 18h30. À 18h07, l'alarme "vent fort" de l'éolienne voisine s'est déclenchée. L'alarme "capteur de vibration" de l'éolienne endommagée s'est déclenchée à la même heure. À 18h10, le réseau électrique a été coupé, provoquant la perte de liaison avec le parc éolien. L'exploitant a découvert la casse le lendemain en se rendant sur place pour remettre le parc en service. Le parc a été mis en service en février 2011.
- **27/02/2017 TRAYES (79) - Projection de pale/morceau de pale** : Vers 22 h, le système d'exploitation d'un parc éolien émet des alarmes portant sur l'éolienne n°4 : mise à l'arrêt de l'éolienne et incohérence entre les vitesses de rotation du rotor et de l'arbre de la génératrice électrique. Le lendemain matin, l'exploitant constate sur place que 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, haut lui-même de 78 m. L'exploitant place les 5 éoliennes en position de sécurité et initie des expertises. Il collecte les débris et sécurise le site. L'exploitant envisage les facteurs suivants, seuls ou combinés, comme cause du bris de pale :
  - défaut au niveau du bord d'attaque de la pale ;
  - impact de la foudre ;
  - fortes rafales de vent.

À l'issue des contrôles sur les 4 autres éoliennes du parc, 2 d'entre elles sont remises en service. Des défauts sont découverts sur les 2 autres :

- les plans de collages entre la poutre structurelle interne (le spar) et les demi-coques aérodynamiques (blade shells) présentent par endroits d'importantes zones de décohésion ;
- des fissurations, portant atteinte aux structures des coques aérodynamiques et des plans de collages des bords d'attaque et bords de fuite des pales, sont présentes ;
- des collecteurs de foudre (diverter strip) sont manquants ou endommagés à la pointe de certaines pales.

L'exploitant s'engage à réaliser les réparations nécessaires avant la remise en service de ces 2 éoliennes.

- **06/06/2017 ALLONNES (28) - Incendie** : Vers 18 h, un feu se déclare dans la nacelle d'une éolienne. L'exploitant met en sécurité les 17 machines du parc éolien. Les secours coupent la circulation sur la N154. L'incendie s'éteint seul, à la fin de la combustion de la nacelle, vers 19h30. La nacelle et le rotor sont totalement calcinés. Une partie des pales ainsi que le haut du mât ont été touchés par l'incendie. Des éléments sont tombés au sol. L'exploitant met en place un gardiennage. Le lendemain, l'inspection des installations classées se rend sur les lieux. Des coulures d'hydrocarbures sont constatées sur le mât. Les dégâts sont de nature à compromettre la stabilité mécanique du mât, de la nacelle, des pales et du rotor de l'éolienne. En première hypothèse, l'exploitant indique qu'un défaut des condensateurs du boîtier électrique, situé dans la nacelle, pourrait être à l'origine du sinistre. Il exclut la piste d'un impact de foudre. Un arrêté préfectoral d'urgence demande à l'exploitant :
  - la mise en sécurité de l'éolienne avec démontage des éléments risquant de chuter et matérialisation d'un périmètre de sécurité de 300 m ;
  - une surveillance de l'environnement avec analyse de la pollution des sols et évacuations des déchets.

L'éolienne est démantelée le 17/06/17.

- **08/06/2017 - AUSSAC-VADALLE (16) - Chute de pale** : Durant la nuit lors d'un orage, une partie d'une pale d'une éolienne chute au sol. Le lendemain matin, l'exploitant arrête les 4 éoliennes de son parc. Il collecte les débris tombés dans une zone de 50 à 100 m du mât et met en place un balisage. Il avertit l'exploitant agricole propriétaire du champ où est installée l'éolienne. L'expertise réalisée par le fabricant de la pale conclut qu'un impact de foudre est à l'origine de sa rupture. Survenu à 35 cm de l'extrémité, il a entraîné la rupture du bord de fuite, puis une déchirure du fragment. Le dispositif de protection contre la foudre ne montre pas de défaut.

- **24/06/2017 CONCHY-SUR-CANCHE (62) - Chute de pale** : Vers 23h30, une pale d'une éolienne se brise au niveau de sa jonction avec le rotor dans un parc éolien. La pale chute à la verticale, au pied du mât. Les quelques débris projetés sont présents dans un rayon de 20 m. L'exploitant arrête l'installation ainsi que les 4 autres aérogénérateurs du site, du même modèle. Il met en place un périmètre de sécurité et condamne l'accès au site. Le vent était faible au moment de l'événement.

- **17/07/2017 FECAMP (76) - Chute de pale/morceau de pale** : Vers 23h30, un aérofrein se détache d'une pale d'éolienne dans un parc éolien. Le lendemain matin, un agent de maintenance découvre l'équipement au pied du mât de 49 m. La clôture du site est endommagée. L'éolienne est arrêtée. Un arrêt pour maintenance étant programmé 6 jours après, les autres aérogénérateurs du site sont maintenus en fonctionnement. Durant cet arrêt, les mécanismes d'aérofreins et les pales de toutes les machines sont inspectées. L'aérofrein défectueux est remplacé. L'installation redémarre le 16/08/17. L'exploitant conclut que le desserrage d'une vis anti-rotation a provoqué la chute de l'aérofrein. Un problème de montage, ou des vibrations en fonctionnement, en serait à l'origine. Il étudie l'opportunité d'augmenter la fréquence d'inspection des mécanismes de fixation des aérofreins ou leur modification, notamment pour fiabiliser l'action de la vis anti-rotation.

- **24/07/2017 MAURON (56) - Fuite d'huile** : Une fuite d'huile est détectée vers 17 h sur une éolienne. La rupture d'un flexible du circuit hydraulique de l'aérogénérateur en est à l'origine. Le rejet, estimé à 5 l, s'est écoulé le long du mât et quelques gouttes sont tombées au sol. L'éolienne est arrêtée et des absorbants sont disposés au sol. Le flexible est remplacé. L'éolienne redémarre le lendemain. Une société spécialisée réalise un diagnostic de l'état des milieux sur 3 500 m<sup>2</sup> en réalisant 7 sondages du sol. Seule une zone de pollution de 2 m<sup>2</sup> sur 10 cm de profondeur est identifiée au pied du mât. Une société de traitement évacue ces graviers impactés. La vétusté du flexible serait à l'origine de la fuite.

- **05/08/2017 - PRIEZ (02) – Chute de pale** : Vers 3 h une pale d'éolienne se brise en son milieu et tombe au sol. Les débris sont retrouvés par l'exploitant au pied du mât le matin. Il en sécurise l'accès et fait surveiller la zone. L'inspection des installations classées demande la mise à l'arrêt de tous les aérogénérateurs du parc dans l'attente de la compréhension de l'événement.

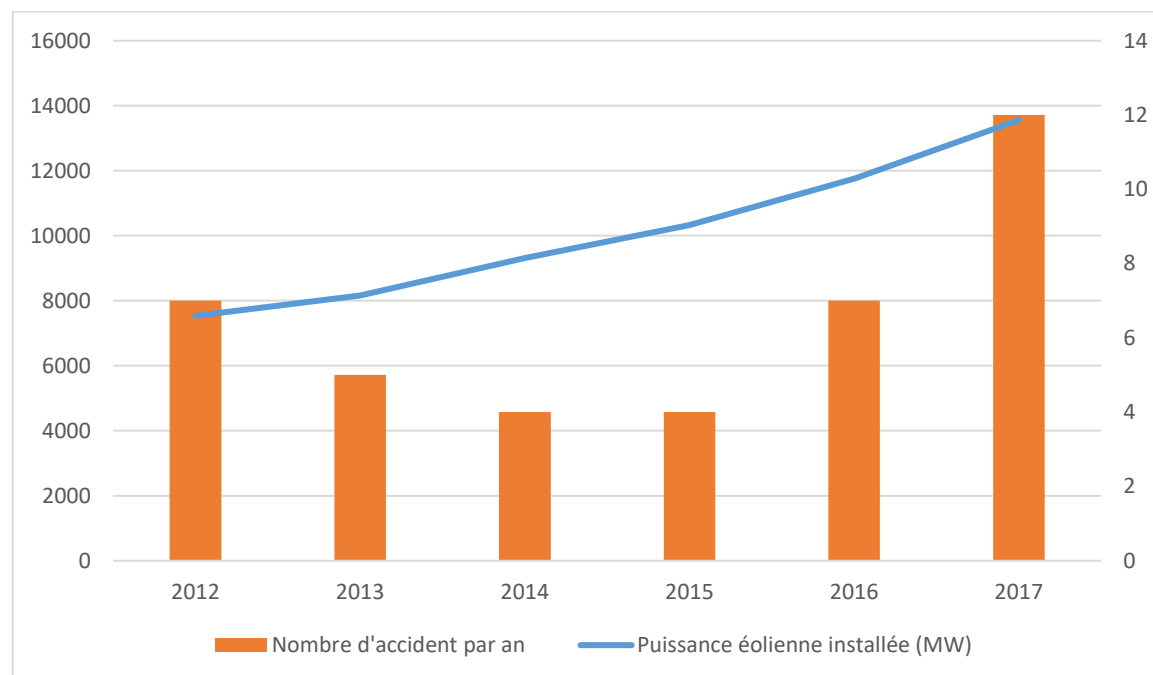
- **08/11/2017 - ROMAN (27) - Chute d'éléments** : En fin d'après-midi, le carénage de la pointe de la nacelle d'une éolienne tombe au sol dans un parc éolien. Cette pièce, en matériaux composites, mesure 2 m de diamètre et pèse plusieurs dizaines de kg. Elle supporte une armoire électrique. Les agents de maintenance, avertis par une alarme "arrêt automatique turbine" à 17h30, se rendent sur place le lendemain matin. Ils sécurisent l'accès à la zone et préviennent l'exploitant agricole de la parcelle. L'ensemble du parc éolien est mis à l'arrêt. L'exploitant conclut que la chute du carénage est due à un défaut d'assemblage de ses boulonnages. La procédure n'aurait pas été respectée lors du montage des turbines. La tête de chaque boulon doit reposer sur 2 rondelles (l'une en vinyle, l'autre métallique) permettant de répartir les efforts. Il s'avère que les rondelles métalliques étaient absentes. Les contraintes étaient donc mal réparties et la fibre de verre s'est arrachée autour des rondelles vinyles. L'exploitant procède au contrôle des carénages des autres aérogénérateurs du parc. Aucun défaut n'est découvert. Il intègre la vérification des boulonnages de fixation du carénage à son plan d'inspection hebdomadaire. L'exploitation du parc éolien reprend le lundi 13. Le carénage accidenté est remplacé.

- **01/01/2018 - BOUIN (85) – Effondrement d'une éolienne** : En début de matinée lors d'une tempête, le mât d'une éolienne de 60 m de haut se brise en 2. Les 55 m supérieurs de l'éolienne chutent au sol. Des débris s'éparpillent sur une surface assez importante. Le rotor est enfoncé dans le sol. Les pompiers mettent en place un périmètre de sécurité. L'exploitant arrête les 7 autres éoliennes du parc. Il met en place un gardiennage. L'exploitant réalise une expertise de l'éolienne mise en service en 2003, conjointement avec son fabricant. 3 jours avant l'accident, alors que le vent souffle à plus de 40 m/s, le contrôle de l'orientation des 3 pales de l'éolienne est perdu. Le système de contrôle des pales stoppe automatiquement la turbine. Les conditions météorologiques ne permettant pas d'intervention directe sur l'aérogénérateur, la situation est diagnostiquée à distance. À la suite d'une erreur d'interprétation des données, un opérateur place l'éolienne dans une position qui entraîne une augmentation rapide de la vitesse du rotor, dépassant la limite de sécurité. Les dispositifs de protection contre la survitesse s'activent, mais la machine ne s'arrête pas à cause d'une usure anormale des blocs de frein du système d'orientation des pales. Les charges mécaniques exercées sur le mât excèdent alors largement les limites de conception de l'éolienne, qui s'effondre. Les investigations de l'exploitant lui permettent de découvrir que le protocole des inspections de maintenance ne couvrait pas la liaison mécanique entre le moteur et les freins. L'usure de cet équipement n'a pas été détectée lors des contrôles annuels. Les autres éoliennes du site redémarrent après des vérifications spécifiques et le remplacement de leurs blocs de frein du système d'orientation des pales. L'exploitant :
  - révisé la procédure d'intervention en cas de défaillance du système d'orientation des pales et y forme ses agents ;
  - met à jour les instructions de maintenance de ce système : le remplacement de tout ou partie des blocs de frein est planifié tous les 5 ans ;
  - met en place un outil spécifique pour le diagnostic d'une défaillance potentielle des blocs de frein qui compare la position effective des pales à la consigne ;
  - adresse une note de sécurité aux exploitants des parcs équipés du même type d'éolienne.

- **04/01/2018 - NIXEVILLE-BLERCOURT (55) – Projection de pale/morceau de pale** : Dans un parc éolien, l'extrémité d'une pale d'une éolienne de 2 MW se rompt, lors d'un épisode venteux. Un morceau de 20 m chute au sol. L'exploitant sécurise la zone. Les morceaux les plus éloignés sont ramassés à 200 m. Un gardiennage est mis en place 24 h/24.

- **06/02/2018 - CONILHAC-CORBIERES (11) - Chute de pale/morceau de pale** : Vers 11h30, l'aérofrein d'une pale d'éolienne chute au sol dans un parc éolien. L'équipe technique présente sur site arrête l'aérogénérateur. La zone est sécurisée, les débris ramassés. 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. Un accident similaire est survenu sur ce parc 2 ans auparavant (ARIA 47675).

La figure suivante présente l'évolution de la puissance éolienne installée depuis 2012 et le nombre annuel d'accident recensé sur la base ARIA :



## ANNEXE 4 – SCENARIOS GENERIQUES ISSUS DE L'ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES

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

Le tableau générique issu de l'analyse préliminaire des risques est présenté dans la partie VII.4. de l'étude de dangers. Il peut être considéré comme représentatif des scénarios d'accident pouvant potentiellement se produire sur les éoliennes et pourra par conséquent être repris à l'identique dans les études de dangers.

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

### 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 vous sont fournis. La méthodologie suivante pourra aider à déterminer l'ensemble des scénarios devant être regardé :

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

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

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

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

- Perte de réseau électrique : l'alimentation électrique de l'installation est nécessaire pour assurer le fonctionnement des éoliennes (orientation, appareils de mesures et de contrôle, balisage, ...);

- Perte de communication : le système de communication entre le parc éolien et le superviseur à distance du parc peut être interrompu pendant une certaine durée.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

#### **Scénario F01**

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

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

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

Deux événements peuvent être aggravants :

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

#### **Scénario F02**

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

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

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

Ce scénario est à adapter en fonction des produits utilisés.

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

### 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. Cet emballement peut notamment être provoqué par la perte d'utilité décrite au 2.2 de la présente partie C (scénarios incendies).

**Scénario P01**

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

**Scénario P02**

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

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

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

## ANNEXE 5 – PROBABILITE D'ATTEINTE ET RISQUE INDIVIDUEL

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Evènement redouté central	Borne supérieure de la classe de probabilité de l'ERC (pour les éoliennes récentes)	Degré d'exposition	Probabilité d'atteinte
Effondrement	Rare (D) $\rightarrow 10^{-4}$	$8,28 \cdot 10^{-3}$	$8,28 \cdot 10^{-7}$ (E)
Chute de glace	Courant (A) $\rightarrow 1$	$6,24 \cdot 10^{-5}$	$6,24 \cdot 10^{-5}$ (D)
Chute d'éléments	Improbable (C) $\rightarrow 10^{-3}$	$8,64 \cdot 10^{-3}$	$8,64 \cdot 10^{-6}$ (E)
Projection de tout ou partie de pale	Rare (D) $\rightarrow 10^{-4}$	$1,75 \cdot 10^{-4}$	$1,75 \cdot 10^{-8}$ (E)
Projection de morceaux de glace	Probable (B) $\rightarrow 10^{-2}$	$2,3 \cdot 10^{-6}$	$2,3 \cdot 10^{-8}$ (E)

Les seuls ERC pour lesquels la probabilité d'atteinte n'est pas de classe E sont ceux qui concernent le phénomène de chute 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.

## ANNEXE 6 – GLOSSAIRE

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Attention aux confusions possibles :

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

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

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

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

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



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

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

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

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

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

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

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

**APR** : Analyse Préliminaire des Risques

**EDD** : Etude de dangers

**ERP** : Etablissement Recevant du Public

**FEE** : France Energie Eolienne (branche éolienne du SER)

**ICPE** : Installation Classée pour la Protection de l'Environnement

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

**SER** : Syndicat des Energies Renouvelables

## ANNEXE 7 – BIBLIOGRAPHIE ET REFERENCES UTILISEES

- [1] L'évaluation des fréquences et des probabilités à partir des données de retour d'expérience (ref 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 ingenieuresgesellschaft, 2004
- [7] Permitting setback requirements for wind turbine in California, California Energy Commission – Public Interest Energy Research Program, 2006
- [8] Oméga 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 Général 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 Güttsch : 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 Général des Mines - Guillet R., Leteurtois J.-P. - juillet 2004
- [17] Risk analysis of ice throw from wind turbines, Seifert H., Westerhellweg A., Kröning J. - DEWI, avril 2003
- [18] Wind energy in the BSR: impacts and causes of icing on wind turbines, Narvik University College, novembre 2005