

# RWE



## Projet éolien de Beg ar C'hra

**Etude de dangers  
Septembre 2021**

**PARC EOLIEN DE BEG AR C'HRA S.A.S.**  
(Anciennement *PARC EOLIEN NORDEX LXIX S.A.S.*)  
23 rue d'Anjou  
75008 PARIS

**Communes de Plounévez-Moëdec et Plounérin (22)**





# Dossier de Demande d'Autorisation Unique

## Etude de dangers

Projet de parc éolien de Beg ar C'Hra  
sur les communes de Plounévez-Moëdec et Plounérin (22)



# RWE

*Dossier 4405204 - Décembre 2016*  
Version complétée - Août 2021

**Société « Parc Eolien de  
Beg ar C'Hra SAS »**



OBJET	DATE	INDICE	REDACTEUR	VERIFICATEUR
Rapport d'étude de dangers	16/12/2016	1	Sarah LATOUR	Nolwenn LE MENE
Rapport d'étude de dangers	18/06/2020	2	Sarah LATOUR	Nolwenn LE MENE
Rapport d'étude de dangers	30/08/2021	3	Sarah LATOUR	Nolwenn LE MENE



**SOMMAIRE**

<b>SOMMAIRE</b> .....	<b>3</b>
<b>TABLE DES ILLUSTRATIONS</b> .....	<b>4</b>
<b>1. PREAMBULE</b> .....	<b>6</b>
1.1. OBJECTIFS DE L'ETUDE DE DANGERS.....	6
1.2. CONTEXTE LEGISLATIF REGLEMENTAIRE.....	6
1.3. NOMENCLATURE DES INSTALLATIONS CLASSEES.....	7
<b>2. INFORMATIONS GENERALES CONCERNANT L'INSTALLATION</b> .....	<b>7</b>
2.1. RENSEIGNEMENTS ADMINISTRATIFS.....	7
2.2. LOCALISATION DU SITE.....	8
2.2.1. <i>Situation régionale</i> .....	8
2.2.2. <i>Situation locale</i> .....	8
2.3. PERIMETRE DE L'ETUDE DE DANGERS.....	9
<b>3. DESCRIPTION DE L'ENVIRONNEMENT DE L'INSTALLATION</b> .....	<b>11</b>
3.1. ENVIRONNEMENT HUMAIN.....	11
3.1.1. <i>Zones urbanisées</i> .....	11
3.1.2. <i>Etablissements Recevant du Public (ERP)</i> .....	11
3.1.3. <i>Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (ICPE) et installations nucléaires de base</i> .....	12
3.1.4. <i>Autres activités</i> .....	12
3.2. ENVIRONNEMENT NATUREL.....	14
3.2.1. <i>Contexte climatique</i> .....	14
3.2.2. <i>Risques naturels</i> .....	16
3.3. ENVIRONNEMENT MATERIEL.....	22
3.3.1. <i>Voies de communication</i> .....	22
3.3.2. <i>Servitudes et réseaux publics et privés</i> .....	22
3.3.3. <i>Autres ouvrages publics</i> .....	23
3.4. CARTOGRAPHIE DE SYNTHESE.....	23
<b>4. DESCRIPTION DE L'INSTALLATION</b> .....	<b>30</b>
4.1. CARACTERISTIQUES DE L'INSTALLATION.....	30
4.1.1. <i>Caractéristiques générales d'un parc éolien</i> .....	30
4.1.2. <i>Activité de l'installation</i> .....	31
4.1.3. <i>Composition de l'installation</i> .....	31
4.2. FONCTIONNEMENT GENERAL DE L'INSTALLATION.....	34
4.2.1. <i>Principe de fonctionnement d'un aérogénérateur</i> .....	34
4.2.2. <i>Sécurité des installations</i> .....	35
4.2.3. <i>Opérations de maintenance de l'installation</i> .....	36
4.2.4. <i>Stockage et flux de produits dangereux</i> .....	36
4.3. FONCTIONNEMENT DES RESEAUX DE L'INSTALLATION.....	37
4.3.1. <i>Raccordement électrique</i> .....	37
4.3.2. <i>Autres réseaux</i> .....	38
<b>5. IDENTIFICATION DES POTENTIELS DE DANGERS DE L'INSTALLATION</b> .....	<b>42</b>

5.1. POTENTIEL DE DANGERS LIES AUX PRODUITS.....	42
5.2. POTENTIELS DE DANGERS LIES AU FONCTIONNEMENT DE L'INSTALLATION.....	43
5.3. REDUCTION DES POTENTIELS DE DANGERS A LA SOURCE.....	43
5.3.1. <i>Réduction des dangers liés aux produits</i> .....	43
5.3.2. <i>Réduction des dangers liés aux installations</i> .....	43
5.3.3. <i>Utilisation des meilleures techniques disponibles</i> .....	44
<b>6. ANALYSE DES RETOURS D'EXPERIENCE</b> .....	<b>45</b>
6.1. INVENTAIRE DES ACCIDENTS ET INCIDENTS EN FRANCE.....	45
6.2. ENVIRONNEMENT DES ACCIDENTS ET INCIDENTS A L'INTERNATIONAL.....	46
6.3. INVENTAIRE DES ACCIDENTS MAJEURS SURVENUS SUR LES SITES DES ACTEURS DU PROJET.....	47
6.4. SYNTHESE DES PHENOMENES DANGEREUX REDOUTES ISSUS DU RETOUR D'EXPERIENCE.....	47
6.4.1. <i>Analyse de l'évolution des accidents en France</i> .....	47
6.4.2. <i>Analyse des typologies d'accidents les plus fréquents</i> .....	48
6.5. LIMITES D'UTILISATION DE L'ACCIDENTOLOGIE.....	48
<b>7. ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES</b> .....	<b>49</b>
7.1. OBJECTIF DE L'ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES.....	49
7.2. RECENSEMENT DES EVENEMENTS INITIATEURS EXCLUS DE L'ANALYSE DES RISQUES.....	49
7.3. RECENSEMENT DES AGRESSIONS EXTERNES POTENTIELLES.....	49
7.3.1. <i>Agresions externes liées aux activités humaines</i> .....	49
7.3.2. <i>Agresions externes liées aux phénomènes naturels</i> .....	51
7.4. SCENARIOS ETUDIES DANS L'ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES.....	51
7.4.1. <i>Tableau d'Analyse Préliminaire des Risques</i> .....	52
7.4.2. <i>Précisions concernant les scénarios identifiés</i> .....	55
7.4.3. <i>Effets dominos</i> .....	56
7.4.4. <i>Fonctions de sécurité des éoliennes</i> .....	57
7.4.5. <i>Synthèse du tableau d'APR</i> .....	62
<b>8. ETUDE DETAILLEE DES RISQUES</b> .....	<b>63</b>
8.1. RAPPEL DES DEFINITIONS.....	63
8.1.1. <i>Cinétique</i> .....	63
8.1.2. <i>Intensité</i> .....	63
8.1.3. <i>Gravité</i> .....	63
8.1.4. <i>Probabilité</i> .....	64
8.2. CARACTERISATION DES SCENARIOS RETENUS.....	65
8.2.1. <i>Effondrement de l'éolienne</i> .....	65
8.2.2. <i>Chute de glace</i> .....	66
8.2.3. <i>Chute d'éléments de l'éolienne</i> .....	67
8.2.4. <i>Projections de pales ou de fragments de pales</i> .....	68
8.2.5. <i>Projections de glace</i> .....	69
8.3. SYNTHESE DETAILLEE DE L'EVALUATION DES RISQUES.....	70
8.3.1. <i>Tableau de synthèse des scénarios étudiés</i> .....	70
8.3.2. <i>Synthèse de l'acceptabilité des risques</i> .....	71
8.3.3. <i>Cartographie des risques</i> .....	71
<b>9. CONCLUSION</b> .....	<b>74</b>
<b>ANNEXE 1 : ACCIDENTOLOGIE EN FRANCE</b> .....	<b>75</b>

<b>ANNEXE 2 : METHODE DE COMPTAGE DES PERSONNES POUR LA DETERMINATION DE LA GRAVITE POTENTIELLE D'UN ACCIDENT A PROXIMITE D'UNE EOLIENNE.....</b>	<b>87</b>
<b>ANNEXE 3 : PROBABILITE D'ATTEINTE ET RISQUE INDIVIDUEL.....</b>	<b>89</b>
<b>ANNEXE 4 : TYPE CERTIFICATE DE LA N100/3300 .....</b>	<b>91</b>
<b>GLOSSAIRE.....</b>	<b>93</b>
<b>BIBLIOGRAPHIE ET REFERENCES UTILISEES .....</b>	<b>93</b>

## TABLE DES ILLUSTRATIONS

### Liste des figures

Figure 1 : Carte de situation régionale du parc éolien .....	8
Figure 2 : Territoires Costarmoricains .....	8
Figure 3 : Zone d'étude .....	10
Figure 4 : Enjeux humains à proximité de l'aire d'étude .....	13
Figure 5 : Histogramme des précipitations moyennes de 1986 à 2010 (station de Ploumanac'h).....	14
Figure 6 : Courbe des températures moyennes de 1986 à 2010 (station de Ploumanac'h).....	14
Figure 7 : Potentiel éolien en France.....	15
Figure 8 : Vitesse moyennes des vents en Bretagne (m/s) .....	15
Figure 9 : Rose des vents moyens observés sur site .....	16
Figure 10 : Densité de foudroiement (impact de la foudre au sol par an et par km <sup>2</sup> ) .....	17
Figure 11 : AZI des Côtes d'Armor .....	19
Figure 12 : Aléa retrait/gonflement des argiles .....	20
Figure 13 : Aléa remontée de nappe phréatique .....	21
Figure 14 : Cartographie de synthèse.....	24
Figure 15 : Synthèse éolienne E1 .....	25
Figure 16 : Synthèse éolienne E2 .....	26
Figure 17 : Synthèse éolienne E3 .....	27
Figure 18 : Synthèse éolienne E4 .....	28
Figure 19 : Dénomination des différents éléments d'une éolienne.....	30
Figure 20 : Illustration des emprises au sol d'une éolienne .....	31
Figure 21 : Caractéristiques principales des éoliennes .....	31
Figure 22 : Localisation des éoliennes, du poste de livraison .....	33
Figure 23 : Raccordement électrique des installations .....	37
Figure 24 : Vue en coupe des tranchées selon le nombre de câbles passés.....	38
Figure 25 : Vue de dessus du poste de livraison .....	39

Figure 26 : Schéma unifilaire.....	40
<b>Figure 27 : Schéma du raccordement électrique interne.....</b>	<b>41</b>
Figure 28 : Répartition des événements accidentels et de leurs causes premières sur le parc d'aérogénérateurs français entre 2000 et 2016 .....	45
Figure 29 : Répartition des événements accidentels dans le monde entre 2000 et 2011.....	46
Figure 30 : Répartition des causes premières d'effondrement .....	46
Figure 31 : Répartition des causes premières de ruptures de pale .....	47
Figure 32 : Répartition des causes premières d'incendies.....	47
Figure 33 : Evolution du nombre d'accidents et de la taille du parc éolien en France .....	47
Figure 34 : Evolution du pourcentage d'accidents par éolienne.....	48
Figure 35 : Cartographie des zones de risque pour l'ensemble des éoliennes.....	72
Figure 36 : Cartographie des niveaux de risques identifiés .....	73

### Liste des tableaux

Tableau 1 : Extrait de la nomenclature des installations classées .....	7
Tableau 2 : Caractéristiques des éoliennes.....	7
Tableau 3 : Renseignements administratifs des acteurs du projet.....	8
Tableau 4 : Arrêtés de reconnaissance de catastrophes naturelles sur Plounevez-Moëdec.....	16
Tableau 5 : Arrêtés de reconnaissance de catastrophes naturelles sur Plounérin .....	16
Tableau 6 : Carte du zonage de la sismicité en France .....	17
Tableau 7 : Données de foudroiement sur site.....	17
Tableau 8 : Tableau des services de servitudes consultés .....	23
Tableau 9 : Comptage des enjeux humains par éolienne .....	29
Tableau 10 : Coordonnées des éléments de l'installation .....	31
Tableau 11 : Altitude des éoliennes.....	31
Tableau 12 : Synthèse de fonctionnement des éoliennes NORDEX N117/3600 TS91.....	35
Tableau 13 : Liste des produits identifiés .....	42
Tableau 14 : Dangers potentiels de l'installation.....	43
Tableau 15 : Accidentologie à l'international .....	46
Tableau 16 : Dangers liés aux activités extérieures aux installations (dont humaines).....	50
Tableau 17 : Dangers liés aux vents .....	51
Tableau 18 : Dangers liés à la foudre .....	51
Tableau 19 : Tableau d'APR.....	54
Tableau 20 : Fonctions de sécurité de l'éolienne N117 NORDEX .....	61
Tableau 21 : Scénarios de l'analyse préliminaire des risques non retenus.....	62
Tableau 22: Intensité et degré d'exposition .....	63
Tableau 23 : Classe de gravité selon l'intensité du phénomène.....	64

Tableau 24 : Classe de probabilité .....	64
Tableau 25 : Intensité du phénomène d'effondrement d'éolienne.....	65
Tableau 26 : Gravité du phénomène d'effondrement d'éolienne .....	65
Tableau 27 : Probabilité du phénomène d'effondrement d'éolienne .....	65
Tableau 28 : Acceptabilité du risque dû au phénomène d'effondrement d'éolienne .....	66
Tableau 29 : Intensité du phénomène de chute de glace .....	66
Tableau 30 : Gravité du phénomène de chute de glace.....	67
Tableau 31 : Acceptabilité du risque dû au phénomène de chute de glace .....	67
Tableau 32 : Intensité du phénomène de chute d'éléments de l'éolienne.....	67
Tableau 33 : Gravité du phénomène de chute d'éléments de l'éolienne .....	67
Tableau 34 : Acceptabilité du risque dû au phénomène de chute d'éléments de l'éolienne .....	68
Tableau 35 : Intensité du phénomène de projection de pale ou de fragment de pale.....	68
Tableau 36 : Gravité du phénomène de projection de pale ou de fragment de pale .....	68
Tableau 37 : Probabilité du phénomène de projection de pale ou de fragment de pale .....	69
Tableau 38 : Acceptabilité du risque dû au phénomène de projection de pale ou de fragment de pale .....	69
Tableau 39 : Intensité du phénomène de projection de glace.....	69
Tableau 40 : Gravité du phénomène de projection de glace .....	70
Tableau 41 : Acceptabilité du risque dû au phénomène de projection de glace .....	70
Tableau 42 : Synthèse des scénarios étudiés .....	70
Tableau 43 : Matrice de criticité .....	71
Tableau 44 : Intensité, gravité et probabilité des accidents majeurs dans le pire des cas .....	74



## 1. PREAMBULE

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

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

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

La présente étude de dangers a pour objet de rendre compte de l'examen effectué par RWE Renouvelables France pour caractériser, analyser, évaluer, prévenir et réduire les risques du parc éolien de Beg ar C'Hra situé sur les communes de Plounévez-Moëdec et Plounérin, autant technologiquement réalisable que économiquement acceptable, que leurs causes soient intrinsèques aux substances ou matières utilisées, liées aux procédés mis en œuvre ou dues à la proximité d'autres risques d'origine interne ou externe à l'installation.

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

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

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

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

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

### 1.2. CONTEXTE LEGISLATIF 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 pour la protection de l'environnement (ICPE) soumises à autorisation environnementale. Selon l'article L. 181-25 issu de l'ordonnance n° 2017-80 du 26 janvier 2017 relative à l'autorisation environnementale, l'étude de dangers précise les risques auxquels l'installation peut exposer directement ou indirectement, les intérêts mentionnés à l'article L. 511-1 en cas d'accident, que la cause soit interne ou externe à l'installation. Cet article poursuit en indiquant que « Le contenu de l'étude de dangers doit être en relation avec l'importance des risques engendrés par l'installation. En tant que de besoin, cette étude donne lieu à une analyse de risques qui prend en compte la probabilité d'occurrence, la cinétique et

la gravité des accidents potentiels selon une méthodologie qu'elle explicite. Elle définit et justifie les mesures propres à réduire la probabilité et les effets de ces accidents ».

L'arrêté du 29 septembre 2005 relatif à l'évaluation et à la prise en compte de la probabilité d'occurrence, de la cinétique, de l'intensité des effets et de la gravité des conséquences des accidents potentiels dans les études de dangers des installations classées soumises à autorisation fournit un cadre méthodologique pour les évaluations des scénarios d'accidents majeurs. Il impose une évaluation des accidents majeurs sur les personnes uniquement et non sur la totalité des enjeux identifiés dans l'article L. 511-1 du Code de l'Environnement. En cohérence avec cette réglementation et dans le but d'adopter une démarche proportionnée, l'évaluation des accidents majeurs dans l'étude de dangers d'un parc d'aérogénérateurs s'intéressera prioritairement aux dommages sur les personnes. Pour les parcs éoliens, les atteintes à l'environnement, l'impact sur le fonctionnement des radars et les problématiques liées à la circulation aérienne feront l'objet d'une évaluation détaillée au sein de l'étude d'impact (voir l'étude d'impact, rapport ECR Environnement 4405204, projet porté par RWE Renouvelables France).

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

Selon le principe de proportionnalité, le contenu de l'étude de dangers doit être en relation avec l'importance des risques engendrés par l'installation, compte tenu de son environnement et de sa vulnérabilité. Ce contenu est défini par l'article D.181-15-2 III du Code de l'Environnement, modifié par le décret n°2018-797 du 18 septembre 2018 :

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

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

D'autres textes législatifs et réglementaires, relatifs aux ICPE soumises à autorisation, s'appliquent aux études de dangers :  
§Loi n°2003-699 du 30 juillet 2003 relative à la prévention des risques technologiques et naturels et à la réparation des dommages ;

- Décret n°2005-1170 du 13 septembre 2005 modifiant le décret n°77-1133 du 21 septembre 1977 pris pour application de la loi n°76-663 du 19 juillet 1976 relative aux Installations Classées pour la Protection de l'Environnement,
- Arrêté du 10 mai 2000 relatif à la prévention des accidents majeurs impliquant des substances ou des préparations dangereuses présentes dans certaines catégories d'Installations Classées pour la Protection de l'Environnement soumises à autorisation,
- Arrêté du 29 septembre 2005 modifiant l'arrêté du 10 mai 2000 relatif à la prévention des accidents majeurs impliquant des substances ou des préparations dangereuses présentes dans certaines catégories d'Installations Classées pour la Protection de l'Environnement soumises à autorisation.

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

### 1.3. NOMENCLATURE DES INSTALLATIONS CLASSE

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

N°	A - Nomenclature des installations classées			B - Taxe générale sur les activités polluantes	
	Désignation de la rubrique	A, D, E, S, C (1)	Rayon (2)	Capacité de l'activité	Coef.
2890	Installation terrestre de production d'électricité à partir de l'énergie mécanique du vent et regroupant un ou plusieurs aérogénérateurs 1. Comprenant au moins un aérogénérateur dont le mât a une hauteur supérieure ou égale à 50 m :	A	6	Néant	Néant
	2. Comprenant uniquement des aérogénérateurs dont le mât a une hauteur inférieure à 50 m et au moins un aérogénérateur dont le mât a une hauteur maximale supérieure ou égale à 12 m et pour une puissance totale installée : a) supérieure ou égale à 20 MW..... b) inférieure à 20 MW <sup>2</sup> .....	A D	6		

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

(2) Rayon d'affichage exprimé en kilomètres

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

Le parc éolien Beg Ar C'Hra comprendra 4 aérogénérateurs d'une hauteur de mât au moyeu de 91 m, au moins un aérogénérateur possède un mât a une hauteur supérieure ou égale à 50 m : cette installation est donc soumise à autorisation (A) au titre des Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (ICPE) et doit présenter une étude de dangers au sein de son dossier de demande d'autorisation unique.

Le parc éolien Beg Ar C'Hra sera doté de 4 éoliennes d'une puissance unitaire de 3 ou 3,6 MégaWatts. Sa puissance totale sera donc comprise entre 12 et 14,4 MégaWatts.

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

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

Modèle	Eolienne N117
Marque	NORDEX
Puissance	3 ou 3,6 MW
Diamètre du rotor	116,8 m
Hauteur du mât au moyeu	91 m
Hauteur du mât au sens ICPE (mât + nacelle)	93 m
Hauteur en bout de pales	149,6 m

**Tableau 2 : Caractéristiques des éoliennes**

## 2. INFORMATIONS GENERALES CONCERNANT L'INSTALLATION

### 2.1. Renseignements administratifs

Le porteur de projet est la société Parc éolien de Beg ar C'hra SAS (anciennement Parc éolien Nordex LXIX SAS).

Fonction	Nom	Raison Sociale	Adresse	N°RC
Porteur	RWE Renouvelables France	SAS	194 avenue du Président Wilson 93 210 LA PLAINE-SAINT-DENIS	B 884 706 672 RCS Bobigny
Exploitant	Parc éolien de Beg ar C'hra	SASU	23 rue d'Anjou 75 008 PARIS	824 268 833 RCS Paris
Maintenance	NORDEX France	SAS	194 avenue du Président Wilson 93 210 LA PLAINE-SAINT-DENIS	B 439 008 004 RCS Bobigny



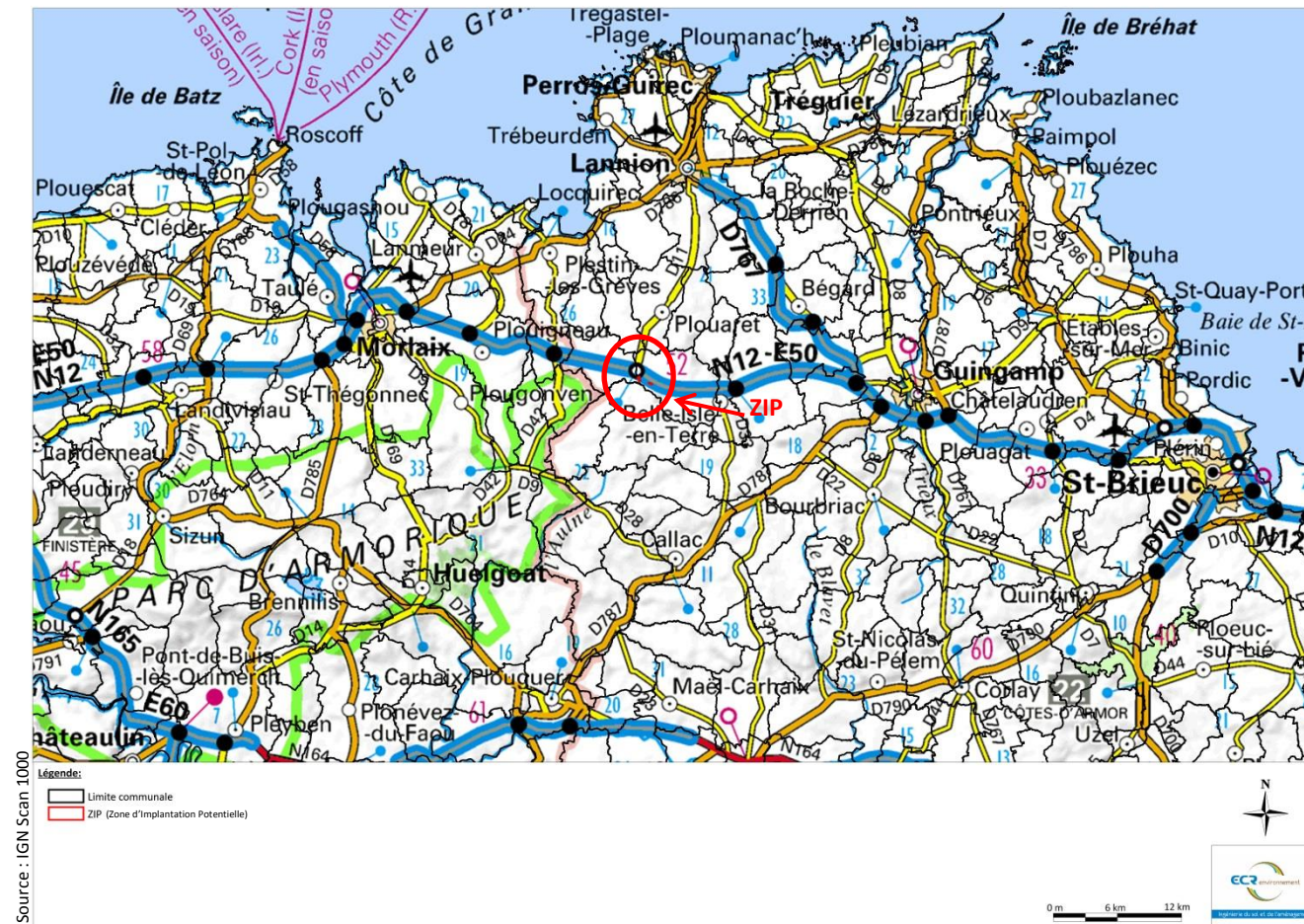
Fonction	Nom	Raison Sociale	Adresse	N°RC
Auteur de l'étude de danger	ECR Environnement Sarah LATOUR	SARL	ZA du Taillis, 5 rue des Clairières 44 840 LES SORINIERES	504 451 139 RCS Lorient

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

## 2.2. LOCALISATION DU SITE

### 2.2.1. Situation régionale

Le projet de parc éolien se situe dans la région Bretagne en partie Nord-Ouest du département des Côtes d'Armor (22), sur les communes de Plounevez-Moëdec et Plounérin, à environ 20 km au Sud de Lannion et 25 km à l'Ouest de Guingamp.



**Figure 1 : Carte de situation régionale du parc éolien**

### 2.2.2. Situation locale

Les communes de Plounevez-Moëdec et Plounérin font partie de Lannion-Trégor Communauté qui regroupe 57 communes à ce jour. Elle est issue tout d'abord de la fusion entre Lannion-Trégor Communauté et Beg Ar C'hra Communauté et l'intégration de la commune de Perros-Guirrec, puis de la fusion au 1<sup>er</sup> janvier 2015 avec la Communauté de communes du Centre-Trégor. En 2017, il y a eu une nouvelle fusion avec Les Communautés de communes du Haut-Trégor et de la Presqu'île de Lézardrieux.

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

- Goaz Halec, Coat Sec'h et Guen ar Barget au Nord et centre,
- Oalas, Traon an Dour, le Cosquer et Coat Mingant à l'Est,
- Porsnoan, Kerguèlen et Kervalanec au Sud,
- Porz ar Lann, La Cantine, Moulin Dour Guidou, Croaz Illiès et Kerlan à l'Ouest.



**Figure 2 : Territoires Costarmoricains**



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

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

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

Deux postes sources sont actuellement envisagés, le poste de Guerlesquin sur la commune du même nom (29), à 9 km à l'Ouest du projet et le poste de Névez à Belle-Isle-en-Terre (22), à 9 km à l'Est du projet

La zone d'étude n'intègre pas les environs du poste de livraison, situé près des accès aux éoliennes E3 et E4. Les expertises réalisées dans le cadre de la présente étude ont en effet montré l'absence d'effet à l'extérieur du poste de livraison pour chacun des phénomènes dangereux potentiels pouvant l'affecter.

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

La zone d'étude s'étend sur les communes de Plounévez-Moëdec, Plounérin et Loguivy-Plougras.



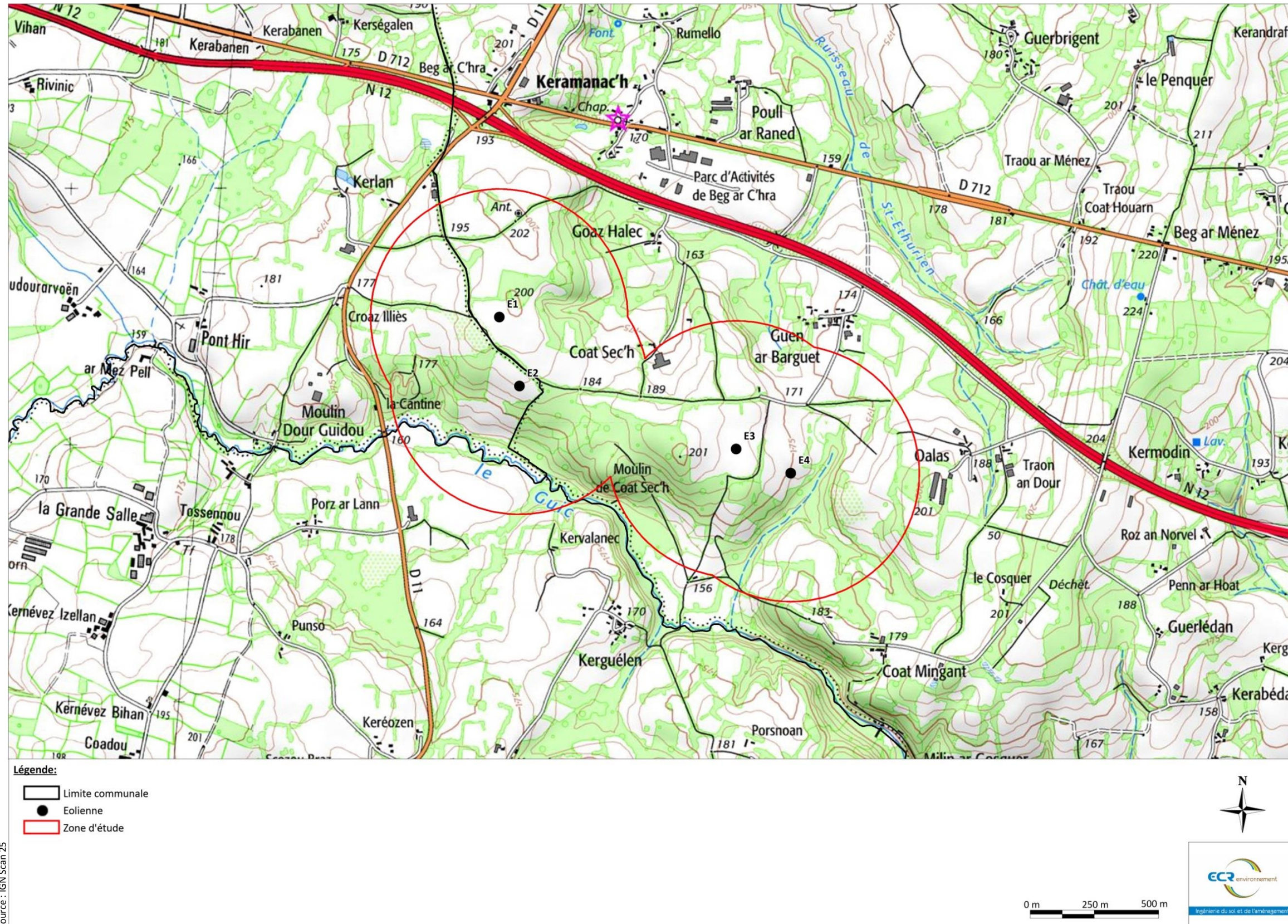


Figure 3 : Zone d'étude



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

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

#### 3.1. ENVIRONNEMENT HUMAIN

##### 3.1.1. Zones urbanisées

Les futures éoliennes seront implantées sur les communes de Plounévez-Moëdec et Plounérin.

Au dernier recensement en 2016 (source INSEE), les communes comptaient :

- 1 434 habitants à Plounévez-Moëdec,
- 733 habitants à Plounérin.

La commune de Plounévez-Moëdec dispose d'un PLU, arrêté par le Conseil Municipal en 2007 et la commune de Plounérin depuis 2017.

Aucun hameau n'est inclus au sein de la zone d'étude, seul un hangar est présent, au niveau du lieu-dit « Coat Sec'h », sur les parcelles n°163, 164 et 166 de la section D du cadastre. Il s'agit d'un bâtiment à vocation agricole (élevage de vaches laitières) ne pouvant être utilisé à des fins d'habitation.

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

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

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

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

La commune de Plounévez-Moëdec possède 17 ERP :

- Magasin de détail (catégorie 5),
- Station-service Total et relais (catégorie 5),
- Salle polyvalente (ex foyer rural) (catégorie 3),
- Restaurant relais de Beg Ar C'hra (catégorie 4),

- Magasin de stockage Coopagri Bretagne (catégorie 5),
- Garage et hall d'exposition (catégorie 5),
- Allées de boules couvertes (catégorie 5),
- Mairie (catégorie 5),
- restaurant l'Etape (catégorie 5),
- Cabinet médical Robin (catégorie 5),
- Epicerie, journaux (catégorie 5),
- Groupe scolaire (catégorie 4),
- Terrain des sports (catégorie 5),
- Eglise (catégorie 3),
- Foyer de vie (catégorie 4),
- Salle omnisports (catégorie 5),
- Pharmacie Maillot (catégorie 5).

La commune de Plounérin possède quant à elle 14 ERP :

- Terrain de sports vestiaires (catégorie 5),
- Salle multifonction – Terrain de sport (catégorie 5),
- Ecole publique primaire, maternelle et cantine (catégorie 5),
- Club privé Le Bilitis (catégorie 4),
- Mairie (catégorie 5),
- Allées de boules couvertes (catégorie 5),
- Salle polyvalente (catégorie 4),
- Restaurant dancing Le Capri (catégorie 3),
- Boulangerie Fustec (catégorie 5),
- Observatoire de la faune (catégorie 5),
- Eglise (catégorie 3),
- Chapelle Bon Voyage (catégorie 5),
- Chapelle de Kirio (catégorie 5),
- Chapelle La Clarté (catégorie 5).

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



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

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

Neuf Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (ICPE) sont également présentes sur la commune :

- EARL Joël Plantec (régime de l'autorisation), élevage de volailles,
- EARL Quilin Kergoat (régime de l'autorisation), élevage de bovins,
- élevage de la vallée du Léguer (régime de l'autorisation), élevage de chiens,
- GAEC Le Crenest (régime de l'enregistrement), élevage de bovins et de porcs,
- Guergin Patrice (régime de l'enregistrement), élevage de porcs,
- Lannion Trégor Communauté ex BegArChra (régime de l'autorisation), déchetterie,
- SCEA Gall Yves (régime de l'autorisation), élevage de volailles,
- SMICOM de Belle-Isle-en-Terre (régime de l'autorisation), déchetterie à l'arrêt,
- Thomas Julien (régime de l'enregistrement), élevage de bovins.

Sur le territoire de Plounérin, il existe un risque lié au transport de marchandises dangereuses et à la rupture de barrage.

Cinq Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (ICPE) sont également présentes sur la commune :

- COOPERL Arc Atlantique (régime de l'autorisation), fabrication d'aliments du bétail et stockage de céréales,
- EARL Ty ar Gwen (régime de l'autorisation), élevage de volailles,
- Lahellec Nadine (régime de l'autorisation), élevage de volailles,
- SARL de l'étang (régime de l'autorisation), élevage de volailles,
- Syndicat de voirie de Plestin-Plouaret (régime de l'autorisation).

*(Source Dossier Départemental des Risques Majeurs (DDRM) des Côtes d'Armor)*

### 3.1.4. Autres activités

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



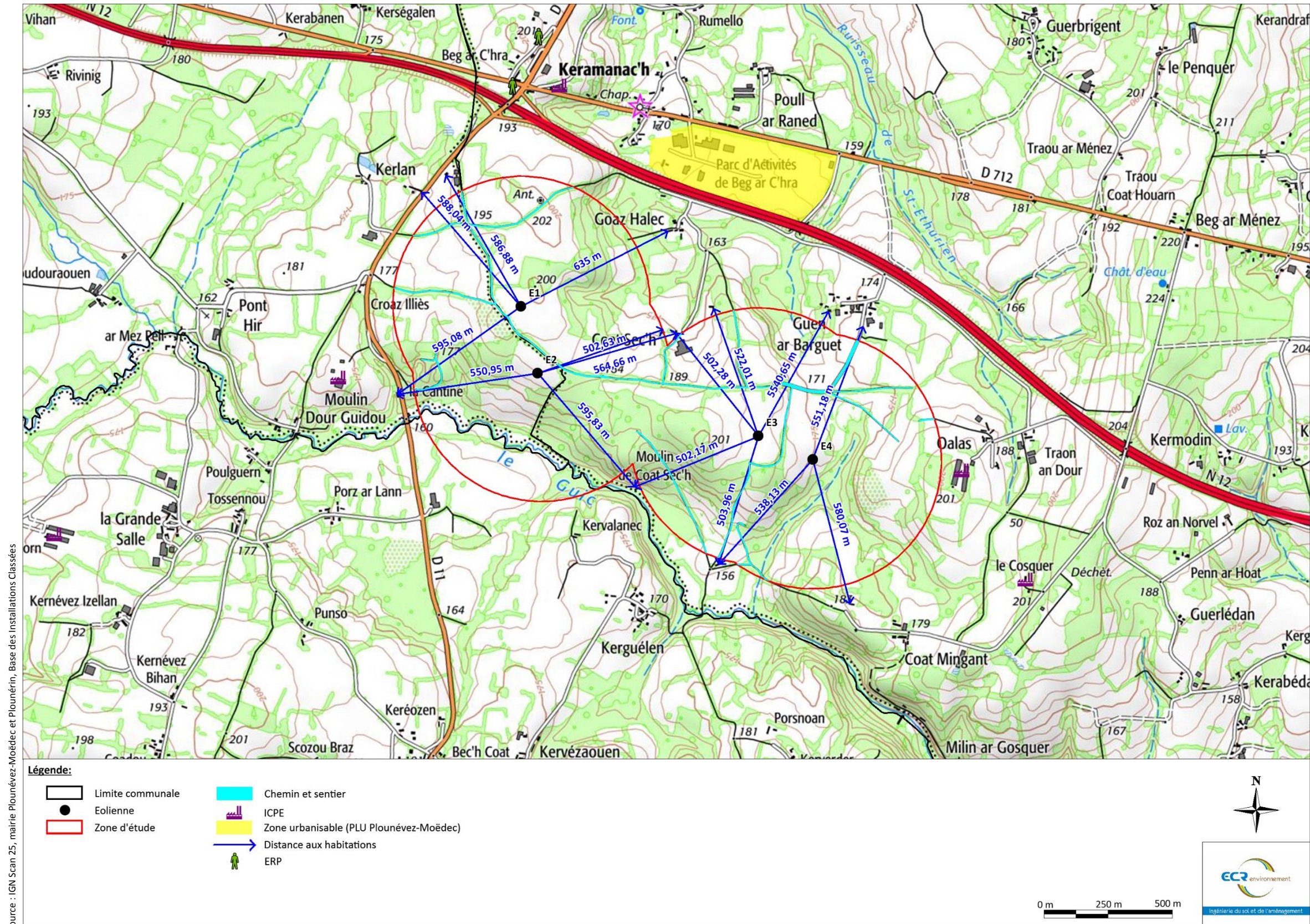


Figure 4 : Enjeux humains à proximité de l'aire d'étude



### 3.2. ENVIRONNEMENT NATUREL

#### 3.2.1. Contexte climatique

La Bretagne bénéficie d'un climat océanique typique. Ses trois façades maritimes l'enveloppent de douceur, d'humidité et de vent. Marquée par de faibles amplitudes diurnes et saisonnières des températures, la région se caractérise aussi par la fréquence de ses précipitations dont les cumuls varient du simple au double en fonction du relief. Le littoral connaît des hivers plus doux et des étés plus ensoleillés que l'intérieur, et des vents plus soutenus. Les tempêtes agitent parfois le climat breton, qui n'est pas totalement à l'abri des épisodes de fortes pluies, de sécheresse, de neige, de froid voire de forte chaleur.

La station Météo France choisie comme référence est celle de Ploumanac'h, distante de la zone d'étude d'environ 30 km au Nord. Elle possède des résultats statistiques complets sur une période de 25 ans (1986-2010).

#### a. Précipitations

Au niveau de Ploumanac'h, les précipitations sont homogènes sur l'année avec un niveau des plus hautes eaux entre octobre et février. Le cumul de précipitation est de 845,6 mm par an.

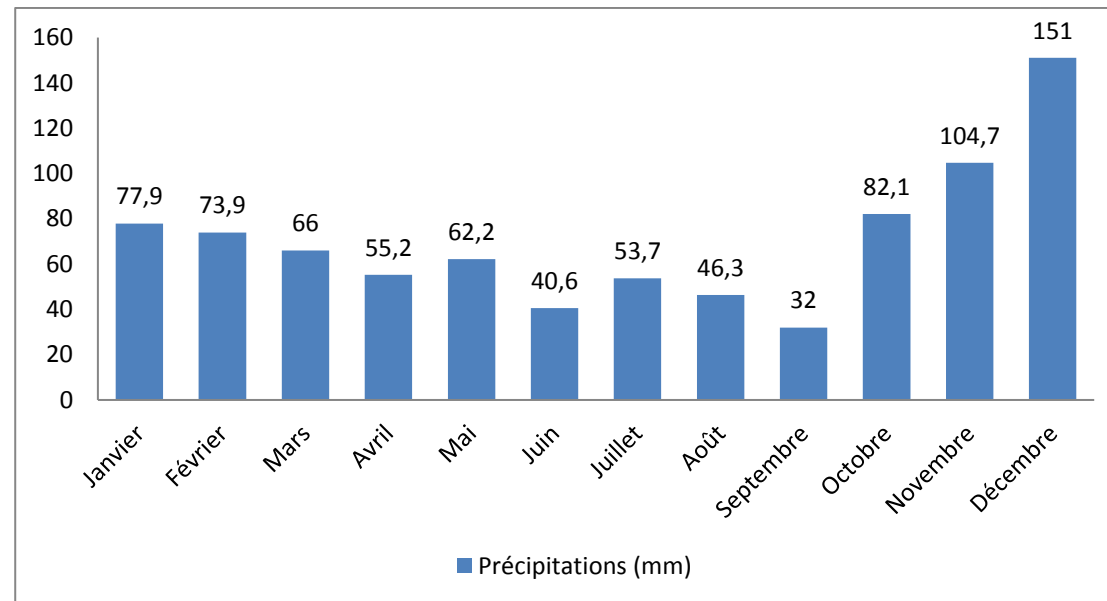


Figure 5 : Histogramme des précipitations moyennes de 1986 à 2010 (station de Ploumanac'h)

#### b. Températures

Les températures sont souvent douces avec des variations relativement modérées.

La température la plus élevée relevée sur la période de 1986 à 2010 est de 31°C en août 2003.

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

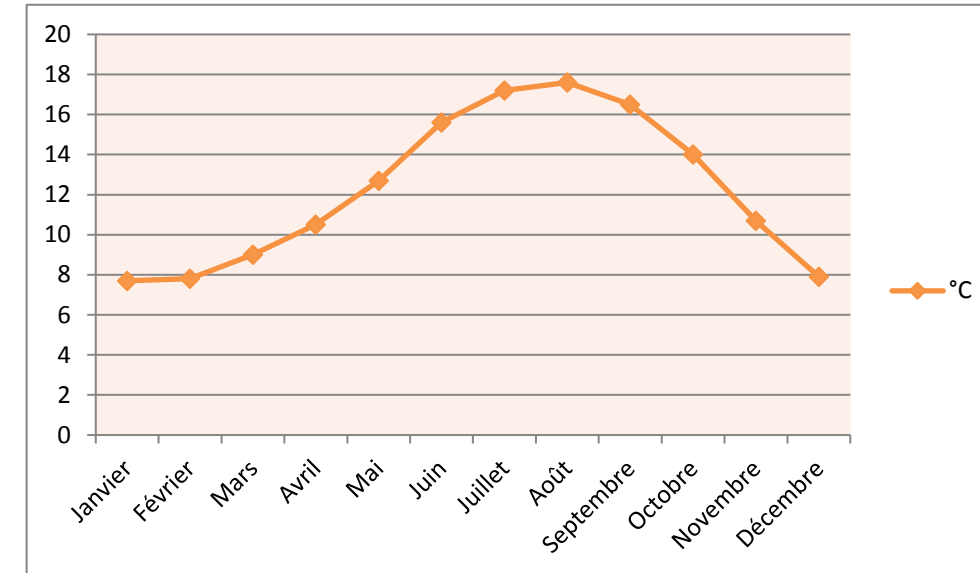


Figure 6 : Courbe des températures moyennes de 1986 à 2010 (station de Ploumanac'h)

#### c. Ensoleillement

Le département des Côtes d'Armor a connu 1 730 heures d'ensoleillement en 2015 plaçant le département en fin de classement des départements les plus ensoleillés.

#### d. Vents

##### Potentiel éolien

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

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



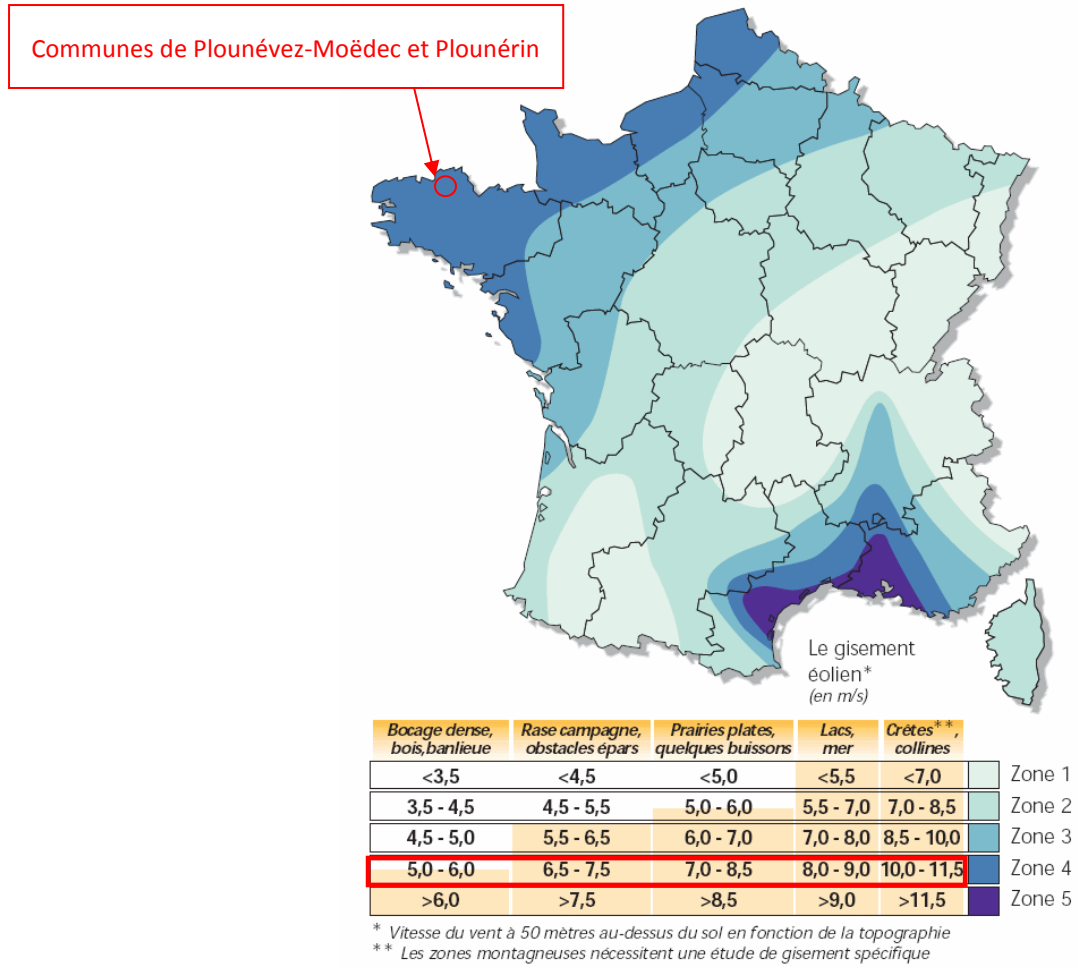


Figure 7 : Potentiel éolien en France

Situées en zone 4, les communes de Plounevez-Moëdec et Plounérin bénéficient de conditions propices au développement de projets éoliens.

**Potentiel éolien en Bretagne**

Un atlas éolien a été réalisé en Bretagne (cf. figure ci-après). Il a été établi à partir des données de vent enregistrées par Météo-France dans ses stations météorologiques, d'informations topographiques et de couverture végétale. Les particularités locales ne sont pas prises en compte et des mesures complémentaires de la ressource en vent sont réalisées dans le cadre de chaque projet.

Cet atlas éolien régional montre que le potentiel éolien est réparti de façon très hétérogène dans la région.

Le site d'étude bénéficie de conditions favorables au développement de projets éoliens, puisque le gisement est compris entre 6 et 7 m/s à une altitude de 60 m.

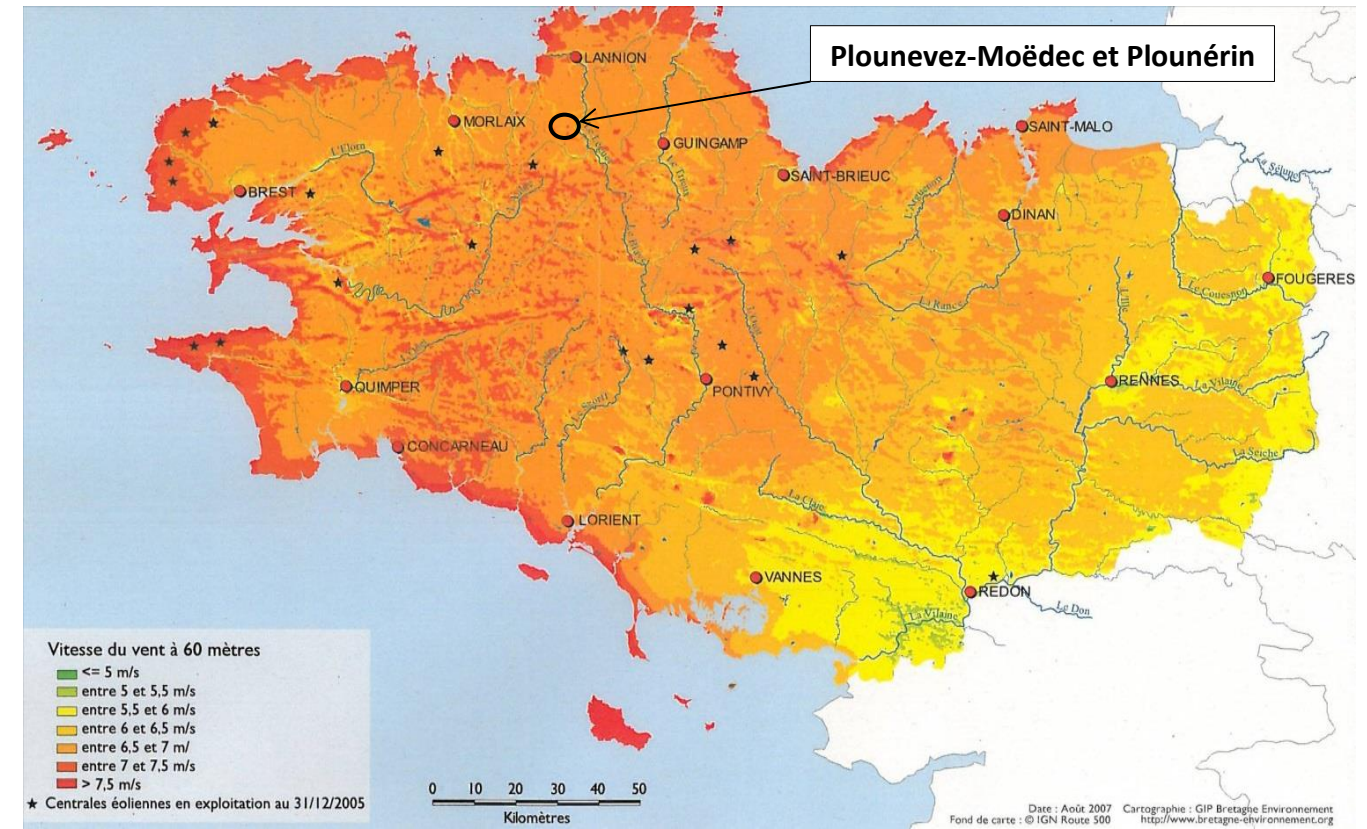


Figure 8 : Vitesse moyennes des vents en Bretagne (m/s)

**Mât de mesure de vent**

Les vents ont plusieurs effets directs ou indirects :

- ils homogénéisent les températures et influencent la nature de la végétation ;
- ils favorisent la dispersion des polluants atmosphériques ;
- ils exercent parfois une pression naturelle sur l'environnement (tempêtes).

L'étude des vents a pour but de caractériser le potentiel du gisement éolien en quantité (vitesse, régularité) et en qualité (direction, turbulence, gradient vertical) afin d'établir la pertinence de l'installation du parc éolien.

Pour obtenir des valeurs représentatives du vent sur site, un mât de mesures de 80 mètres de haut a été installé le 23 septembre 2011 à proximité du futur parc. Il a été équipé d'anémomètres et de girouettes disposés à différentes hauteurs du mât et dans différentes directions.

Les résultats indiquent que le vent souffle majoritairement de secteur Sud-Ouest et Ouest-Sud-Ouest. La vitesse moyenne est de 6,52 m/s à 91 m de hauteur (au moyen).

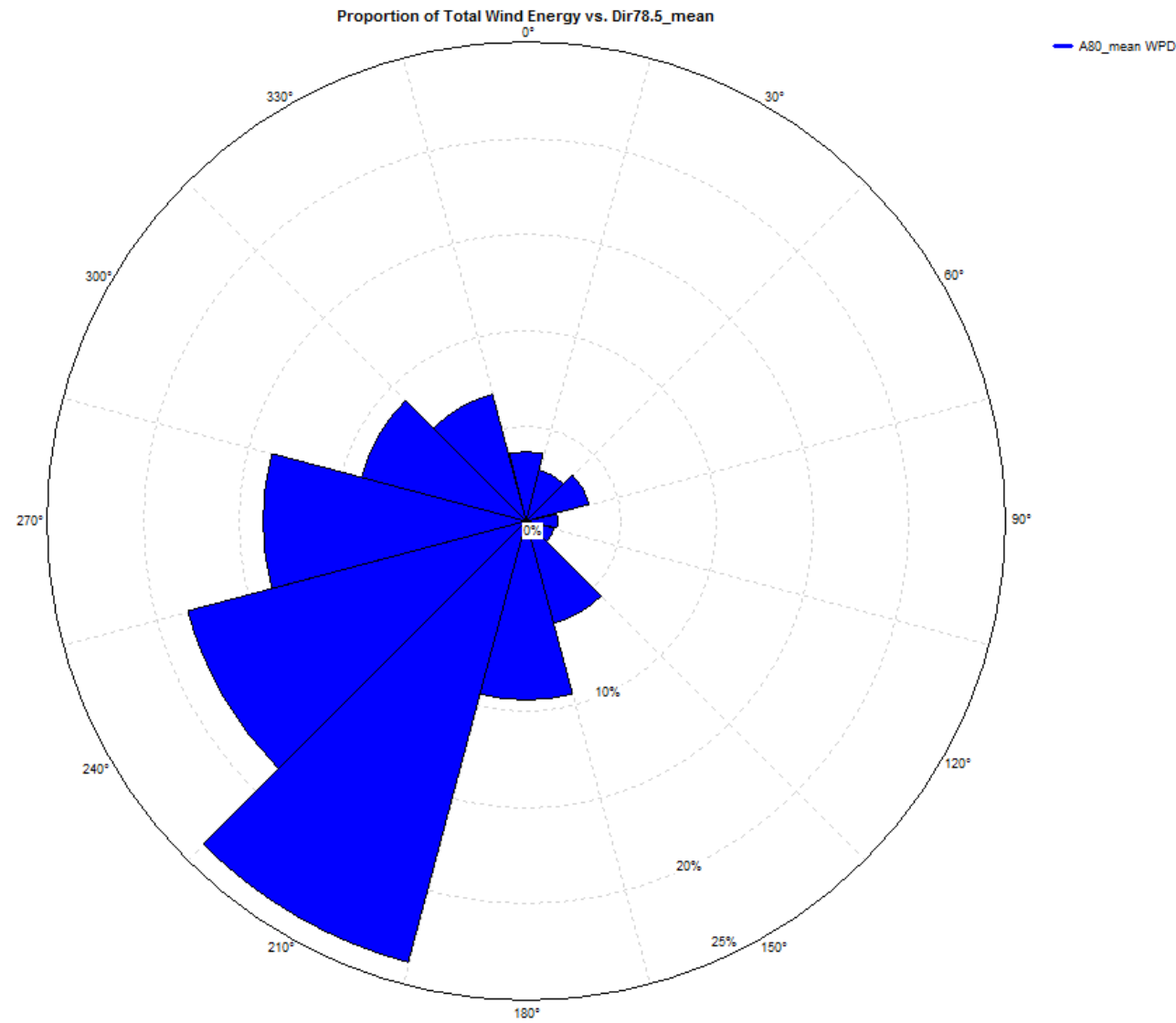


Figure 9 : Rose des vents moyens observés sur site

Type de catastrophe	Début le	Fin le	Arrêté du	Sur le JO du
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
Inondations et coulées de boue	12/12/2000	12/12/2000	06/03/2001	23/03/2001
Inondations et coulées de boue	23/12/2013	24/12/2013	04/11/2014	07/11/2014

Tableau 4 : Arrêtés de reconnaissance de catastrophes naturelles sur Plounevez-Moëdec

Type de catastrophe	Début le	Fin le	Arrêté du	Sur le JO du
Tempête	15/10/1987	16/10/1987	22/10/1987	24/10/1987
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
Inondations et coulées de boue	29/05/2008	29/05/2008	11/09/2008	16/09/2008

Tableau 5 : Arrêtés de reconnaissance de catastrophes naturelles sur Plounérin

**b. Cavités souterraines**

D'après le site géorisques, la commune de Plounevez-Moëdec possède deux cavités souterraines qui ne sont toutefois pas localisées à proximité de la zone d'étude.

**c. Sismicité**

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

Les communes de Plounevez-Moëdec et Plounérin se situent en zone de sismicité 2, « risque faible ».

**3.2.2. Risques naturels**

**a. Catastrophes naturelles**

Les arrêtés pour reconnaissance de catastrophe naturelle sur les communes de Plounevez-Moëdec et Plounérin sont présentés dans les tableaux suivants (source Prim.net).

Type de catastrophe	Début le	Fin le	Arrêté du	Sur le JO du
Tempête	15/10/1987	16/10/1987	22/10/1987	24/10/1987
Inondations et coulées de boue	15/01/1988	15/02/1988	02/08/1988	13/08/1988
Inondations et coulées de boue	17/01/1995	31/01/1995	28/07/1995	09/09/1995



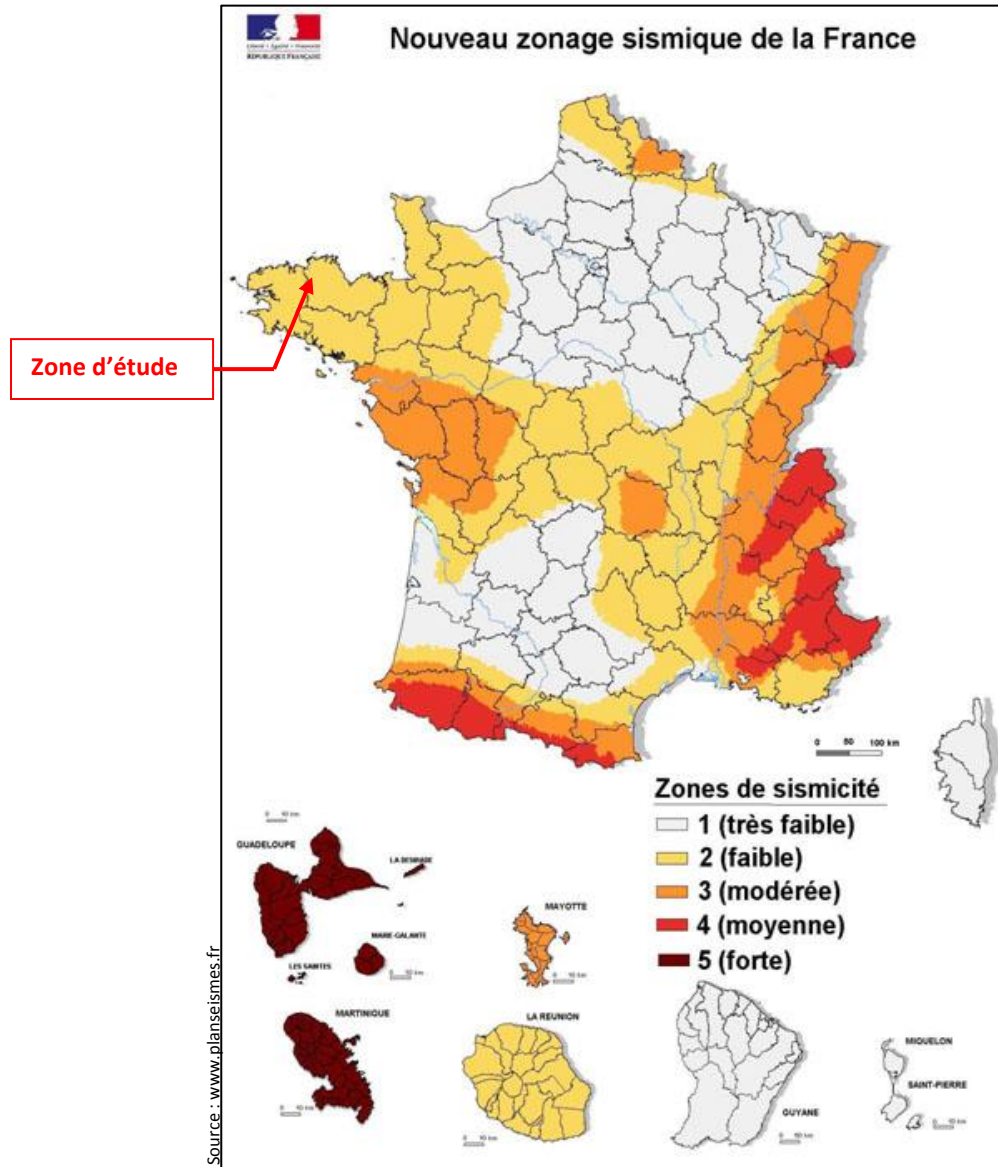


Tableau 6 : Carte du zonage de la sismicité en France

**d. Orages et foudre**

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

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

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

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

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

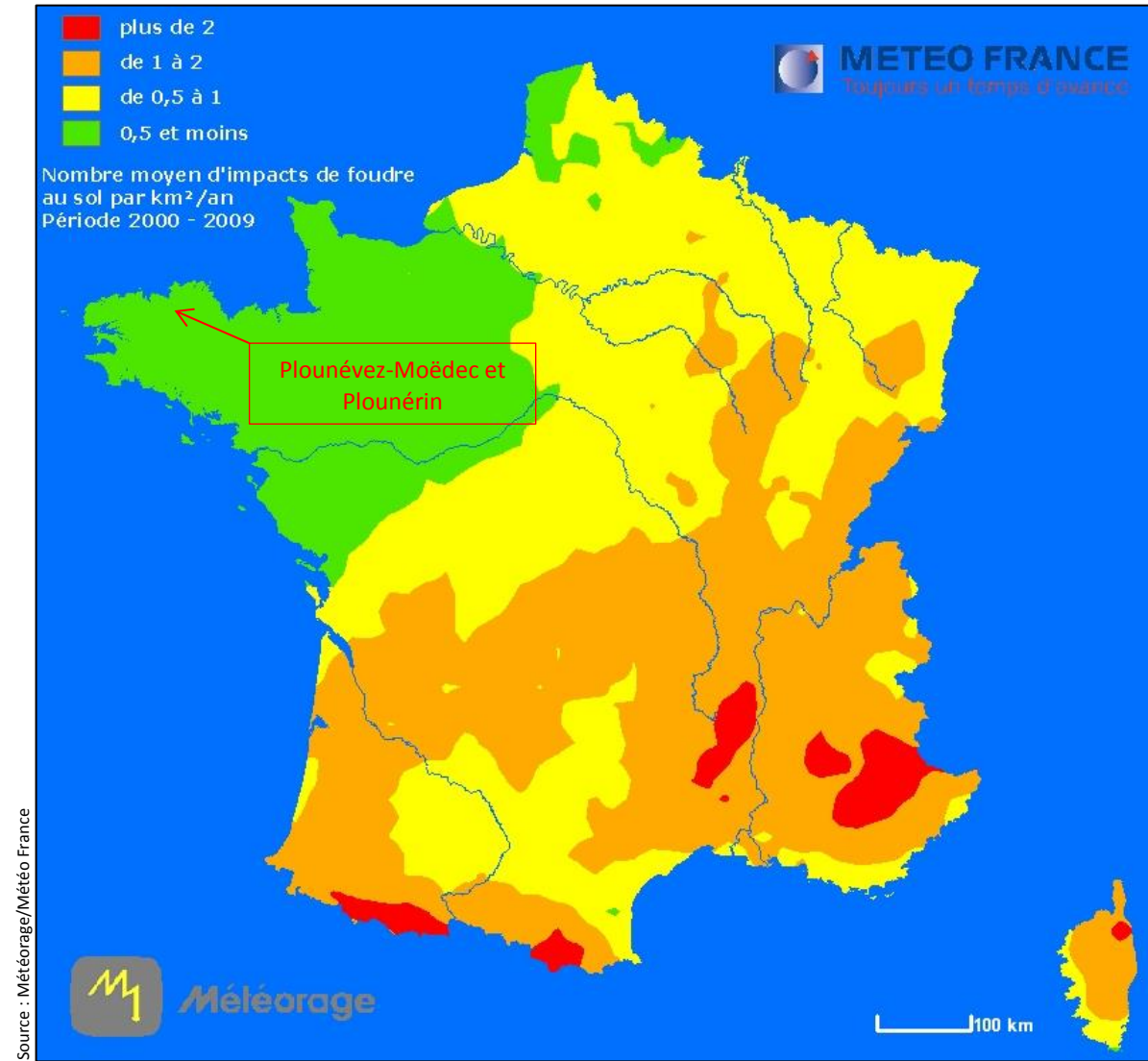


Figure 10 : Densité de foudroiement (impact de la foudre au sol par an et par km<sup>2</sup>)

Les données de foudre pour les communes de Plounevez-Moëdec et Plounérin sont les suivantes :

	Densité d'arcs (Da)	Classement (sur 37759 communes)
Plounevez-Moëdec	0,17	36 324
Plounérin	0,12	36 435

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

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

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

Les communes de Plounevez-Moëdec et Plounérin ne sont pas concernées par un Plan de Prévention du Risque Naturel (PPRN) ou un Plan de Prévention des Risques d'Inondation (PPRI) d'après le Dossier Départemental des Risques Majeurs (DDRM). Toutefois, elles sont soumises au risque d'inondation de plaine, AZI (Atlas des Zones Inondables) des Côtes d'Armor. D'après la DREAL, la partie Sud de la zone d'étude est concernée par ce risque toutefois les éoliennes sont localisées en dehors.

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

Les communes de Plounevez-Moëdec et Plounérin sont soumises à un aléa gonflement/retrait des argiles allant de nul à faible. La zone d'étude est également concernée par un aléa nul à faible.

Pour le risque de remontée de nappe (domaine du socle), les communes concernées par le projet de parc éolien sont soumises à des niveaux d'aléa allant de très faible à « nappe sub-affleurante ». La zone d'implantation est quant à elle concernée par des niveaux d'aléa « remontée de nappes » allant de très faible à nappe sub-affleurante, les éoliennes étant situées sur un aléa très faible.

Les cartes en pages suivantes représentent ces aléas.

**f. Autres risques naturels**

Les communes sont soumises au risque tempête et changement climatique mais également au risque radon.

En effet, le département des Côtes d'Armor est classé en zone prioritaire avec en moyenne 101 à 150 Bq/m<sup>3</sup>. Ce classement en risque prioritaire impose d'effectuer des mesures de l'activité volumique en radon (mesures de dépistage) et des actions correctives (arrêté du 22 juillet 2004 du code de la santé).

Enfin les deux communes sont soumises au risque mouvement de terrain, toutefois aucun mouvement de terrain n'est actuellement répertorié sur ces communes



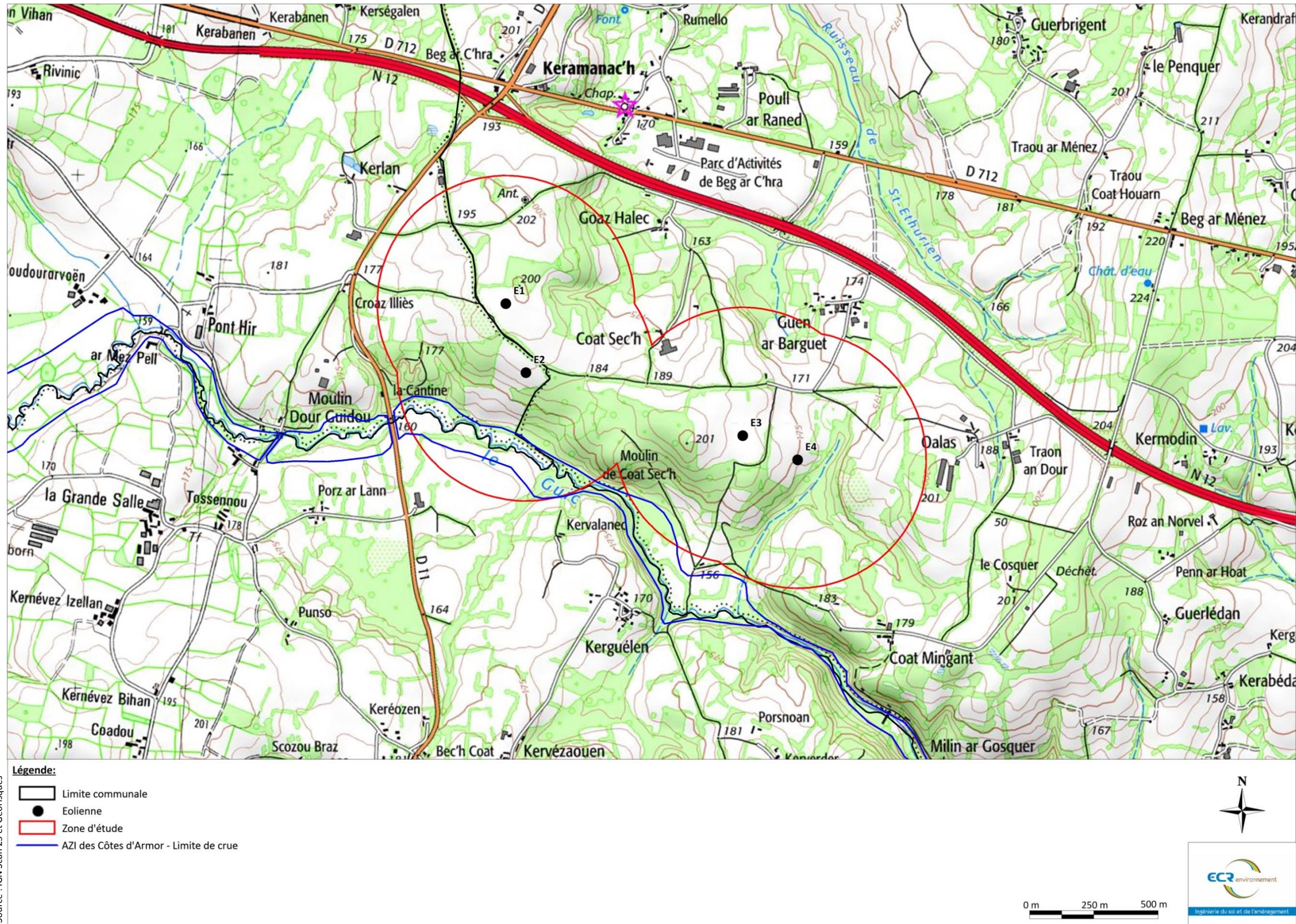


Figure 11 : AZI des Côtes d'Armor



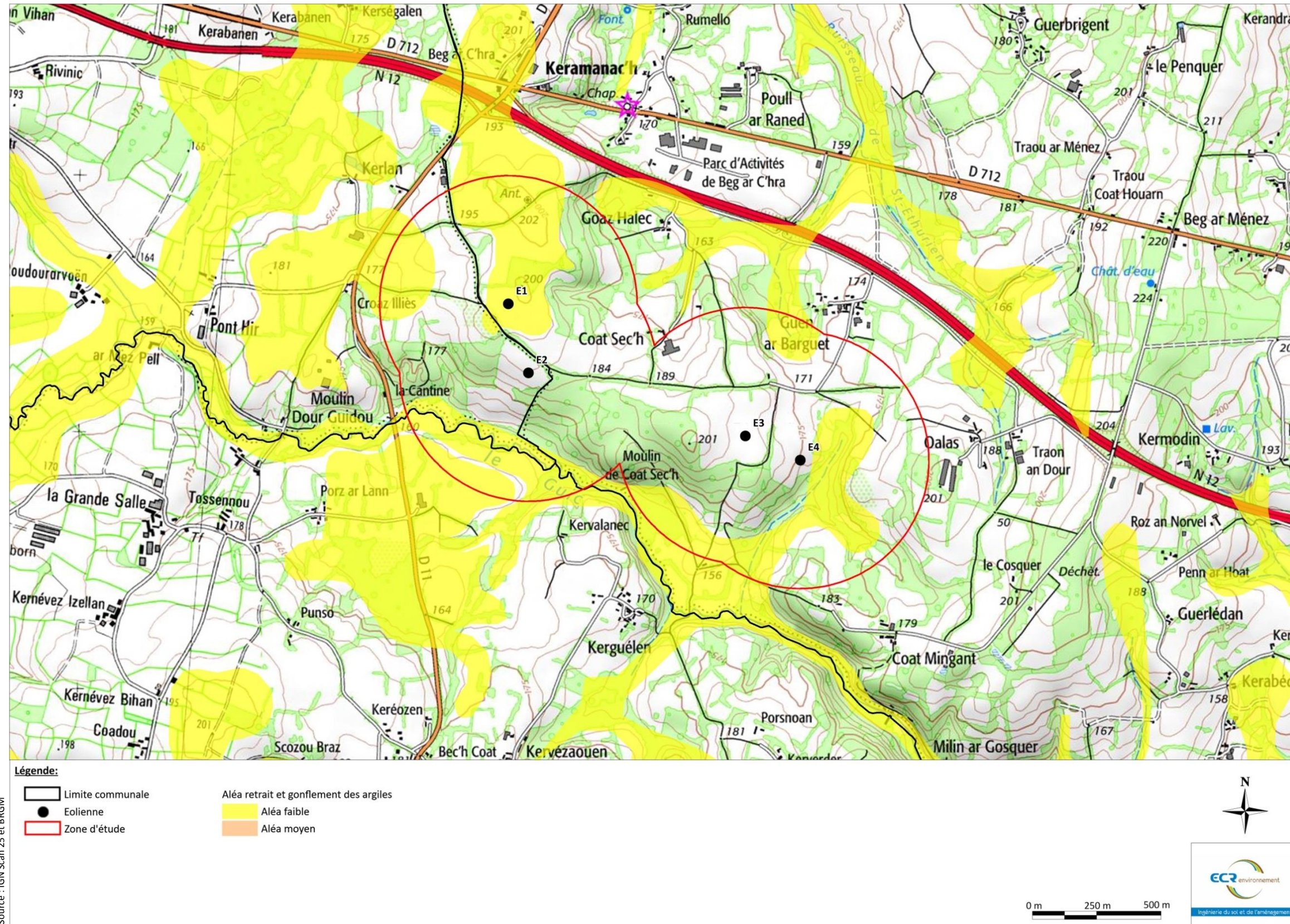


Figure 12 : Aléa retrait/gonflement des argiles



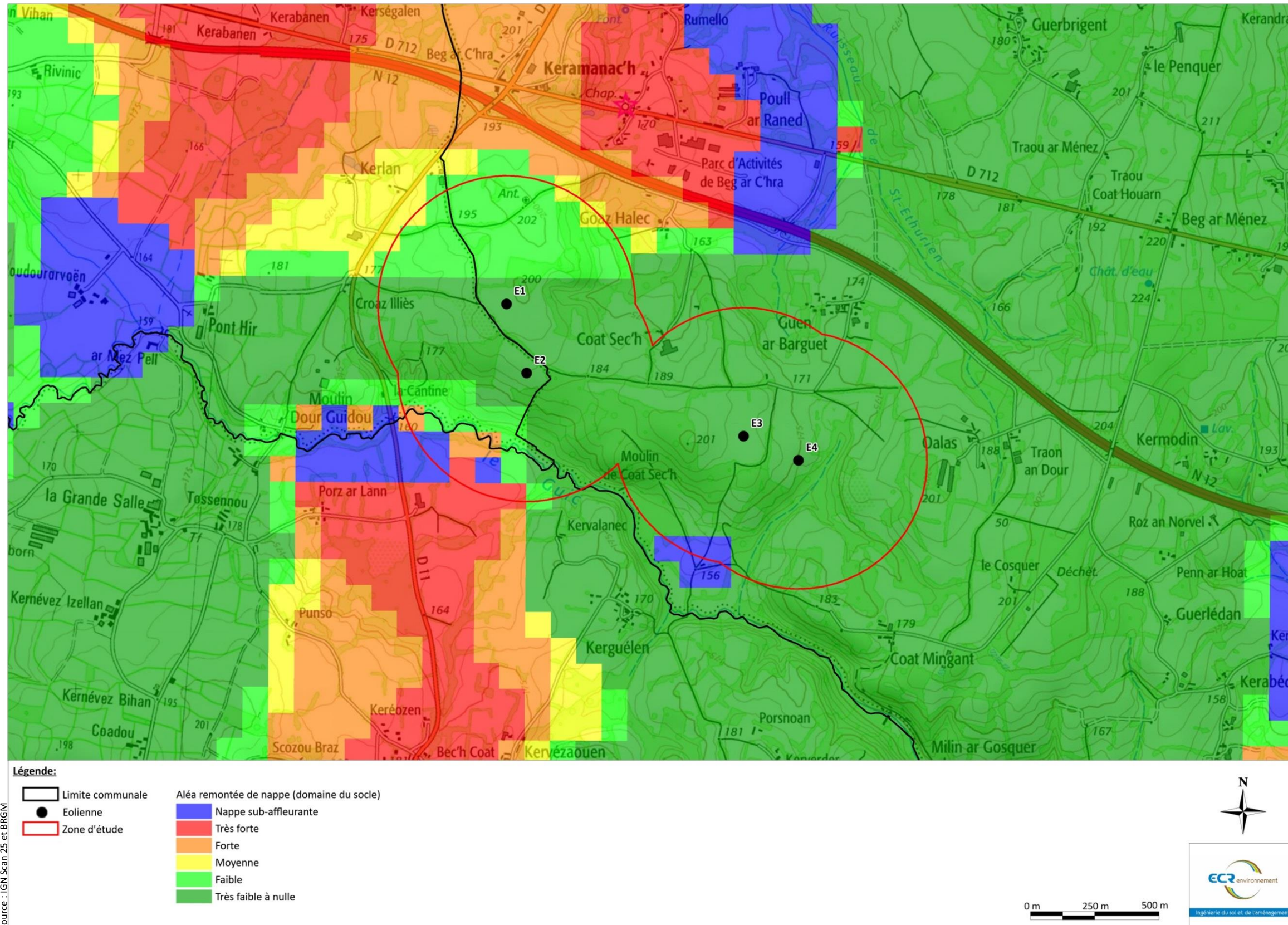


Figure 13 : Aléa remontée de nappe phréatique



### 3.3. ENVIRONNEMENT MATERIEL

#### 3.3.1. Voies de communication

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

- les voies communales et chemins d'exploitations.

Les voies communales et sentiers sont considérés comme non structurantes (circulation < 2000 véhicules/jour)

L'aire d'étude n'est concernée par aucun transport ferroviaire, fluvial ou aérien (absence de servitude aéronautique).

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

Des demandes de renseignements ont été envoyées aux organismes concernés.

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

La Direction Régionale des Affaires Culturelles de Bretagne nous informe de la présence de sites archéologiques sur la commune de Plounevez-Moëdec.

Aucun Monument Historique inscrit ou classé n'est présent au sein de la zone d'étude, toutefois plusieurs sont présents sur les communes de Plounevez-Moëdec, Plounérin et les communes limitrophes.

Le monument historique le plus proche est la chapelle de Keramanac'h (classée) sur la commune de Plounevez-Moëdec à environ 750 m au Nord.

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

L'ARS indique la présence d'un captage sur la commune du Vieux Marché (limitrophe de Plounevez-Moëdec), toutefois la zone d'étude n'est pas concernée par des périmètres de protection.

##### c. Servitudes lignes électriques

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

ERDF (ENEDIS) nous indique pour sa part la présence de réseau HTA et BT à proximité de la zone d'étude.

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

Aucun ouvrage n'est présent à proximité du projet.

##### e. Servitudes aéronautique et militaire

Le projet est situé en dehors de toute servitude aéronautique ou radioélectrique associée à des installations. Par ailleurs, compte-tenu de la hauteur totale hors sol des éoliennes, un balisage diurne et nocturne conforme à l'arrêté du 13 novembre 2009 est à prévoir.

##### f. Servitudes aéronautiques civiles

Il n'y a pas de servitude, toutefois compte tenu de la hauteur des éoliennes, il est nécessaire de prévoir un balisage diurne et nocturne réglementaire (en application de l'arrêté du 13 novembre 2009 relatif à la réalisation du balisage des éoliennes situées en dehors des zones grevées de servitudes aéronautiques).

##### g. Servitudes radioélectriques

La commune de Plounevez-Moëdec est concernée par un décret de servitudes radioélectriques PT1 (protection contre les perturbations électromagnétiques), PT2 (protection contre les obstacles) et PT2LH (protection contre les obstacles pour une liaison hertzienne).

Toutefois ces servitudes ne concernent pas la zone d'étude.

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

Selon le Schéma Régional Eolien (SRE) Bretagne, le projet est situé en dehors des zones de protection et de coordination des radars Météo France.

##### i. Récapitulatif des servitudes

Les différents services et organismes gestionnaires des réseaux ou installations à l'origine de servitudes et obligations réglementaires ont été consultés (voir courriers de réponse en annexe n°1). Les points importants à signaler sont les suivants :

- absence de pylône de radio-transmission sur le site d'implantation des éoliennes ;
- absence de servitude liée à la présence d'infrastructure aéronautique de l'Armée de l'Air ; celle-ci émet un avis favorable au projet sous réserve de la mise en place d'un dispositif de balisage ;
- absence de servitude liée à la présence d'infrastructure aéronautique civile ;
- absence de captage AEP et de périmètre de protection associé sur l'aire d'implantation potentielle ;
- présence de canalisations AEP ;
- absence d'installation classée pour la protection de l'environnement sur et à proximité de l'aire d'implantation ;
- absence de canalisation de gaz ;
- absence d'oléoduc sur le site et ses abords ;
- présence de servitudes liées à la proximité de la route nationale n°12 et de la route départementale n° 11 ;
- absence de lignes électriques dans l'aire d'implantation potentielle ;



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

Services consultés	Servitudes/conseils
<b>ARS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Respecter la réglementation en matière de nuisances sonores</li> <li>- Aucun captage au sein de la ZIP</li> </ul>
<b>CG 22</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- marge de recul minimale de 25 m vis-à-vis de la route départementale n°11</li> <li>- limitation du nombre des accès (aucun accès ne pourra être créé sur route départementale dès lors qu'il existe une autre possibilité de desserte)</li> </ul>
<b>DIRO – District de St-Brieuc</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- marges de recul de 75 m vis-à-vis de la route nationale n°12</li> </ul>
<b>DRAC</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- aucun site archéologique n'est actuellement recensé dans l'emprise de l'aire d'étude ou à sa proximité immédiate</li> <li>- informer le service régional de l'archéologie de toute découverte fortuite qui pourrait être effectuée aux cours des travaux ultérieurs</li> </ul>
<b>ERDF</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- présence d'un réseau à l'extrémité Ouest de l'aire d'étude</li> </ul>
<b>SDE Eclairage public</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- absence de réseau dans la zone d'implantation potentielle des éoliennes</li> </ul>
<b>RTE GET BRETAGNE</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- il n'existe pas de servitude sur la zone d'étude</li> </ul>
<b>DGAC</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- les éoliennes devront être balisées, conformément à l'arrêté du 13 novembre 2009 relatif au balisage des éoliennes situées en dehors des zones grevées de servitude aéronautique</li> <li>- les dates de début et de fin de travaux, l'altitude au pied et au sommet de chaque éolienne ainsi que la position géographique exacte du projet devront leur être communiquées</li> </ul>
<b>Armée de l'Air</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- prévoir un balisage diurne et nocturne pour chaque éolienne</li> </ul>
<b>ANF</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- il existe une servitude de type PT2 au Nord de la zone d'étude.</li> </ul>
<b>Orange</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- absence de servitude</li> </ul>

**Tableau 8 : Tableau des services de servitudes consultés**

### 3.4. CARTOGRAPHIE DE SYNTHÈSE

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

Le Tableau 9 page 29 identifie le nombre de personnes exposées par secteur (champs, routes, habitations, ....).

#### 3.3.3. Autres ouvrages publics

Les deux communes sont équipées d'une station d'épuration.



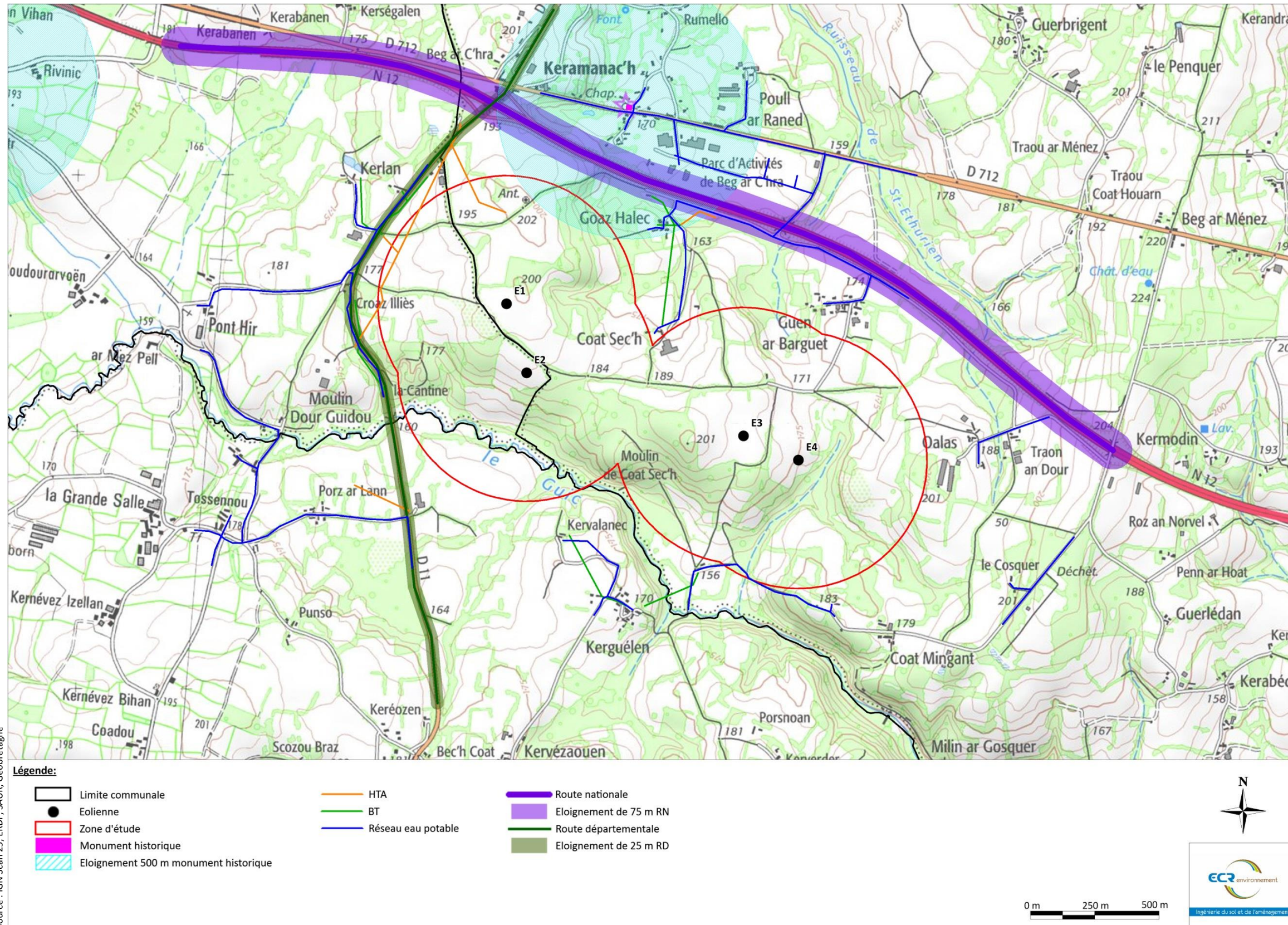


Figure 14 : Cartographie de synthèse



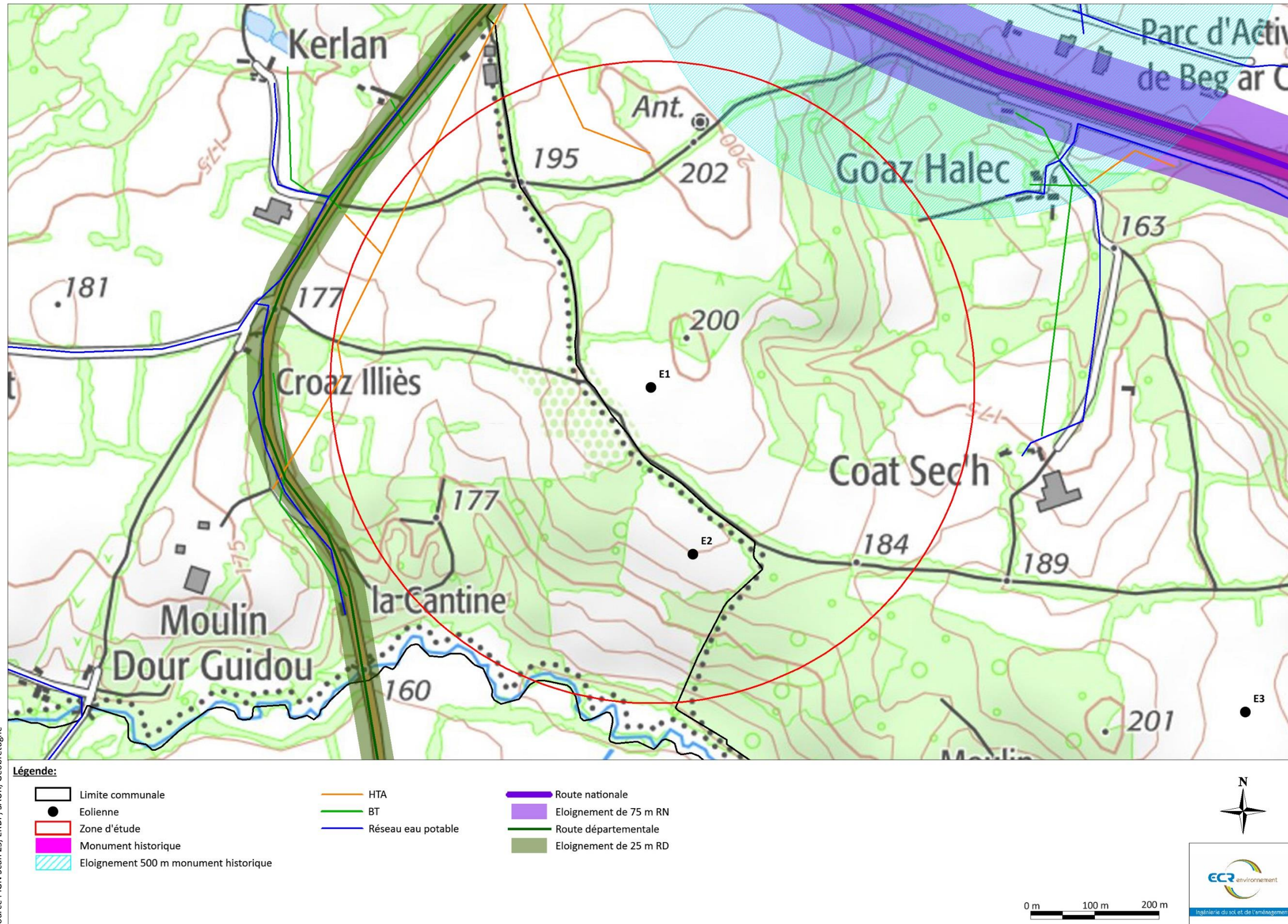


Figure 15 : Synthèse éolienne E1



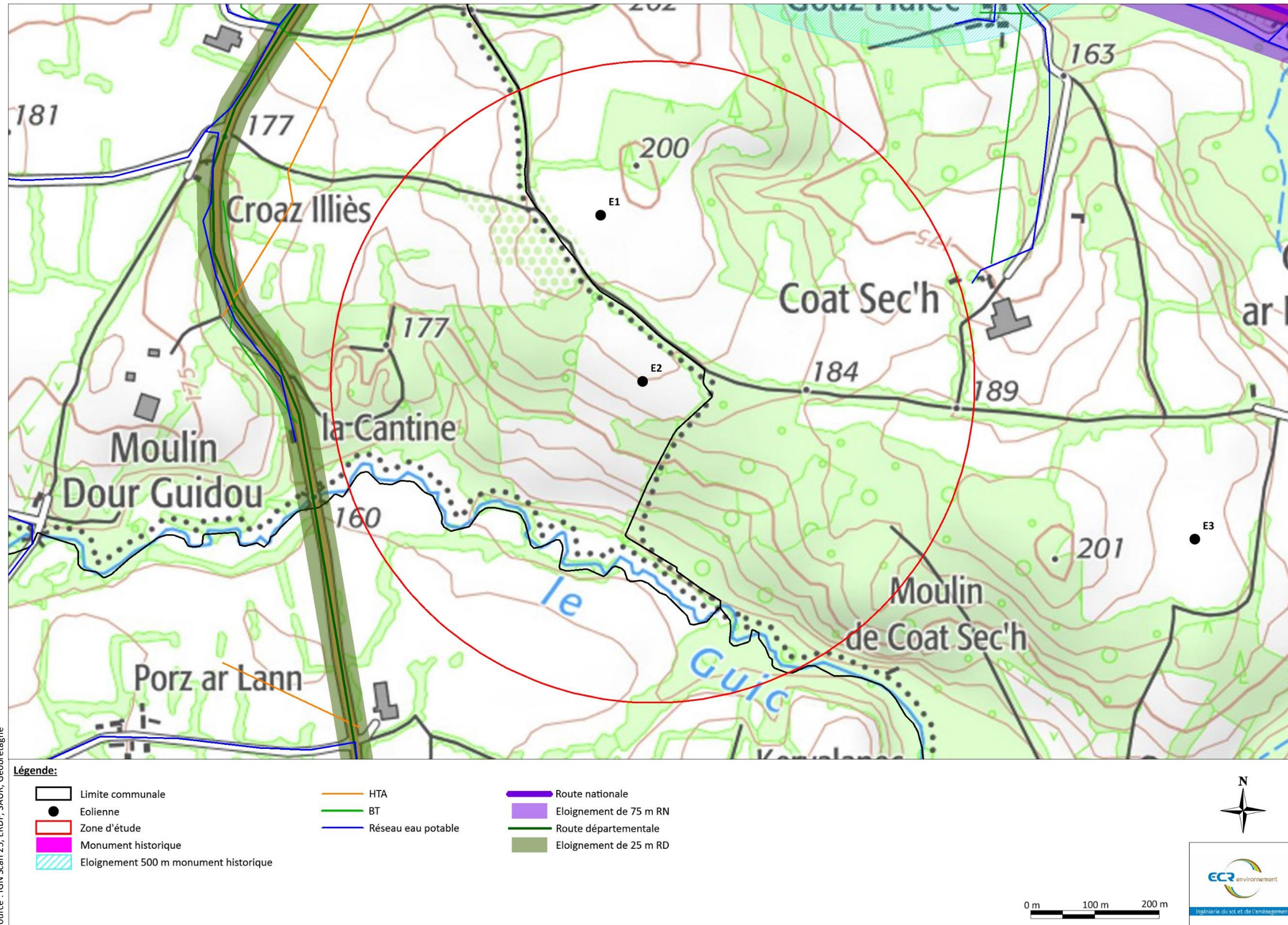


Figure 16 : Synthèse éolienne E2



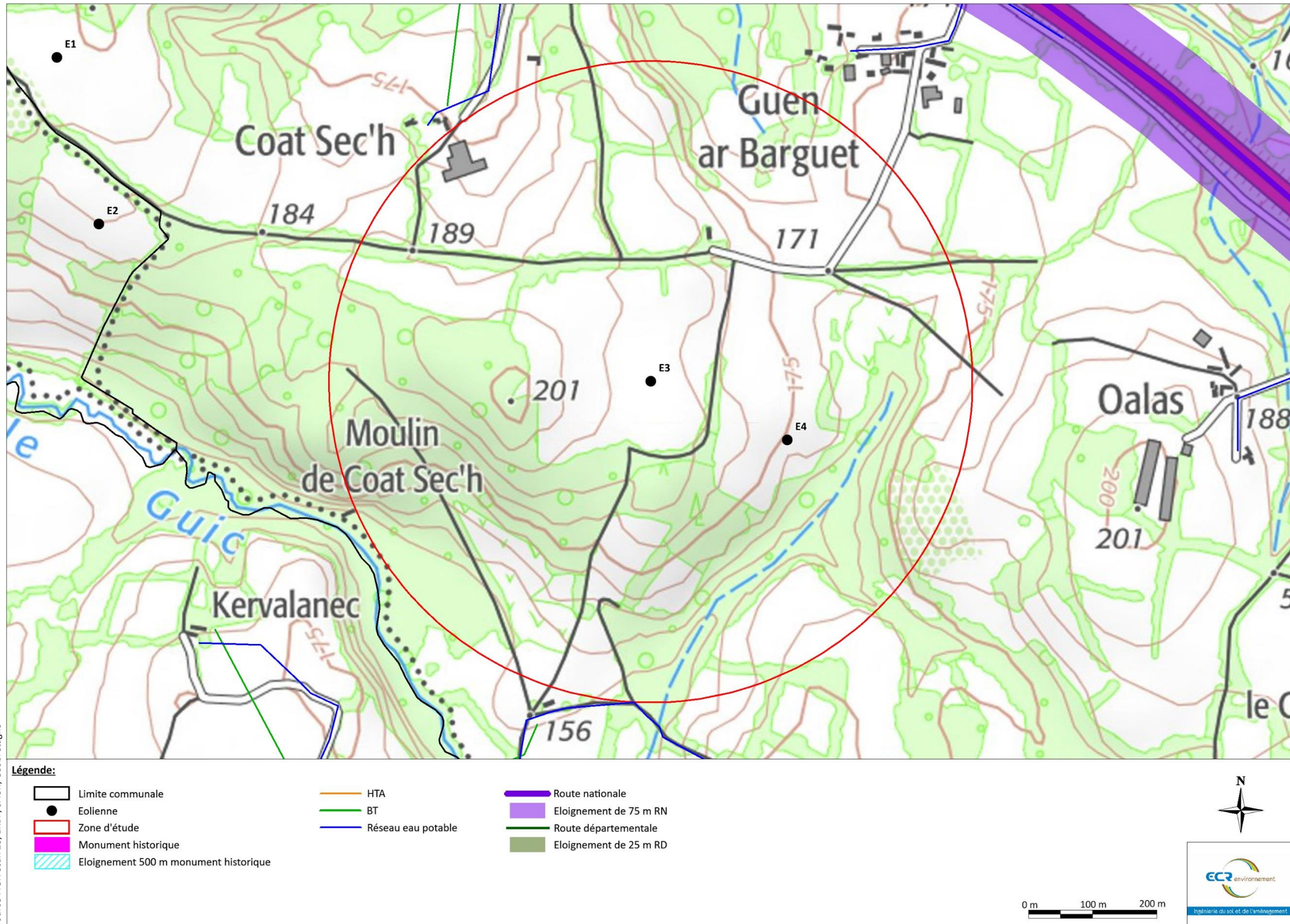


Figure 17 : Synthèse éolienne E3



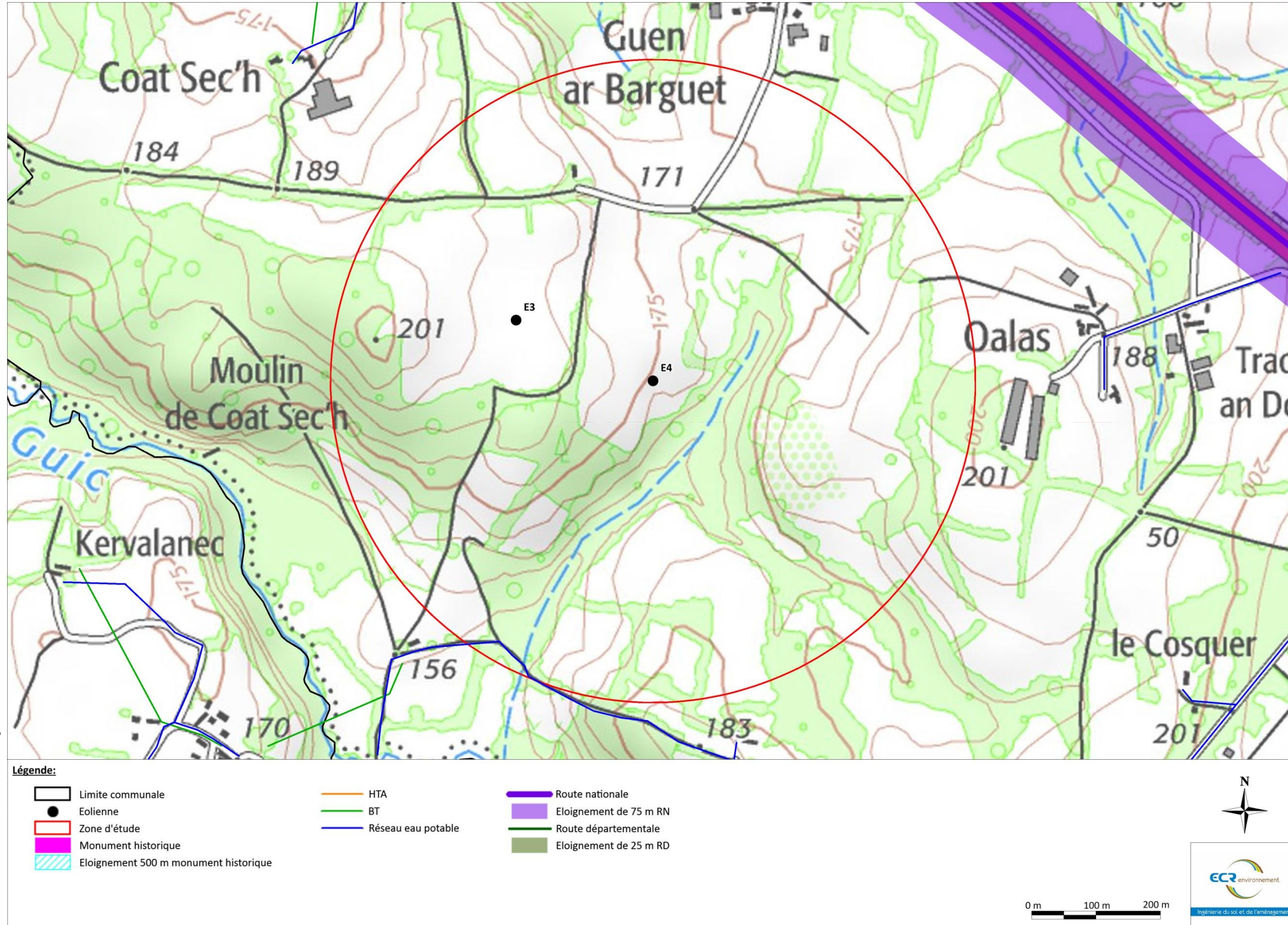


Figure 18 : Synthèse éolienne E4



secteurs	Terrains non bâtis			Voies de circulation				Logements	ERP	ZA	Total enjeu humain
	Non aménagés*	Aménagés peu fréquentés**	Aménagés fréquentés	Automobile	Ferroviaire***	Navigable	Chemin et voie piétonne				
<b>Eolienne 1</b>	77,06 ha soit 0,7706 personne	1,47 ha soit 0,147 personne									<b>0,9176 personne</b>
<b>Eolienne 2</b>	77,49 ha soit 0,7749 personne	1,04 ha soit 0,104 personne									<b>0,8789 personne</b>
<b>Eolienne 3</b>	76,07 ha soit 0,7607 personne	2,46 ha soit 0,246 personne									<b>1,0067 personne</b>
<b>Eolienne 4</b>	76,79 ha soit 0,7679 personne	1,74 ha soit 0,174 personne									<b>0,9419 personne</b>

**Tableau 9 : Comptage des enjeux humains par éolienne**

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

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

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

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

Le bâtiment agricole présent au sein de l'aire d'étude de 500 m autour de l'éolienne E3 a été comptabilisé au sein des secteurs aménagés peu fréquentés.

#### 4. DESCRIPTION DE L'INSTALLATION

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

##### 4.1. CARACTERISTIQUES DE L'INSTALLATION

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

Un parc éolien est une centrale de production d'électricité à partir de l'énergie du vent, composée de plusieurs aérogénérateurs et de leurs annexes :

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

###### a. Eléments constitutifs d'un aérogénérateur

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

Une éolienne est constituée des éléments principaux suivants :

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

- les outils de mesure du vent (anémomètre, girouette),
- le balisage diurne et nocturne nécessaire à la sécurité aéronautique.
- un mât maintenant la nacelle et le rotor (3), généralement composé de 3 à 4 tronçons en acier ou 15 à 20 anneaux de béton surmonté d'un ou plusieurs tronçons en acier. Dans la plupart des éoliennes, il abrite le transformateur qui permet d'élever la tension électrique de l'éolienne au niveau de celle du réseau électrique;
- une fondation assurant l'ancrage de l'ensemble (4) ;

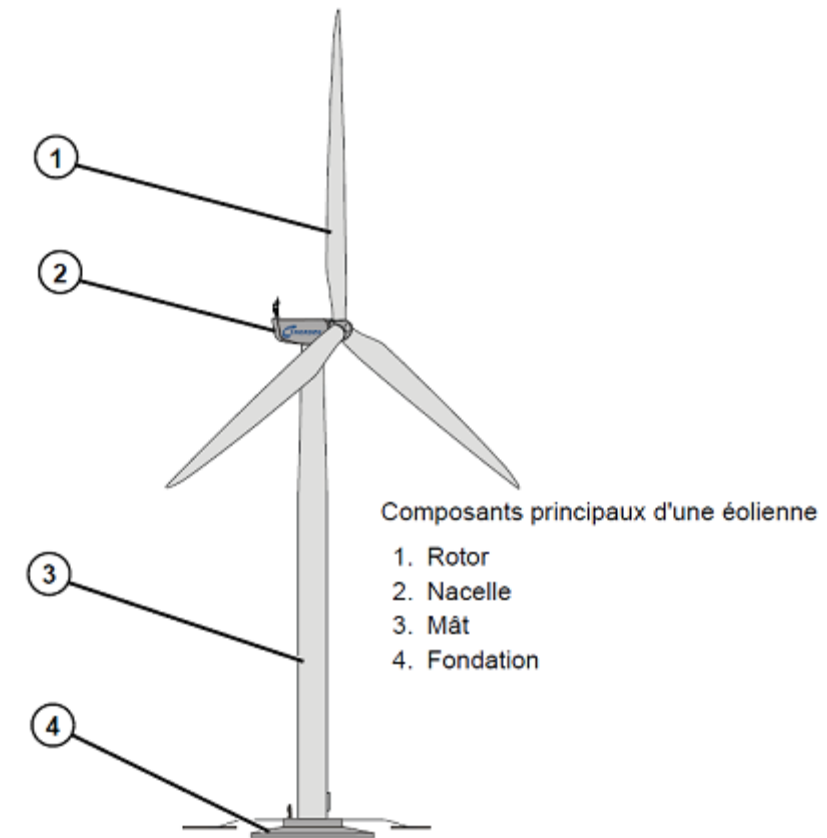


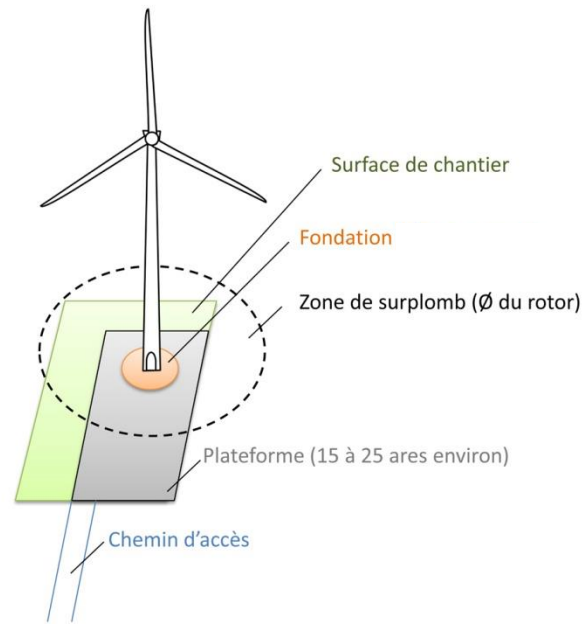
Figure 19 : Dénomination des différents éléments d'une éolienne

###### b. Emprise au sol

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

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





**Figure 20 : Illustration des emprises au sol d'une éolienne**

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

#### c. Chemins d'accès

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

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

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

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

#### d. Autres installations

Une plateforme du parc éolien Beg Ar C'Hra sera considérée comme une aire d'accueil pour informer le public.

Des panneaux d'information destinés au public seront installés.

#### 4.1.2. Activité de l'installation

L'activité principale du parc éolien Beg Ar C'Hra est la production d'électricité à partir de l'énergie mécanique du vent avec une hauteur (mât + nacelle) pour l'éolienne retenue NORDEX N117 de 93 m.

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

#### 4.1.3. Composition de l'installation

Le parc éolien de Beg Ar C'Hra est composé de 4 aérogénérateurs et d'un poste de livraison. Deux postes sources sont pour l'instant envisagés, celui de Guerlesquin sur la commune du même nom (29), à 9 km à l'Ouest du projet et le poste de Névez à Belle-Isle-en-Terre (22), à 9 km à l'Est du projet.

Le choix de la société Parc éolien de Beg ar C'hra porte sur l'éolienne NORDEX N117 :

Modèle	Eolienne N117
Marque	NORDEX
Puissance	3 ou 3,6 MW
Diamètre du rotor	116,8 m
Hauteur du mât au moyeu	91 m
Hauteur du mât au sens ICPE (mât + nacelle)	93 m
Hauteur en bout de pales	149,6 m

**Figure 21 : Caractéristiques principales des éoliennes**

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

Eolienne	Coordonnée RGF Lambert 93	
	X	Y
<b>E1</b>	220 957.10	6 847 935.48
<b>E2</b>	221 019.95	6 847 677.81
<b>E3</b>	221 882.47	6 847 430.54
<b>E4</b>	222 095.32	6 847 339.68
<b>Poste de livraison</b>	222 421.24	6 847 922.05

**Tableau 10 : Coordonnées des éléments de l'installation**

Numéro de l'éolienne	Altitude en bout de pale en mètres NGF
1	348
2	337
3	337
4	322
<b>Postes de livraison</b>	

**Tableau 11 : Altitude des éoliennes**

Conformément à l'article 14 de l'Arrêté du 26 août 2011 relatif aux installations de production d'électricité utilisant l'énergie mécanique du vent au sein d'une installation soumise à autorisation au titre de la rubrique 2980 de la législation des installations classées pour la protection de l'environnement, les prescriptions à observer par les tiers sont affichées en caractères lisibles avec des pictogrammes sur un panneau sur le chemin d'accès de chaque aérogénérateur et sur le poste de livraison. Elles concernent notamment :

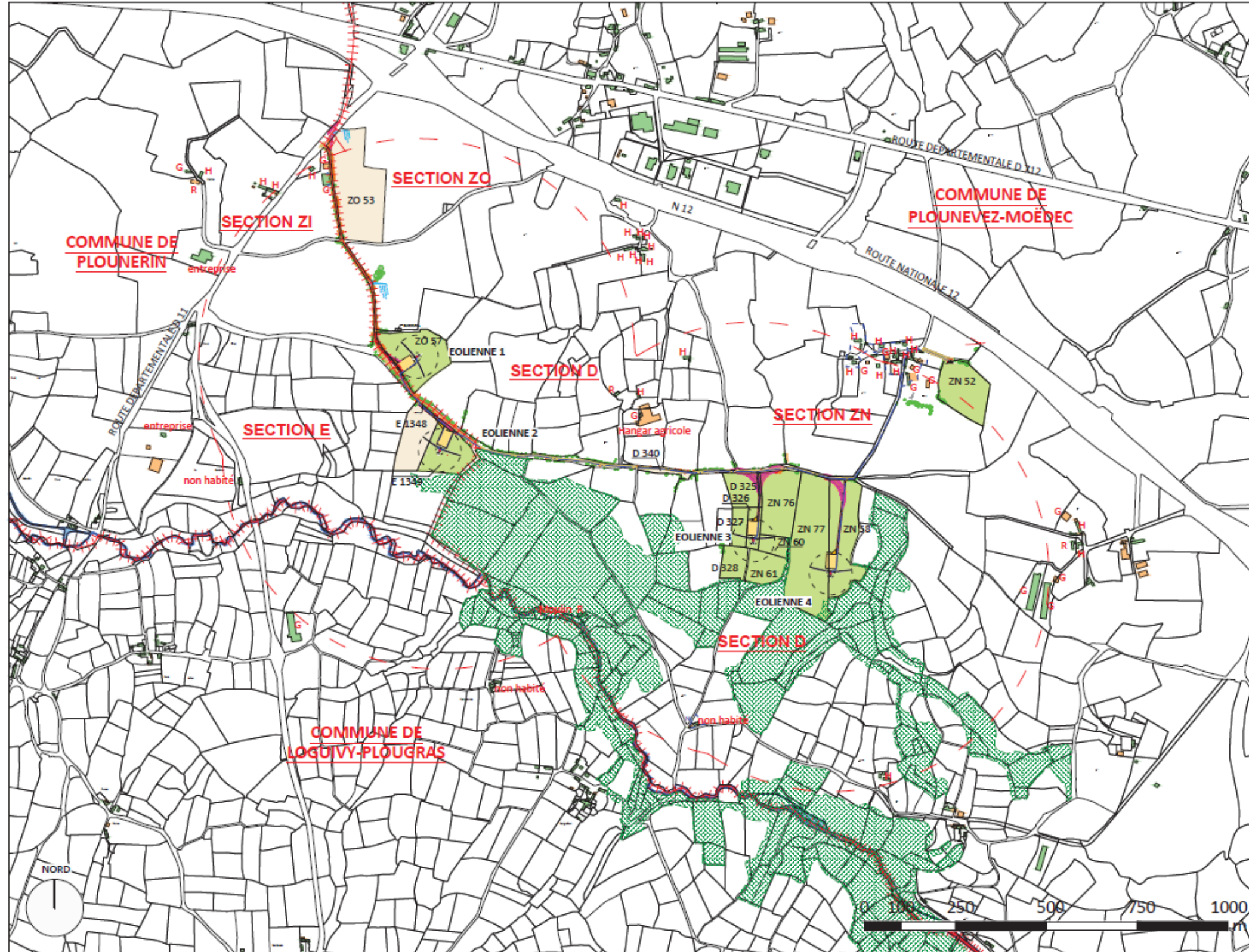
- les consignes de sécurité à suivre en cas de situation anormale,
- l'interdiction de pénétrer dans l'aérogénérateur,
- la mise en garde face aux risques d'électrocution.

Le parc sera exploité par la société Parc éolien de Beg ar C'hra qui missionnera l'équipe d'exploitation technique et administrative de RWE Renouvelables France et la maintenance sera assurée par le fabricant de l'éolienne, NORDEX.





**PARC ÉOLIEN DE BEG AR C'HRA**  
 COMMUNES DE PLOUNEVEZ-MOËDEC ET PLOUNÉRIN (22)



DOSSIER DE DEMANDE  
 D'AUTORISATION UNIQUE

**AU 10.2**  
**PLAN DE MASSE**  
**GÉNÉRAL**

\*\*\*\*\*  
 legende

- PARCELLE D'ASSIETTE
- PARCELLE AVEC SERVITUDE
- PATEFORME: CAILLOUTIS
- PAN COUPÉ TEMPORAIRE
- CHEMIN COMMUNAL OU CADASTRE
- ZONE DE ROULEMENT (80MPa)
- VOIRIE A CRÉER (80MPa)
- EMPRISE VOIRIE COMMUNALE À RÉHABILITER
- SURVOL INT: ZONE À LAISSER LIBRE D'ACCÈS (H+0.30m)
- SURVOL EXT: ZONE À LAISSER LIBRE D'ACCÈS (H+0.20m)
- TRACÉ PRÉVISIONNEL DU RESEAU ELECTRIQUE ENTERRÉ
- LIMITE DE COMMUNE
- BOISEMENTS
- ARBRE
- ARBRE À COUPER
- ARBRE À ÉLAGUER
- BÂTIMENTS
- H : Habitation
- G : Garage - hangar
- R : Ruine
- Zone Nh - PLU
- COURS D'EAU
- \*\*\*\*\*  
maîtrise d'ouvrage

**SAS PARC ÉOLIEN**  
**DE BEG AR C'HRA**

PL 07  
 DATE 03|05|2021  
 A3 // Echelle 1:10000

Figure 22 : Localisation des éoliennes, du poste de livraison

#### 4.2. FONCTIONNEMENT GENERAL DE L'INSTALLATION

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

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

Les pales se mettent en mouvement lorsque l'anémomètre (positionné sur la nacelle) indique une vitesse de vent d'environ 10 km/h et c'est à partir de 12 km/h que l'éolienne peut être couplée au réseau électrique. Le rotor et l'arbre dit «lent» transmettent alors l'énergie mécanique à basse vitesse (entre 5 et 20 tr/min) aux engrenages du multiplicateur, dont l'arbre dit «rapide» tourne environ 100 fois plus vite que l'arbre lent. Certaines éoliennes sont dépourvues de multiplicateur et la génératrice est entraînée directement par l'arbre « lent » lié au rotor, c'est notamment le cas pour les machines ENERCON. Ensuite, la génératrice transforme l'énergie mécanique captée par les pales en énergie électrique.

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

Pour un aérogénérateur de 2,5 MW par exemple, la production électrique atteint 2 500 W dès que le vent atteint environ 50 km/h à hauteur de nacelle. L'électricité produite par la génératrice est un courant alternatif de fréquence 50 Hz avec une tension de 400 à 690 V. La tension est ensuite élevée jusqu'à 20 000 V par un transformateur placé dans chaque éolienne pour être ensuite injectée dans le réseau électrique public.

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

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

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

Elément de l'installation	Fonction	Caractéristiques	
Conditions climatiques	Température ambiante de survie	-20°C à +50°C	
	Puissance nominale	-20°C à +40°C	
	Arrêter	-20°C, redémarrage à -18C	
	Certificat	Classe 1 selon IEC 61400-1	
Conception technique	Puissance nominale	3 600 kW	
	Régulation de puissance	Variation active de pale individuelle	
	Diamètre du rotor	116,8 m	
	Hauteur du moyeu	91 m	
	Concept de l'installation	Boîte de vitesse, vitesse de rotation variable	
	Plage de vitesse du rotor	8 à 14,1 tours par min	
Rotor (Capte l'énergie mécanique du vent et la transmet à la génératrice)	Type	Orientation active des pales face au vent	
	Sens de rotation	Sens horaire	
	Nombre de pales	3	
	Surface balayée	10 715 m <sup>2</sup>	
	Contrôle de vitesse	Variable via microprocesseur	
	Contrôle de survitesse	Pitch électromotorisé indépendant sur chaque pale	
	Matériau des pales	Plastique renforcé à la fibre de verre (GFK), protection contre la foudre intégrée en accord complet avec la norme IEC 61 - 400-24 (Juin 2010)	
Nacelle (Supporte le rotor et abrite le dispositif de conversion de l'énergie mécanique en électricité (génératrice, etc.) ainsi que les dispositifs de contrôle et de sécurité)	Arbre de rotor Transmet le mouvement de rotation des pales	Entraîné par les pales	
	Multiplicateur	Engrenage planétaire à plusieurs étages + étage à roue dentée droite ou entraînement différentiel Tension nulle	
	Génératrice Produit l'électricité	Asynchrone à double alimentation Tension de 660 V	
Système de freinage	Frein principal aérodynamique	Orientation individuelle des pales par activation électromécanique avec alimentation de secours	
	Frein auxiliaire mécanique	Frein à disque à actionnement actif sur l'arbre rapide	
Mât (Supporte le rotor et la nacelle)	Type	Tubulaire en acier	
	Nombre de sections	3	
	Protection contre la corrosion	Revêtement multicouche résine époxy	
	Fixation du pied du mât	Cage d'ancrage noyée dans le béton de fondation	
Transformateur (Elève la tension de sortie de la génératrice avant l'acheminement du courant électrique par le réseau)	Caractéristiques	A l'intérieur du mât Tension de 20 kV à la sortie	
Fondation	Type	En béton armé, de forme octogonale	



Elément de l'installation	Fonction	Caractéristiques
<i>(Ancre et stabilise le mât dans le sol)</i>	Dimensions	Design adapté en fonction des études géotechnique et hydrogéologique réalisées avant la construction
Contrôle de commande	Type matériel logiciel	Remote Field Controller/PLC, Nordex Control 2
	Démarrage automatique après coupure de réseau	Oui
	Démarrage automatique après vent de coupure	Oui
Période de fonctionnement	1,1 à 3 m/s	Un automate, informé par une girouette, commande aux moteurs d'orientation de placer l'éolienne face au vent
	Environ 3 m/s	Le vent est suffisant pour générer de l'électricité. L'éolienne peut être couplée au réseau électrique
	> 3 m/s	La génératrice délivre un courant électrique alternatif, dont l'intensité varie en fonction de la vitesse du vent
	12 à 25 m/s	L'éolienne fournit sa puissance nominale. Cette dernière est maintenue constante grâce à une réduction progressive de la portance des pales
Poste de livraison <i>(Adapte les caractéristiques du courant électrique à l'interface entre le réseau privé et le réseau public)</i>	Caractéristiques	Equipé de différentes cellules électriques et automates qui permettent la connexion et la déconnexion du parc éolien au réseau 20 kV

Tableau 12 : Synthèse de fonctionnement des éoliennes NORDEX N117/3600 TS91

#### 4.2.2. Sécurité des installations

##### a. Règles de conception et système qualité

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

Les aérogénérateurs de type N117 font l'objet d'évaluations de conformité (tant lors de la conception que lors de la construction), de certifications de type (certifications CE) par un organisme agréé et de déclarations de conformité aux standards et directives applicables. Les équipements projetés répondront aux normes internationales de la Commission électrotechnique internationale (CEI) et Normes françaises (NF) homologuées relatives à la sécurité des éoliennes, et notamment :

- la norme IEC61400-1 / NF EN 61400-1 Juin 2006 intitulée « Exigence de conception », qui spécifie les exigences de conception essentielles pour assurer l'intégrité technique des éoliennes. Elle a pour objet de fournir un niveau de protection approprié contre les dommages causés par tous les risques pendant la durée de vie prévue. Elle concerne tous les sous-systèmes des éoliennes tels que les mécanismes de commande et de protection, les systèmes électriques internes, les systèmes mécaniques et les structures de soutien ; La norme IEC 61400-1 spécifie les exigences de conception essentielles pour assurer l'intégrité technique des éoliennes.
- la norme IEC61400-22 / NF EN 61400-22 Avril 2011 intitulée « essais de conformité et certification », qui définit les règles et procédures d'un système de certification des

éoliennes comprenant la certification de type et la certification des projets d'éoliennes installées sur terre ou en mer. Ce système spécifie les règles relatives aux procédures et à la gestion de mise en œuvre de l'évaluation de la conformité d'une éolienne et des parcs éoliens, avec les normes spécifiques et autres exigences techniques en matière de sécurité, de fiabilité, de performance, d'essais et d'interaction avec les réseaux électriques.

- la norme CEI/TS 61400-23:2001 Avril 2001 intitulée « essais en vraie grandeur des structures des pales » relative aux essais mécaniques et essais de fatigue.

D'autres normes de sécurité sont applicables :

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

Au cours de la construction de l'éolienne, le maître d'ouvrage mandatera un bureau de vérification pour le contrôle technique de construction.

Les performances des éoliennes sont garanties dans la mesure où les conditions d'installation sont conformes aux spécifications NORDEX.

##### b. Conformité aux prescriptions de l'arrêté ministériel

L'installation est conforme aux prescriptions de l'arrêté ministériel relatif aux installations soumises à autorisation au titre de la rubrique 2980 des installations classées relatives à la sécurité de l'installation ainsi qu'aux principales normes et certifications applicables à l'installation.

Cela concerne notamment :

- L'éloignement 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 et de 300 mètres d'une installation nucléaire,
- L'implantation 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,
- La présence d'une voie d'accès carrossable entretenue permettant l'intervention des services d'incendie et de secours,
- Le respect des normes suivantes : 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 conforme aux dispositions de l'article R. 111-38 du code de la construction et de l'habitation,
- Le respect des normes suivantes : norme IEC 61 400-24 (version de juin 2010), normes NFC 15-100 (version compilée de 2008), NFC 13-100 (version de 2001) et NFC 13-200 (version de 2009),

- L'installation conforme aux dispositions de la directive du 17 mai 2006 susvisée qui leur sont applicables,
- Le balisage des éoliennes est défini par l'arrêté du 23 avril 2018 relatif à la réalisation du balisage des obstacles à la navigation aérienne. Les éoliennes retenues sont conformes à cet arrêté et sont dotées d'un balisage lumineux d'obstacle au niveau de la nacelle,
- Le maintien fermé à clé des accès à l'intérieur de chaque aérogénérateur, du poste de transformation, de raccordement ou de livraison, afin d'empêcher les personnes non autorisées d'accéder aux équipements,
- L'affichage visible des prescriptions à observer par les tiers sur un panneau sur le chemin d'accès de chaque aérogénérateur, sur le poste de livraison et, le cas échéant, sur le poste de raccordement,
- La réalisation d'essais d'arrêt permettant de s'assurer du fonctionnement correct de l'ensemble des équipements avant la mise en service industrielle des aérogénérateurs,
- L'interdiction d'entreposage à l'intérieur de l'aérogénérateur de matériaux combustibles ou inflammables.

La description détaillée des différents systèmes de sécurité de l'installation sera quant à elle effectuée au stade de l'analyse préliminaire des risques, dans la partie 7.4.4.

#### **c. Gestion à distance du fonctionnement des éoliennes**

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

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

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

De plus, les éoliennes N117 sont équipées d'un système de contrôle à distance des données. La supervision peut s'effectuer à distance depuis un PC équipé d'un navigateur Internet et d'une connexion ADSL ou RNIS. Le logiciel de supervision (SCADA – Supervising Control And Data Acquisition) utilisé est le Nordex Control 2.

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

#### **d. Méthodes et moyens d'intervention**

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

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

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

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

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

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

- type 1 : vérification après 500 à 1500 heures de fonctionnement (contrôle visuel du mât, des fixations fondation/tour, tour/nacelle, rotor...et test du système de déclenchement de la mise en sécurité de l'éolienne),
- type 2 : vérification annuelle des matériaux (soudures, corrosions), des équipements mécaniques et hydrauliques, de l'électrotechnique et des éléments de raccordement électrique,
- type 3 : vérification quinquennale de forte ampleur pouvant inclure le remplacement de pièces.

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

Pour la maintenance, une équipe de techniciens spécialisés est implantée à Pleyben (dans le Finistère), distante d'environ 80 km du parc éolien. En cas de déviance sur la production ou d'avaries techniques, une équipe de maintenance interviendra sur le site.

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

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

Conformément à l'article 16 de l'arrêté du 26 août 2011 relatif aux installations de production d'électricité utilisant l'énergie mécanique du vent au sein d'une installation soumise à autorisation au titre de la rubrique 2980 de la législation des installations classées pour la protection de l'environnement, aucun produit combustible ou inflammable ne sera stocké dans les éoliennes du parc de Beg Ar C'Hra et l'intérieur restera propre. Les éléments à bain d'huiles ne sont pas un stock mais un élément de fonctionnement de l'installation (refroidissement, isolation électrique...) et ne sont donc pas concernés par cet article.

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

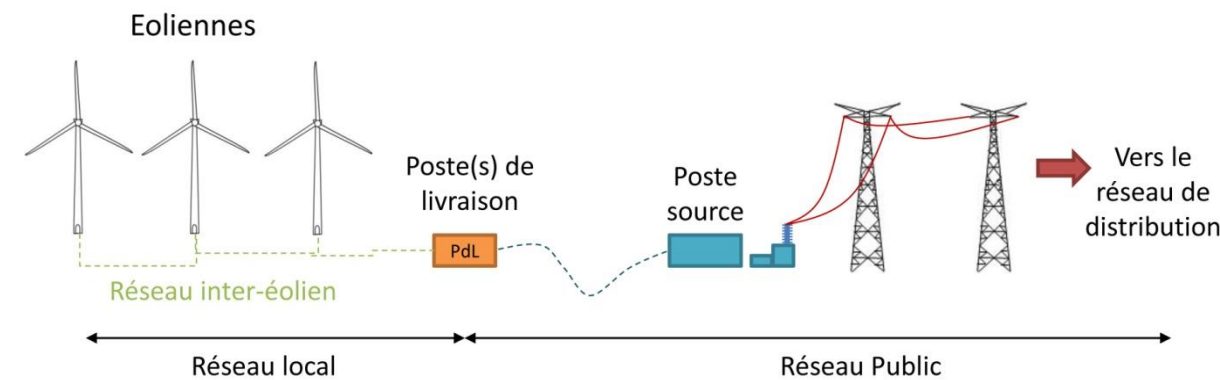


#### 4.3. FONCTIONNEMENT DES RESEAUX DE L'INSTALLATION

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

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

##### 4.3.1. Raccordement électrique



**Figure 23 : Raccordement électrique des installations**  
 (Source Guide SER/FEE)

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

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

##### b. Conformité des liaisons électriques

Le pétitionnaire s'engage à respecter les dispositions de l'arrêté du 17 mai 2001 fixant les conditions techniques auxquelles doivent satisfaire les ouvrages électriques. Les liaisons électriques seront donc de ce fait conformes avec la réglementation technique en vigueur. Les postes de livraison et les câbles y raccordant les éoliennes sont soumis à approbation de construction et de l'exploitation des ouvrages de transport et de distribution d'électricité selon l'article L323-11 du Code de l'Energie.

##### c. Caractéristique du câble électrique

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

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

la longueur totale du câblage interéolien est de 2 968 m, dont la répartition se fait de la manière suivante :

- 1 250 m en domaine privé
- 1 718 m en accotement

##### d. Caractéristique des tranchées

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

Les impacts directs de la mise en place de ces réseaux enterrés sur le site sont négligeables : les tranchées sont faites au droit des chemins d'accès puis sous les voies existantes dans les lieux présentant peu d'intérêt écologique. Ils passeront également pour partie à travers champs.

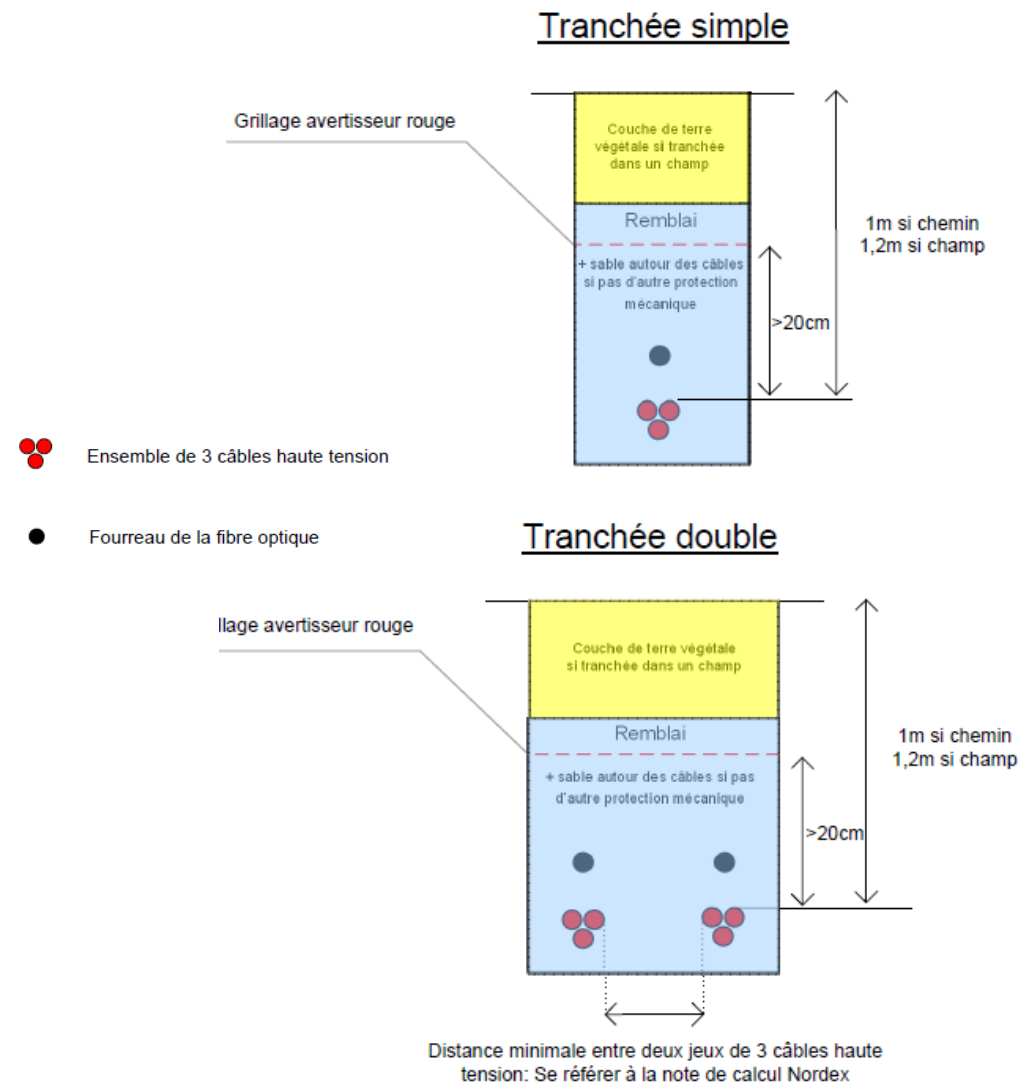
La tranchée doit être dimensionnée pour y placer au minimum :

- Un ou plusieurs jeux de 3 câbles haute tension (HTA) permettant d'évacuer l'énergie produite par les éoliennes vers le poste de livraison. Ils peuvent être d'une section de 95mm<sup>2</sup>, 150mm<sup>2</sup>, 240mm<sup>2</sup>, voire plus (Se référer à la note de calcul Nordex) ;
- Un ou plusieurs fourreaux de type PEHD pour le passage de la fibre optique.

Les 3 câbles haute tension doivent être de type C33-226, torsadés ensemble et protégés mécaniquement.

La fibre optique doit être en accord avec la spécification Nordex.

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



**Figure 24 : Vue en coupe des tranchées selon le nombre de câbles passés**  
(Source Nordex)

#### e. Représentation graphique

Une carte de situation sur fond IGN précise le tracé de principe des canalisations électriques projetées (Cf Figure 27, page suivante et également au sein du volet 7 intitulé « 22-Beg-ar-Chra-7-2-Documents-environnement-A0 », dans ce volet est présenté un plan de raccordement inter-éolien au format A0).

#### f. Poste de livraison

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

Pour le parc éolien de Beg Ar C'Hra, une structure de livraison est prévue. Cette structure est composée d'un poste de livraison dont les dimensions sont de 9,26 m de long par 2,48 m de large.

La puissance totale du poste de livraison sera comprise entre 12 et 14.4 MW selon le modèle d'éoliennes retenu.

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

Le poste de livraison du parc éolien de Beg Ar C'Hra est situé au Nord des éoliennes 3 et 4, aux abords du hameau de Guen ar Barguet.

Le schéma du poste de livraison ainsi que le schéma unifilaire sont présentés au sein des Figure 25 et Figure 26 sur les pages suivantes. Ces éléments sont donnés à titre indicatif et que les caractéristiques exactes du poste de livraison seront connues une fois la PTF (Proposition Technique et Financière) signée avec le gestionnaire de réseau.

#### g. Démarches préalables réalisées

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

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

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

Dans le cas du parc éolien Beg Ar C'Hra, deux postes sources sont pour l'instant envisagés, celui de Guerlesquin sur la commune du même nom (29), à 9 km à l'Ouest du projet et le poste de Névez à Belle-Isle-en-Terre (22), à 9 km à l'Est du projet.

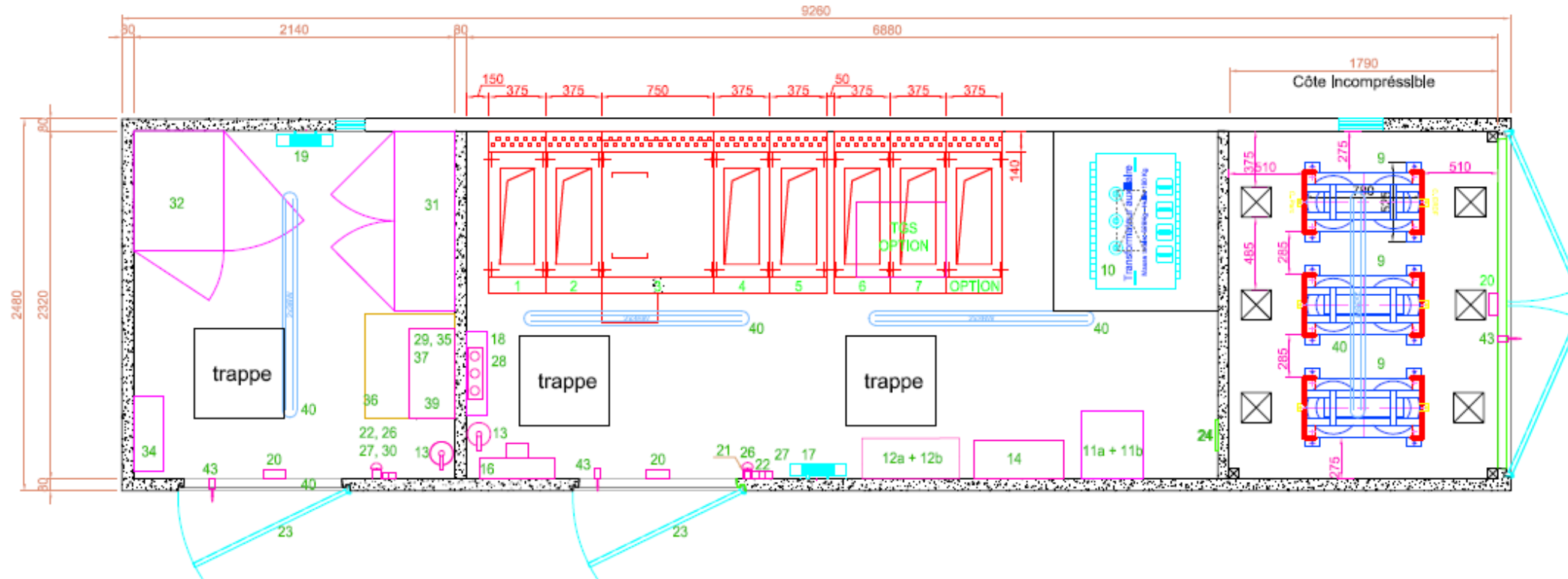
Toutefois, le tracé de ce réseau n'étant pas connu à ce jour et dépendant entièrement d'ENEDIS, il ne pourra être présenté dans le dossier.

#### 4.3.2. Autres réseaux

Le parc éolien de Beg Ar C'Hra 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.



VUE DE DESSUS



Repère	DESIGNATION
1	Cellule HTA " ENEDIS"
2	Cellule HTA " Mesure Tension"
3	Cellule HTA "Disjoncteur général"
4	Cellule HTA "travo auxiliaire"
5	Cellule HTA "Départ filtre"
6	Cellule HTA "Arrivée filtre"
7	Cellule HTA "Départ éolienne x"
8	
9	Filtre passif
10	Transformateur auxiliaire 50kVA
11a	Chargeur 48 Voc C13-100
11b	Chargeur 48 Voc Redondant
12a	Coffret frontière D.E.L.E
12b	Coffret D.E.L.E (en attente)
13	Extincteur
14	Coffret de distribution BT
15	.
16	Comptage ENEDIS
17	Convecteur 1000w
18	Accessoires de sécurité
19	Convecteur 750w
20	Bloc autonome d'éclairage de sécurité
21	3 prises de courant 2P+T
22	Bloc de secours portatif
23	Porte avec affichage réglementaire
24	Barrette de terre général poste
25	
26	Arrêt d'urgence
27	Interrupteur
28	Porte fusible HTA

Repère	DESIGNATION
29	
30	
31	Armoire CWE (L1200xP400xH2000)
32	Armoire WFP (L600xP800xH1800)
33	
34	Coffret de distribution BT
35	Coffret protection téléphonique
36	Bureau 600x600
37	Prise de courant (normal)
38	Prise téléphone (conjoncteur)
39	Coffret BHRD
40	Eclairage fluo 2*36W
43	FdC
Option	Cellule départ parc éolien

POSTE DE LIVRAISON  
 Plan Implantation matériel  
 Variante A2c

REVISION	DATE	DESCRIPTION	REVISION	DATE	DESCRIPTION

**INEO MPLR**  
 Agence ENERGIES

NOUVELLES  
 Agence Energies Nantes

15, Boulevard André Malraux - BP 40708  
 31547 TOULOUSE CEDEX 07

Figure 25 : Vue de dessus du poste de livraison





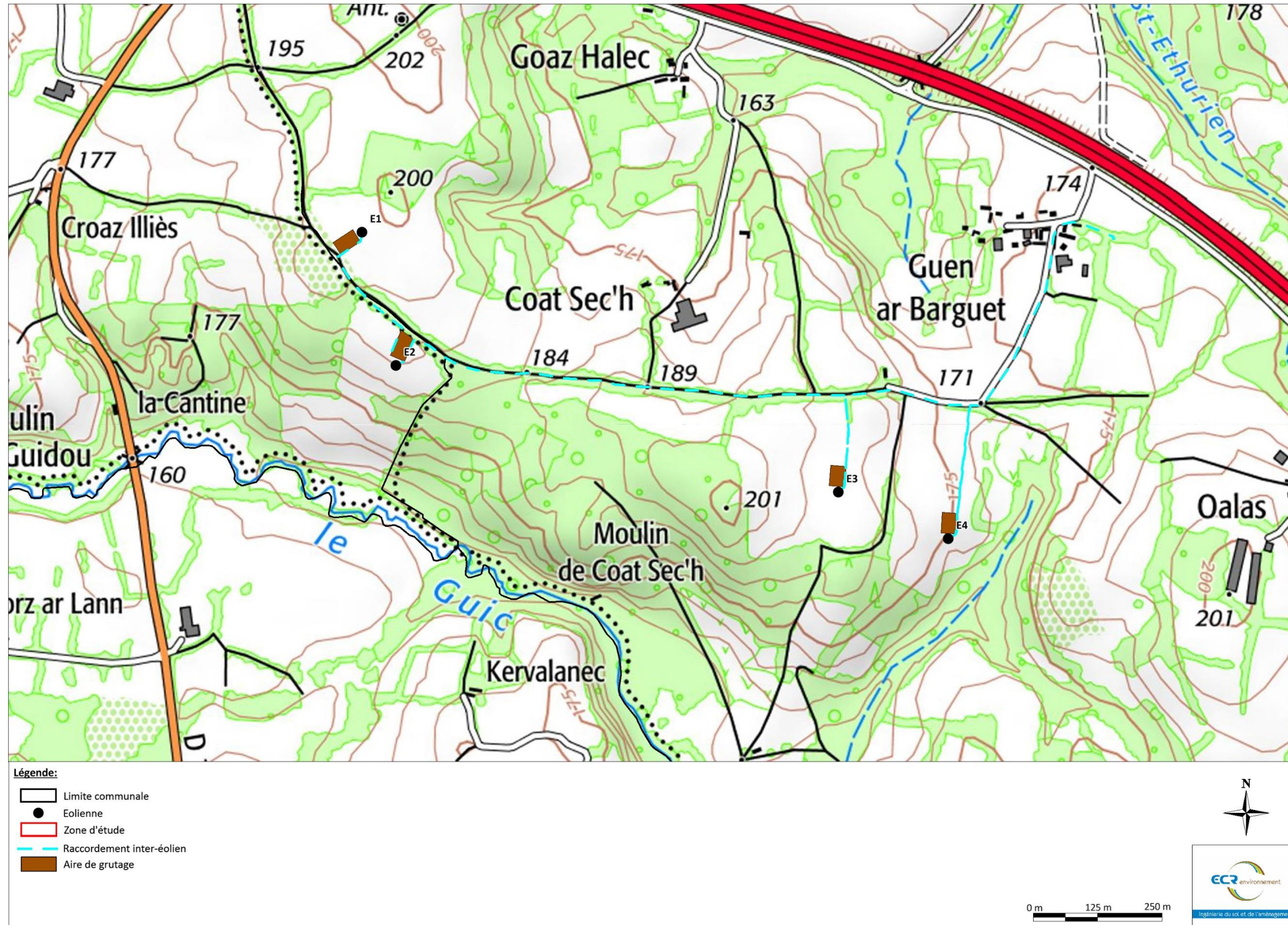


Figure 27 : Schéma du raccordement électrique interne



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

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

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

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

### 5.1. POTENTIEL DE DANGERS LIES AUX PRODUITS

L'activité de production d'électricité par les éoliennes ne consomme que les produits nécessaires au bon fonctionnement des machines (huiles et graisses). De même, cette activité ne génère pas de déchet, ni d'émission atmosphérique, ni d'effluent potentiellement dangereux pour l'environnement.

Les potentiels de danger sont caractérisés par le couple :

- quantité de produit,
- dangerosité du produit.

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

Les produits identifiés dans le cadre du parc de Beg Ar C'Hra sont utilisés pour le bon fonctionnement des éoliennes, leur maintenance et leur entretien :

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

Lieu de lubrification	Désignation	Lubrifiant	Quantité	Classe de matière dangereuse
Système de refroidissement /Génératrice, /Convertisseur	Varidos FSK 45	Liquide de refroidissement	env. 70 L	Xn
Roulements de la génératrice	Klüberplex BEM 41-132	Graisse	env. 9,4 kg	-

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

Nota : Graisse = lubrifiant solide ; huile = lubrifiant liquide.

**Tableau 13 : Liste des produits identifiés**

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

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



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

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

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

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

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

Les dangers liés au fonctionnement du parc éolien de Beg Ar C'Hra sont de cinq types :

- chute d'éléments de l'aérogénérateur (boulons, morceaux d'équipements, etc.),
- projection d'éléments (morceau de pale, brides de fixation, etc.),
- effondrement de tout ou partie de l'aérogénérateur,
- échauffement de pièces mécaniques,
- courts-circuits électriques (aérogénérateur ou poste de livraison).

Ces dangers potentiels sont recensés dans le tableau suivant :

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

**Tableau 14 : Dangers potentiels de l'installation**

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

### 5.3.1. Réduction des dangers liés aux produits

Comme précédemment indiqué, les produits présents dans une éolienne sont des lubrifiants. La quantité est estimée à environ 850 L par éolienne, et les lubrifiants doivent être contrôlés et partiellement renouvelés tous les 6 mois à 5 ans selon le type.

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

Les produits de nettoyage de type solvant, classés comme dangereux pour l'environnement peuvent quant à eux potentiellement faire l'objet de substitution. On rappelle cependant que ces produits ne sont utilisés que de manière ponctuelle et ne sont pas présents sur le site.

On note que la nacelle fait office de bac de récupération en cas de fuite au niveau de la couronne d'orientation. Le transformateur, présent dans le pied de l'éolienne ne nécessite pas de bac de récupération car un système sec est utilisé, il ne nécessite donc l'usage d'aucun lubrifiant.

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

### 5.3.2. Réduction des dangers liés aux installations

Le choix du site d'implantation a permis de réduire les dangers dus aux installations. Les axes de communication à forte fréquentation ne sont pas présents dans l'aire d'étude. Seuls sont recensés :

- Les chemins communaux et/ou d'exploitation.

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

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

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

En outre, les mesures générales de prévention limitant les risques d'accident sur le parc éolien de Beg Ar C'Hra sont les suivantes :

- NORDEX, fournisseur des éoliennes et assurant leur maintenance, dispose d'un système de management HSE respecté par tous ses salariés.

- Le respect des règles de conduite et la limitation de la vitesse de circulation des engins et véhicules seront imposés. Un plan de circulation sera établi pour l'accès depuis les routes les plus proches.
- Les interventions se font par du personnel possédant l'habilitation électrique et la législation du travail dans les installations en hauteur, après visite de conformité par un organisme de contrôle agréé. Les techniciens de NORDEX sont formés, entraînés et autorisés. Ils sont équipés de leurs EPI.
- Des procédures d'installation et de maintenance claires et détaillées seront disponibles pour chacun des équipements.
- Le design et l'assemblage des équipements respectent les normes en vigueur et normes constructeur.

### 5.3.3. Utilisation des meilleures techniques disponibles

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

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

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



## 6. ANALYSE DES RETOURS D'EXPERIENCE

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

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

L'analyse des retours d'expérience vise donc ici à faire émerger des typologies d'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 8 pour l'analyse détaillée des risques.

### 6.1. INVENTAIRE DES ACCIDENTS ET INCIDENTS EN FRANCE

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

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

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

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

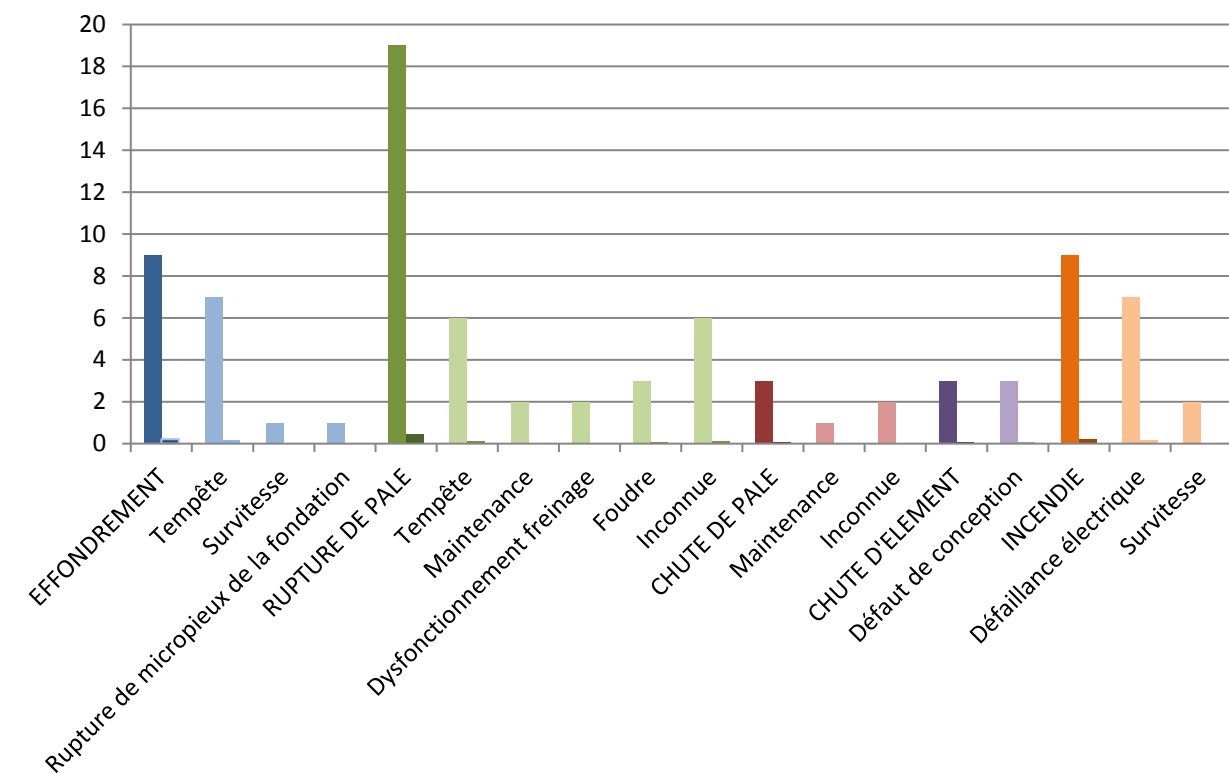
Une mise à jour du tableau a été réalisée (base de données ARIA). Ainsi, un total de 102 accidents a pu être recensé entre 2000 et février 2020.

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

Le graphique suivant, issu des recherches du groupe de travail du SER et du recensement des accidents depuis la base de données ARIA par ECR Environnement, montre la répartition des événements accidentels et de leurs causes premières sur

le parc d'aérogénérateur français entre 2000 et juillet 2016. Cette synthèse exclut les accidents du travail (maintenance, chantier de construction, etc.) et les événements qui n'ont pas conduits à des effets sur les zones autour des aérogénérateurs. L'identification des causes est nécessairement réductrice. Dans ce graphique sont présentés :

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



**Figure 28 : Répartition des événements accidentels et de leurs causes premières sur le parc d'aérogénérateurs français entre 2000 et 2016**

Par ordre d'importance, les accidents les plus recensés sont les ruptures de pale, les effondrements, les incendies, les chutes de pale et les chutes des autres éléments de l'éolienne. Les principales causes de ces accidents sont les tempêtes.

## 6.2. ENVIRONNEMENT DES ACCIDENTS ET INCIDENTS A L'INTERNATIONAL

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

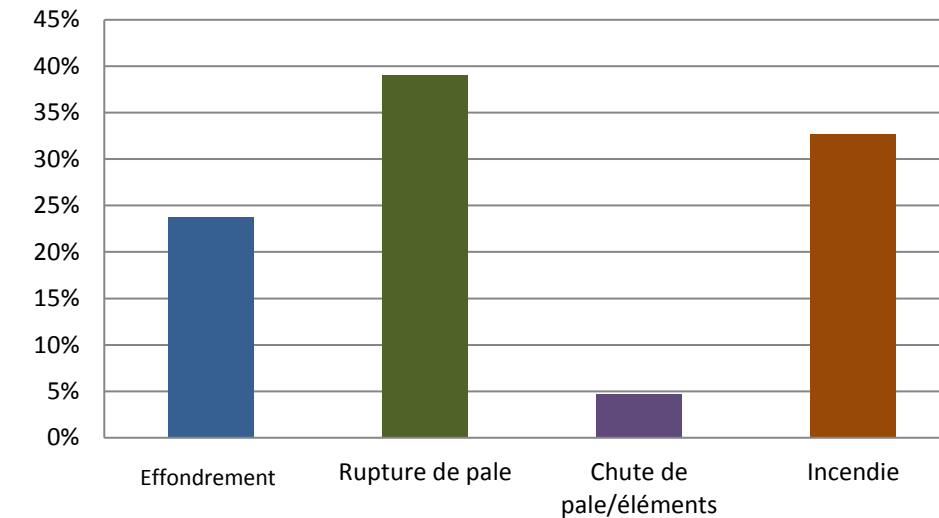
La synthèse ci-dessous provient de l'analyse par le groupe de travail du SER de la base de données réalisée par l'association Caithness Windfarms Information Forum (CWIF). Sur les 994 accidents décrits dans la base de données au moment de sa consultation par le groupe de travail précédemment mentionné,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

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

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

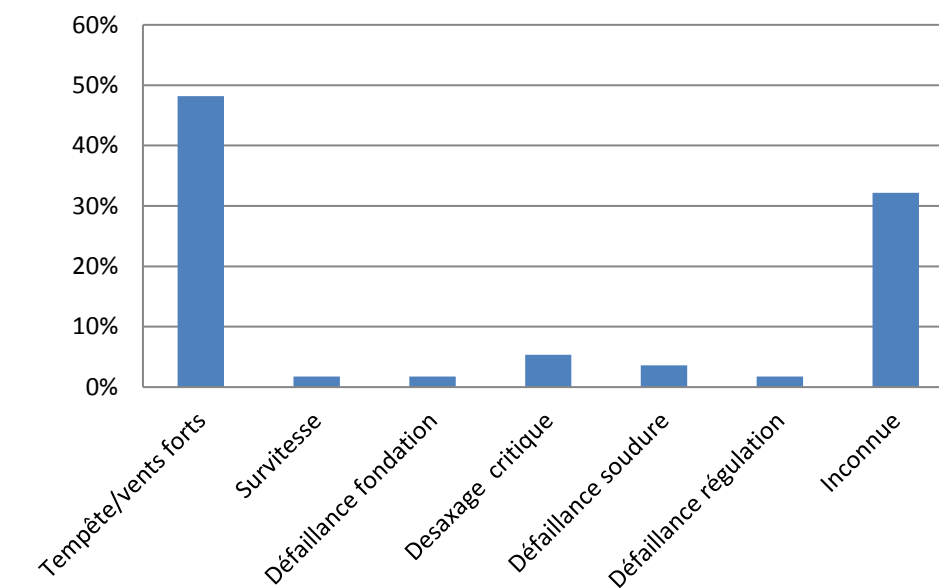
**Tableau 15 : Accidentologie à l'international**  
(Source : SER-FEE)

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



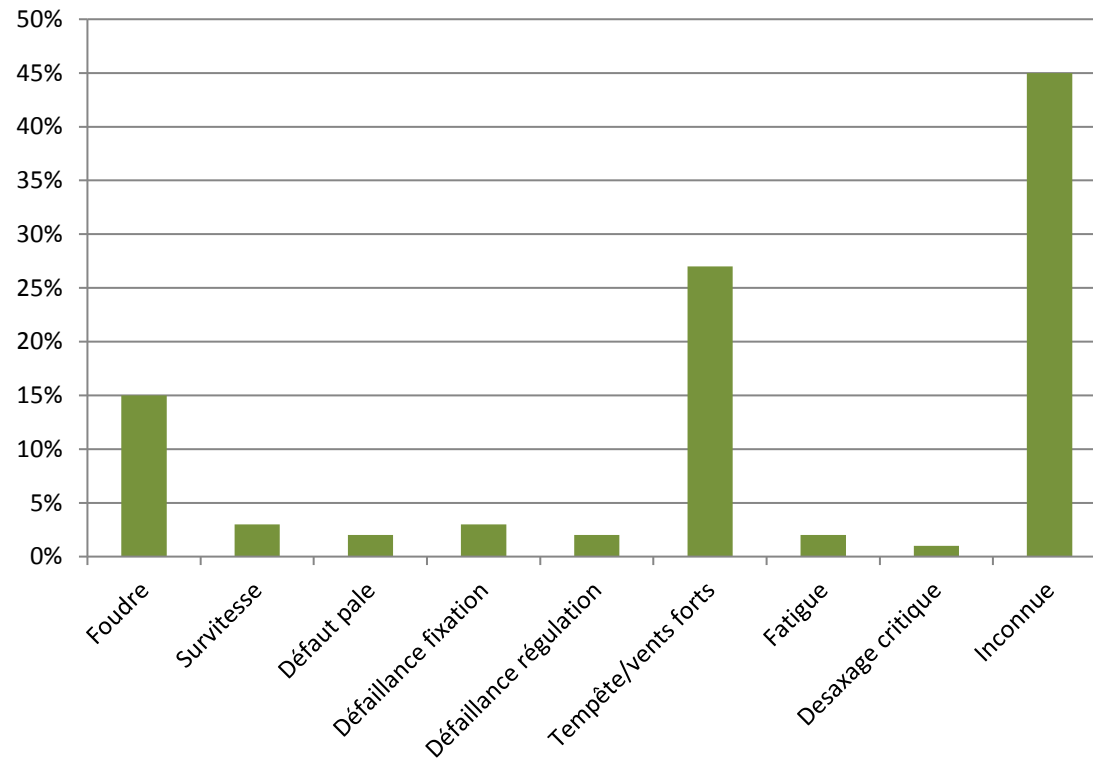
**Figure 29 : Répartition des événements accidentels dans le monde entre 2000 et 2011**

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

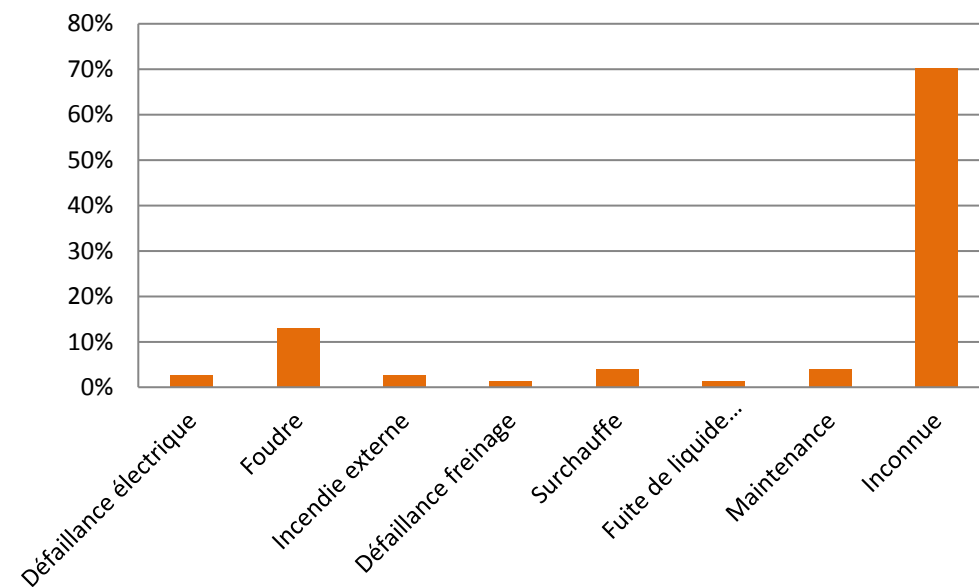


**Figure 30 : Répartition des causes premières d'effondrement**





**Figure 31 : Répartition des causes premières de ruptures de pale**



**Figure 32 : Répartition des causes premières d'incendies**

Tout comme pour le retour d'expérience français, ce retour d'expérience montre l'importance des causes « tempêtes et vents forts » dans les accidents. Il souligne également le rôle de la foudre dans les accidents.

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

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

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

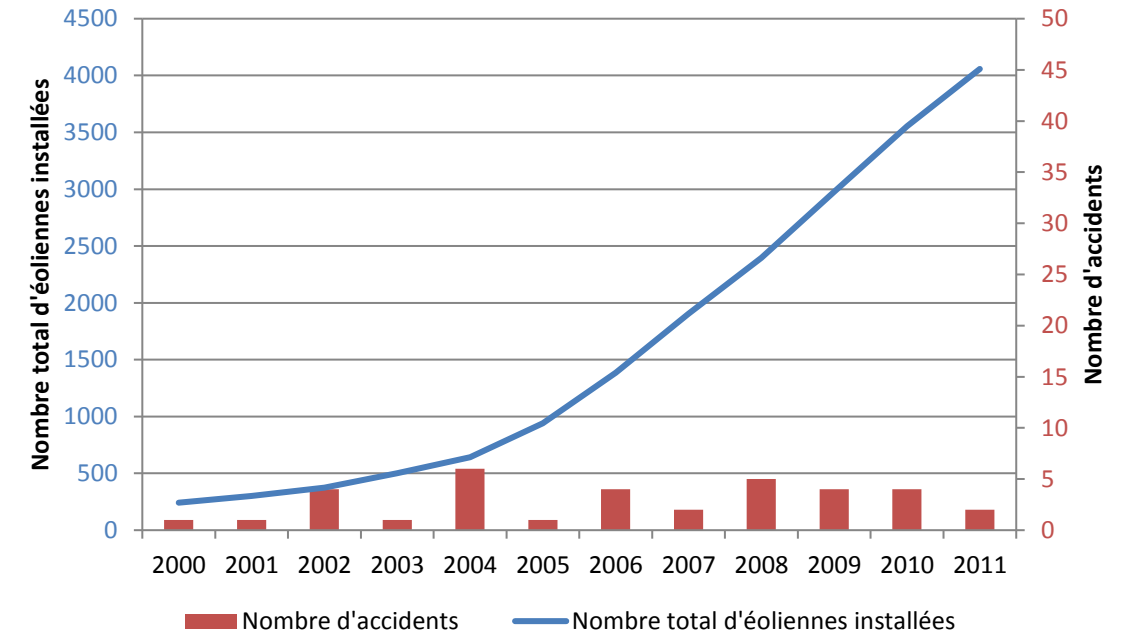
#### 6.4.1. Analyse de l'évolution des accidents en France

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

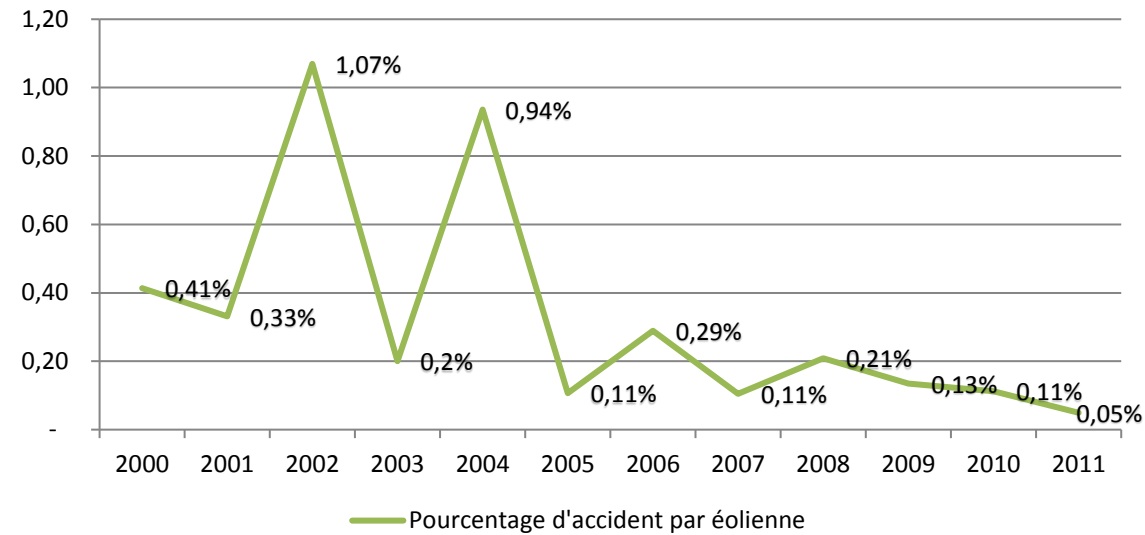
La figure ci-dessous montre cette évolution et il apparaît clairement que le nombre d'incidents n'augmente pas proportionnellement au nombre d'éoliennes installées.

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

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



**Figure 33 : Evolution du nombre d'accidents et de la taille du parc éolien en France**



**Figure 34 : Evolution du pourcentage d'accidents par éolienne**  
 (Source : SER-FEE et recherches pour l'accidentologie)

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

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

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

- effondrements,
- ruptures de pales,
- chutes de pales et d'éléments de l'éolienne,
- incendie.

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

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

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

- Les importantes incertitudes sur les causes et sur la séquence qui a mené à un accident : de nombreuses informations sont manquantes ou incertaines sur la séquence exacte des accidents ;

L'analyse du retour d'expérience permet ainsi de dégager de grandes tendances, mais comportent des incertitudes importantes.



## 7. ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES

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

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

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

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

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

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

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

- chute de météorites,
- séisme d'amplitude supérieure aux séismes maximums de référence éventuellement corrigés de facteurs tels que définis par la réglementation, applicables aux installations classées considérées,
- crues d'amplitude supérieure à la crue de référence, selon les règles en vigueur,
- événements climatiques d'intensité supérieure aux événements historiquement connus ou prévisibles pouvant affecter l'installation suivant les règles en vigueur,
- chute d'avion hors des zones de proximité d'aéroport ou aérodrome (rayon de 2 km des aéroports et aérodromes),
- rupture de barrage de classe A ou B au sens de l'article R.214-112 du Code de l'environnement ou d'une digue de classe A, B ou C au sens de l'article R. 214-113 du même code,
- actes de malveillance.

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

- inondations ;
- séismes d'amplitude suffisante pour avoir des conséquences notables sur les infrastructures ;
- incendies de cultures ou de forêts ;
- pertes de confinement de canalisations de transport de matières dangereuses ;
- explosions ou incendies générés par un accident sur une activité voisine de l'éolienne.

### 7.3. RECENSEMENT DES AGRESSIONS EXTERNES POTENTIELLES

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

Traditionnellement, deux types d'agressions externes sont identifiés :

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

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

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

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

Infrastructure	Fonction	Evénement redouté	Danger potentiel	Distance par rapport au mât des éoliennes (en m)					Commentaires
				Périmètre*	E1	E2	E3	E4	
<b>Autoroutes</b>	Transport	Accident entraînant la sortie de voie d'un ou plusieurs véhicules	Energie cinétique des véhicules et flux thermiques	200 m	>500	>500	>500	>500	Exclu car pas d'autoroute à proximité du site (voir § 3.1)
<b>Autres voies de circulation</b>	Transport	Accident entraînant la sortie de voie d'un ou plusieurs véhicules	Energie cinétique des véhicules et flux thermiques	200 m	>500	>500	>500	>500	Exclu, la départementale et la route nationale 12, les plus proches sont à plus de 200 m des éoliennes
<b>Aérodrome</b>	Transport aérien	Chute d'aéronef	Energie cinétique de l'aéronef, flux thermique	2000 m	>2000	>2000	>2000	>2000	Exclu pas d'aérodrome à proximité
<b>Canalisation de gaz</b>	Transport de Gaz	Rupture de canalisation	Surpression	200 m	>200	>200	>200	>200	Exclu, pas de canalisation
<b>Ligne THT</b>	Transport d'électricité	Rupture de câble	Arc électrique, surtensions	200 m	>200	>200	>200	>200	Exclu pas de câbles (voir §3.1)
<b>ICPE</b>	-	Effets Dominos	Atteinte de la structure	100 m	>100	>100	>100	>100	Exclu, pas d'ICPE à 100 m
<b>Autres aérogénérateurs</b>	Production d'électricité	Accident générant des projections d'éléments	Energie cinétique des éléments projetés	500 m	>500	>500	>500	>500	Pas de projet à moins de 500 m

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

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



### 7.3.2. Agressions externes liées aux phénomènes naturels

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

#### a. Dangers liés aux vents forts

Les dangers liés aux vents forts sont les suivants :

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

Tableau 17 : Dangers liés aux vents

#### b. Dangers liés à la foudre

Les dangers liés à la foudre sont les suivants :

Installation	Fonction	Phénomène redouté	Danger potentiel	Commentaires
Rotor	Production électrique	Court-circuit interne	Echauffement des pièces mécaniques, incendie	Retenus pour l'APR du fait de l'accidentologie, bien que le risque d'orage soit considéré comme peu élevé sur les communes du projet, et que les installations respectent la norme IEC 61 400-24 (Juin 2010) ou EN 62 305-3 (Décembre 2006)
Mât	Soutien du rotor	Effondrement	Incendie, énergie cinétique de l'ensemble	
Pale	Transformation de l'énergie éolienne en énergie mécanique	Chute de pale	Energie cinétique de la pale	
Nacelle	Support rotor	Chute de la nacelle	Energie cinétique de la nacelle, incendie, pollution	

Tableau 18 : Dangers liés à la foudre

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

<sup>3</sup> Événement conventionnellement défini, dans le cadre d'une analyse de risque, au centre de l'enchaînement accidentel. Généralement, il s'agit d'une perte de confinement pour les fluides et d'une perte d'intégrité physique pour les solides. Les événements situés en amont sont conventionnellement appelés « phase pré-accidentelle » et les événements situés en aval « phase post-accidentelle ».

#### c. Dangers liés aux affaissements miniers

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

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

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

- une description des causes et de leur séquençage (événements initiateurs et événements intermédiaires) ;
- une description des événements redoutés centraux<sup>3</sup> qui marquent la partie incontrôlée de la séquence d'accident ;
- une description des fonctions de sécurité permettant de prévenir l'événement redouté central ou de limiter les effets du phénomène dangereux ;
- une description des phénomènes dangereux dont les effets sur les personnes sont à l'origine d'un accident ;
- une évaluation préliminaire de la zone d'effets attendue de ces événements.

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

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

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

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

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

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

7.4.1. Tableau d'Analyse Préliminaire des Risques

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

N°	Evènement initiateur	Evènement intermédiaire	Evènement redouté central	Fonction de sécurité (intitulé générique)	Phénomène dangereux	Qualification de la zone d'effet
G01	Conditions Climatiques favorables à la formation de glace	Dépôt de glace sur les pales, le mât et la nacelle	Chute de glace lorsque les éoliennes sont arrêtées	Prévenir l'atteinte des personnes par la chute de glace (N°2)	Impact de glace sur les enjeux	1
G02	Conditions climatiques favorables à la formation de glace	Dépôt de glace sur les pales	Projection de glace lorsque les éoliennes sont en mouvement	Prévenir la mise en mouvement de l'éolienne lors de la formation de la glace (N°1)	Impact de glace sur les enjeux	2
I01	Humidité, gel	Court-circuit	Incendie de tout ou partie de l'éolienne	Prévenir les courts-circuits (N°5)	Chute/projection d'éléments enflammés Propagation de l'incendie	2
I02	Dysfonctionnement électrique	Court-circuit	Incendie de tout ou partie de l'éolienne	Prévenir les courts-circuits (N°5)	Chute/projection d'éléments enflammés Propagation de l'incendie	2
I03	Survitesse	Echauffement des parties mécaniques et inflammation	Incendie de tout ou partie de l'éolienne	Prévenir l'échauffement significatif des pièces mécaniques (N°3) Prévenir la survitesse (N°4)	Chute/projection d'éléments enflammés Propagation de l'incendie	2
I04	Désaxage de la génératrice / Pièce défectueuse / Défaut de lubrification	Echauffement des parties mécaniques et inflammation	Incendie de tout ou partie de l'éolienne	Prévenir l'échauffement significatif des pièces mécaniques (N°3)	Chute/projection d'éléments enflammés Propagation de l'incendie	2
I05	Conditions climatiques humides	Surtension	Court-circuit	Prévenir les courts-circuits (N°5) Protection et intervention incendie (N°7)	Incendie poste de livraison (flux thermiques + fumées toxiques SF6) Propagation de l'incendie	2
I06	Rongeurs	Surtension	Court-circuit	Prévenir les courts-circuits (N°5) Protection et intervention incendie (N°7)	Incendie poste de livraison (flux thermiques + fumées toxiques SF6) Propagation de l'incendie	2
I07	Défaut d'étanchéité	Perte de confinement	Fuites d'huile isolante	Prévention et rétention des fuites (N°8)	Incendie au poste de transformation Propagation de l'incendie	2



N°	Evènement initiateur	Evènement intermédiaire	Evènement redouté central	Fonction de sécurité (intitulé générique)	Phénomène dangereux	Qualification de la zone d'effet
F01	Fuite du système de lubrification Fuite convertisseur Fuite transformateur	Ecoulement hors de la nacelle et le long du mât, puis sur le sol avec infiltration	Infiltration d'huile dans le sol	Prévention et rétention des fuites (N°8)	Pollution de l'environnement	1
F02	Renversement de fluides lors des opérations de maintenance	Ecoulement	Infiltration d'huile dans le sol	Prévention et rétention des fuites (N°8)	Pollution de l'environnement	1
C01	Défaut de fixation	Chute de trappe	Chute d'élément de l'éolienne	Prévenir les erreurs de maintenance (N°10)	Impact sur cible	1
C02	Défaillance fixation anémomètre	Chute anémomètre	Chute d'élément de l'éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9)	Impact sur cible	1
C03	Défaut fixation nacelle – pivot central – mât	Chute nacelle	Chute nacelle	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9)	Impact sur cible	1
P01	Survitesse	Contraintes trop importantes sur les pales	Projection de tout ou partie des pales	Prévenir la survitesse (N°4)	Impact sur cible	2
P02	Fatigue Corrosion	Chute de fragment de pale	Projection de tout ou partie des pales	Prévenir la dégradation de l'état des équipements (N°11)	Impact sur cible	2
P03	Serrage inapproprié Erreur maintenance – desserrage	Chute de fragment de pale	Projection de tout ou partie des pales	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9)	Impact sur cible	2
E01	Effets dominos autres installations	Agression externe et fragilisation structure	Effondrement éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9)	Projection/chute fragments et chute mât	2
E02	Glissement de sol	Agression externe et fragilisation structure	Effondrement éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9)	Projection/chute fragments et chute mât	2
E05	Crash d'aéronef	Agression externe et fragilisation structure	Effondrement éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9)	Projection/chute fragments et chute mât	2

N°	Evènement initiateur	Evènement intermédiaire	Evènement redouté central	Fonction de sécurité (intitulé générique)	Phénomène dangereux	Qualification de la zone d'effet
E07	Effondrement engin de levage travaux	Agression externe et fragilisation structure	Effondrement éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9)	Chute fragments et chute mât	2
E08	Vents forts	Défaillance fondation	Effondrement éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9) Prévenir les risques de dégradation de l'éolienne en cas de vent fort (N°12) Dans les zones cycloniques, mettre en place un système de prévision cyclonique et équiper les éoliennes d'un dispositif d'abattage et d'arrimage au sol (N°13)	Projection/chute fragments et chute mât	2
E09	Fatigue	Défaillance mât	Effondrement éolienne	Prévenir la dégradation de l'état des équipements (N°11)	Projection/chute fragments et chute mât	2
E10	Désaxage critique du rotor	Impact pale – mât	Effondrement éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N°9) Prévenir les erreurs de maintenance (N°10)	Projection/chute fragments et chute mât	2

**Tableau 19 : Tableau d'APR**

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



#### 7.4.2. Précisions concernant les scénarios identifiés

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

###### Scénario G01

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

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

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

###### Scénario G02

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

###### Scénario F01

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

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

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

Deux événements peuvent être aggravants :

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

### **Scénario F02**

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

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

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

Ce scénario est à adapter en fonction des produits utilisés.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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



#### 7.4.4. Fonctions de sécurité des éoliennes

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

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

- transmettre l'alerte aux services d'urgence compétents dans un délai de 15 minutes,
- si applicable, une mesure de maîtrise des risques remplissant la fonction de sécurité « prévenir les projections de glace » doit permettre de détecter la formation importante de glace sur les pales et de mettre en œuvre une procédure d'arrêt d'urgence dans un délai de 60 minutes.
- **Efficacité** (100% ou 0%) : l'efficacité mesure la capacité d'une mesure de maîtrise des risques à remplir la fonction de sécurité qui lui est confiée pendant une durée donnée et dans son contexte d'utilisation. Il s'agit de vérifier qu'une mesure de sécurité est bien dimensionnée pour remplir la fonction qui lui a été assignée. En cas de doute sur une mesure de maîtrise des risques, une note de calcul de dimensionnement peut être produite.
- **Test (fréquence)** : Il s'agit ici de reporter les tests/essais qui seront réalisés sur les mesures de maîtrise des risques. Pour rappel, la réglementation demande qu'à minima un essai d'arrêt, d'arrêt d'urgence et d'arrêt à partir d'une situation de survitesse soient réalisés avant la mise en service de l'aérogénérateur. Cette information, si elle est connue au moment de la réalisation de l'étude de dangers, pourra être indiquée pour chacune des fonctions de sécurité. Dans tous les cas, les tests effectués sur les mesures de maîtrise des risques seront tenus à la disposition de l'inspection des installations classées pendant l'exploitation de l'installation.
- **Maintenance (fréquence)** : Il s'agit ici de fournir la périodicité des contrôles qui permettront de vérifier la performance de la mesure de maîtrise des risques dans le temps. Pour rappel, la réglementation demande qu'à minima : un contrôle tous les ans soit réalisé sur la performance des mesures de sécurité permettant de mettre à l'arrêt, à l'arrêt d'urgence et à l'arrêt à partir d'une situation de survitesse, ce et sur tous les systèmes instrumentés de sécurité.

Le tableau suivant présente les fonctions de sécurités des éoliennes prévues sur le site correspondant à l'éolienne NORDEX.

### Eolienne N117 NORDEX

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

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

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

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



<b>Fonction de sécurité</b>	Prévenir 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 à 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.		

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

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

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

Fonction de sécurité	Prévention et rétention des fuites	N° de la fonction de sécurité	8
<b>Description</b>	<p>Nombreux détecteurs de niveau d'huile permettant de détecter les éventuelles fuites d'huile et d'arrêter l'éolienne en cas d'urgence.</p> <p>Présence de plusieurs bacs collecteurs au niveau des principaux composants.</p> <p>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.</p> <p>Des kits de dépollution d'urgence composés de grandes feuilles de textile absorbant pourront être utilisés afin :</p> <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> <p>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.</p>		
<b>Indépendance</b>	Oui		
<b>Temps de réponse</b>	Dépendant du débit de fuite		
<b>Efficacité</b>	100 %		
<b>Tests</b>	/		
<b>Maintenance</b>	Inspection des niveaux d'huile plusieurs fois par an		

Fonction de sécurité	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation)	N° de la fonction de sécurité	9
<b>Mesures de sécurité</b>	<p>Surveillance des vibrations</p> <p>Contrôles réguliers des fondations et des différentes pièces d'assemblages (ex : brides ; joints, etc.)</p> <p>Procédures qualités</p> <p>Attestation du contrôle technique (procédure permis de construire)</p>		
<b>Description</b>	<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> <p>Ainsi la nacelle, le nez, les fondations et la tour répondent au standard IEC 61 400-1. Les pales respectent le standard IEC 61 400-1 ; 12 ; 23.</p> <p>Les éoliennes sont équipées de capteurs de vibration, qui entraînent l'arrêt en cas de dépassement des seuils définis.</p> <p>Les éoliennes sont protégées contre la corrosion due à l'humidité de l'air, selon la norme ISO 9223 (peinture et revêtement anti-corrosion).</p>		
<b>Indépendance</b>	Oui		
<b>Temps de réponse</b>	15 à 60s (arrêt de l'éolienne selon le programme de freinage adapté)		
<b>Efficacité</b>	100 %		

Fonction de sécurité	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation)	N° de la fonction de sécurité	9
<b>Tests</b>	Déclenchement manuel des capteurs de vibration et vérification de la réponse du système		
<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 3 mois de fonctionnement puis tous les 3 ans, conformément à l'article 18 de l'arrêté du 26 août 2011.</p> <p>Inspection visuelle du mât et, si besoin, nettoyage lors des maintenances préventives annuelles.</p>		

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

Fonction de sécurité	Prévenir les risques de dégradation de l'éolienne en cas de vent fort	N° de la fonction de sécurité	11
<b>Mesures de sécurité</b>	<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 pales) par le système de conduite</p>		
<b>Description</b>	L'éolienne est mise à l'arrêt si la vitesse de vent mesurée dépasse la vitesse maximale pour laquelle elle a été conçue.		
<b>Indépendance</b>	Oui		
<b>Temps de réponse</b>	15 à 60 s suivant le programme de freinage		
<b>Efficacité</b>	<p>100 %.</p> <p>NB : En fonction de l'intensité attendue des vents, d'autres dispositifs de diminution de la prise au vent de l'éolienne peuvent être envisagés.</p>		
<b>Tests</b>	<p>Test des programmes de freinage lors de la mise en service de l'éolienne.</p> <p>Test automatique du système de freinage mécanique et du fonctionnement de chaque système pitch (freinage aérodynamique) lors de la séquence de démarrage de l'éolienne.</p>		



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

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

Fonction de sécurité	Prévenir les risques de dégradation de l'éolienne en cas de cyclones dans les zones cycloniques	N° de la fonction de sécurité	13
Mesures de sécurité	Mise en place d'une procédure de veille cyclonique et d'intervention + mise en œuvre d'éoliennes équipées de dispositifs anticycloniques permettant abattage et arrimage au sol des éléments les plus sensibles, en particulier les pales		
Description	L'ensemble de la structure [mât et/ou nacelle + hélice] peut être rabattu et arrimé au sol Détection des cyclones Formation des opérateurs Mise en place d'une procédure d'intervention suivant les niveaux d'alerte		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	A préciser si possible		
Efficacité	100 %		
Tests	A préciser si possible		
Maintenance	Contrôle et entretien des équipements de repli cyclonique		

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

**7.4.5. Synthèse du tableau d'APR**

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

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

**Tableau 21 : Scénarios de l'analyse préliminaire des risques non retenus**

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

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

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



## 8. ETUDE DETAILLEE DES RISQUES

### 8.1. RAPPEL DES DEFINITIONS

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

- cinétique
- intensité
- gravité
- probabilité

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

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

#### 8.1.1. Cinétique

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

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

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

#### 8.1.2. Intensité

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

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

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

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

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

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

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

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

**Tableau 22: Intensité et degré d'exposition**  
(Source : guide INERIS)

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

#### 8.1.3. Gravité

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

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

**Tableau 23 : Classe de gravité selon l'intensité du phénomène**  
(Source : guide INERIS)

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

#### 8.1.4. Probabilité

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

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

**Tableau 24 : Classe de probabilité**  
(Source : guide INERIS)



## 8.2. CARACTERISATION DES SCENARIOS RETENUS

### 8.2.1. Effondrement de l'éolienne

#### ◆ Zone d'effet

La zone d'effet de l'effondrement d'une éolienne correspond à une surface circulaire de rayon égal à la hauteur totale de l'éolienne en bout de pale, soit 149,6 m.

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

#### ◆ Intensité

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

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

Les paramètres de calcul sont les suivants :

- R est la longueur de pale : R = 58,4 m,
- H est la hauteur du mât au sens ICPE (avec la nacelle) : H = 93 m,
- L est la largeur du mât : L = 4,3 m,
- LB est la largeur de la base de la pale : LB = 2, 4 m.

Effondrement de l'éolienne (dans un rayon inférieur ou égal à la hauteur totale de l'éolienne en bout de pale)			
Zone d'impact ( $ZI = H \times L + 3 \times R \times LB/2$ )	Zone d'effet du phénomène étudié ( $ZE = \pi \times (H+R)^2$ )	Degré d'exposition du phénomène étudié ( $d = ZI/ZE$ )	Intensité
610 m <sup>2</sup>	72 011 m <sup>2</sup>	0,72 %	Exposition modérée

**Tableau 25 : Intensité du phénomène d'effondrement d'éolienne**  
(Source : guide INERIS)

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

#### ◆ Gravité

Le tableau suivant indique, pour chaque aérogénérateur, le nombre de personnes exposées dans la zone d'effet du phénomène d'effondrement et la gravité (voir Tableau 23 page 64) associée :

Effondrement de l'éolienne (dans un rayon inférieur ou égal à la hauteur totale de l'éolienne en bout de pale)		
Eolienne	Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)	Gravité
E1	Surface de terrains non aménagés et très peu fréquentés (champs) : 6,87 ha soit <b>0,0687 personne</b> Surface de terrains aménagés mais peu fréquentés (chemin agricole) : 0,188 ha soit <b>0,0188 personne</b> <b>Soit un total de 0,0875 personne</b>	Modérée
E2	Surface de terrains non aménagés et très peu fréquentés (champs) : 6,919 ha soit <b>0,06919 personne</b> Surface de terrains aménagés mais peu fréquentés (chemin agricole) : 0,139 ha soit <b>0,0139 personne</b> <b>Soit un total de 0,08309 personne</b>	Modérée
E3	Surface de terrains non aménagés et très peu fréquentés (champs) : 6,86 ha soit <b>0,0686 personne</b> Surface de terrains aménagés mais peu fréquentés (chemin agricole) : 0,198 ha soit <b>0,0198 personne</b> <b>Soit un total de 0,0884 personne</b>	Modérée
E4	Surface de terrains non aménagés et très peu fréquentés (champs) : 6,991 ha soit <b>0,06991 personne</b> Surface de terrains aménagés mais peu fréquentés (chemin agricole) : 0,067 ha soit <b>0,0067 personne</b> <b>Soit un total de 0,07661 personne</b>	Modérée

**Tableau 26 : Gravité du phénomène d'effondrement d'éolienne**  
(Source : guide INERIS)

#### ◆ Probabilité

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

Source	Fréquence	Justification
"Guide for risk based zoning of wind turbines" [5]	4,5 x 10 <sup>-4</sup>	Retour d'expérience
« Specification of minimum distances » [6]	1,8 x 10 <sup>-4</sup> (effondrement de la nacelle et de la tour)	Retour d'expérience

**Tableau 27 : Probabilité du phénomène d'effondrement d'éolienne**  
(Source : guide INERIS)

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

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

Ces événements correspondent également à la définition qualitative de l'arrêté du 29 septembre 2005 d'une probabilité « C », à savoir : « *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* ».

<sup>4</sup> Une année d'expérience correspond à une éolienne observée pendant une année. Ainsi, si on a observé une éolienne pendant 5 ans et une autre pendant 7 ans, on aura un total de 12 années d'expérience.

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

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

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

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

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

◆ **Acceptabilité**

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

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

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

**Tableau 28 : Acceptabilité du risque dû au phénomène d'effondrement d'éolienne**  
(Source : guide INERIS)

Ainsi, pour le parc éolien Beg Ar C'Hra, le phénomène d'effondrement des éoliennes constitue un risque acceptable pour les personnes.

8.2.2. Chute de glace

◆ **Considérations générales**

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

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

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

◆ **Zone d'effet**

Le risque de chute de glace est cantonné à la zone de survol des pales, soit un disque de rayon égal à un demi-diamètre de rotor autour du mât de l'éolienne. Pour le parc éolien de Beg Ar C'Hra, la zone d'effet à donc un rayon de 58,4 mètres. Cependant, il convient de noter que, lorsque l'éolienne est à l'arrêt, les pales n'occupent qu'une faible partie de cette zone. Il est donc pris en compte un risque plus important que nécessaire.

◆ **Intensité**

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

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

- R est la longueur de pale : R = 58,4 m,
- SG est la surface du morceau de glace majorant : SG= 1 m<sup>2</sup>.

Chute de glace (dans un rayon inférieur ou égal à D/2 = zone de survol)			
Zone d'impact (ZI = SG)	Zone d'effet du phénomène étudié (ZE = π x R <sup>2</sup> )	Degré d'exposition du phénomène étudié (d = ZI/ZE)	Intensité
1 m <sup>2</sup>	10 715 m <sup>2</sup>	0,01%	Exposition modérée

**Tableau 29 : Intensité du phénomène de chute de glace**  
(Source : guide INERIS)

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

◆ **Gravité**

Le tableau suivant indique, pour chaque aérogénérateur, le nombre de personnes exposées dans la zone d'effet du phénomène de chute de glace et la gravité (voir Tableau 23, page 64) associée :

Chute de glace (dans un rayon inférieur ou égal à D/2 = zone de survol)		
Eolienne	Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)	Gravité
E1	Surface de terrains non aménagés et très peu fréquentés (champs) : 1,071 ha soit <b>0,01071 personne</b>	Modérée
E2	Surface de terrains non aménagés et très peu fréquentés (champs) : 1,071 ha soit <b>0,01071 personne</b>	Modérée
E3	Surface de terrains non aménagés et très peu fréquentés (champs) : 1,071 ha soit <b>0,01071 personne</b>	Modérée



Chute de glace (dans un rayon inférieur ou égal à D/2 = zone de survol)		
Eolienne	Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)	Gravité
E4	Surface de terrains non aménagés et très peu fréquentés (champs) : 1,071 ha soit <b>0,01071 personne</b>	Modérée

**Tableau 30 : Gravité du phénomène de chute de glace**  
(Source : guide INERIS)

◆ **Probabilité**

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

◆ **Acceptabilité**

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

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

Chute de glace (dans un rayon inférieur ou égal à D/2 = zone de survol)		
Eolienne	Gravité	Niveau de risque
E1	Modérée	Acceptable
E2	Modérée	Acceptable
E3	Modérée	Acceptable
E4	Modérée	Acceptable

**Tableau 31 : Acceptabilité du risque dû au phénomène de chute de glace**  
(Source : guide INERIS)

Ainsi, pour le parc éolien de Beg Ar C'Hra, le phénomène de chute de glace des éoliennes constitue un risque acceptable pour les personnes.

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

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

◆ **Zone d'effet**

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

Le risque de chute d'élément est cantonné à la zone de survol des pales, c'est-à-dire une zone d'effet correspondant à un disque de rayon égal à un demi-diamètre de rotor (soit 58,4 m).

◆ **Intensité**

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

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

- R est la longueur de pale : R = 58,4 m,
- LB est la largeur de la base de la pale : LB = 2,4 m.

Chute d'éléments de l'éolienne (dans un rayon inférieur ou égal à D/2 = zone de survol)			
Zone d'impact (ZI = R x LB/2)	Zone d'effet du phénomène étudié (ZE = π x R <sup>2</sup> )	Degré d'exposition du phénomène étudié (d = ZI/ZE)	Intensité
70 m <sup>2</sup>	10 715 m <sup>2</sup>	0,65 %	Exposition modérée

**Tableau 32 : Intensité du phénomène de chute d'éléments de l'éolienne**  
(Source : guide INERIS)

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

◆ **Gravité**

Le tableau suivant indique, pour chaque aérogénérateur, le nombre de personnes exposées dans la zone d'effet du phénomène de chute de glace et la gravité (voir Tableau 23, page 64) associée :

Chute d'éléments de l'éolienne (dans un rayon inférieur ou égal à D/2 = zone de survol)		
Eolienne	Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)	Gravité
E1	Surface de terrains non aménagés et très peu fréquentés (champs) : 1,071 ha soit <b>0,01071 personne</b>	Modérée
E2	Surface de terrains non aménagés et très peu fréquentés (champs) : 1,071 ha soit <b>0,01071 personne</b>	Modérée
E3	Surface de terrains non aménagés et très peu fréquentés (champs) : 1,071 ha soit <b>0,01071 personne</b>	Modérée
E4	Surface de terrains non aménagés et très peu fréquentés (champs) : 1,071 ha soit <b>0,01071 personne</b>	Modérée

**Tableau 33 : Gravité du phénomène de chute d'éléments de l'éolienne**  
(Source : guide INERIS)

◆ **Probabilité**

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

Le retour d'expérience connu en France montre que ces événements ont une classe de probabilité « C » (2 chutes et 5 incendies pour 15 667 années d'expérience, soit 4.47 x 10<sup>-4</sup> événement par éolienne et par an).

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

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

◆ **Acceptabilité**

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

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

Chute d'éléments de l'éolienne (dans un rayon inférieur ou égal à D/2 = zone de survol)		
Eolienne	Gravité	Niveau de risque
E1	Modérée	Acceptable
E2	Modérée	Acceptable
E3	Modérée	Acceptable
E4	Modérée	Acceptable

**Tableau 34 : Acceptabilité du risque dû au phénomène de chute d'éléments de l'éolienne**  
(Source : guide INERIS)

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

8.2.4. Projections de pales ou de fragments de pales

◆ **Zone d'effet**

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

L'accidentologie éolienne mondiale manque de fiabilité car la source la plus importante (en termes statistiques) est une base de données tenue par une association écossaise majoritairement opposée à l'énergie éolienne [3].

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

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

◆ **Intensité**

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

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

- R est la longueur de pale : R = 58,4 m,
- LB est la largeur de la base de la pale : LB = 2,4 m,

- RE est la zone de 500 m autour d'une éolienne : RE = 500 m.

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

**Tableau 35 : Intensité du phénomène de projection de pale ou de fragment de pale**  
(Source : guide INERIS)

◆ **Gravité**

Le tableau suivant indique, pour chaque aérogénérateur, le nombre de personnes exposées dans la zone d'effet du phénomène de projection et la gravité (voir Tableau 23, page 64) associée :

On notera que le bâtiment agricole présent dans la zone de 500 m autour de E3 a été comptabilisé au sein des secteurs aménagés peu fréquentés.

Projection de pale ou de fragment de pale (zone de 500 m autour de chaque éolienne)		
Eolienne	Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)	Gravité
E1	Surface de terrains non aménagés et très peu fréquentés (champs) : 77,016 ha soit <b>0,77016 personne</b> Surface de terrains aménagés mais peu fréquentés (chemin agricole) : 1,514 ha soit <b>0,1514 personne</b> <b>Soit un total de 0,92156 personnes</b>	Modérée
E2	Surface de terrains non aménagés et très peu fréquentés (champs) : 77,492 ha soit <b>0,77492 personne</b> Surface de terrains aménagés mais peu fréquentés (chemin agricole) : 1,038 ha soit <b>0,1038 personne</b> <b>Soit un total de 0,87872 personnes</b>	Modérée
E3	Surface de terrains non aménagés et très peu fréquentés (champs) : 76,07 ha soit <b>0,7607 personne</b> Surface de terrains aménagés mais peu fréquentés (chemin agricole) : 2,46 ha soit <b>0,246 personne</b> <b>Soit un total de 1,0067 personne</b>	Sérieuse
E4	Surface de terrains non aménagés et très peu fréquentés (champs) : 76,798 ha soit <b>0,76798 personne</b> Surface de terrains aménagés mais peu fréquentés (chemin agricole) : 1,732 ha soit <b>0,1732 personne</b> <b>Soit un total de 0,94118 personne</b>	Modérée

**Tableau 36 : Gravité du phénomène de projection de pale ou de fragment de pale**  
(Source : guide INERIS)



◆ **Probabilité**

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

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

**Tableau 37 : Probabilité du phénomène de projection de pale ou de fragment de pale**  
(Source : guide INERIS)

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

Le retour d'expérience français montre également une classe de probabilité « C » (12 événements pour 15 667 années d'expérience, soit 7,66 x 10<sup>-4</sup> événement par éolienne et par an).

Ces événements correspondent également à la définition qualitative de l'arrêté du 29 Septembre 2005 d'une probabilité « C » : « *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 notamment :

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

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

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

◆ **Acceptabilité**

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

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

Projection de pale ou de fragment de pale (zone de 500 m autour de chaque éolienne)		
Eolienne	Gravité	Niveau de risque
E1	Modérée	Acceptable
E2	Modérée	Acceptable
E3	Sérieuse	Acceptable
E4	Modérée	Acceptable

**Tableau 38 : Acceptabilité du risque dû au phénomène de projection de pale ou de fragment de pale**  
(Source : guide INERIS)

Ainsi, pour le parc éolien de Beg Ar C'Hra, le phénomène de projection de tout ou partie de pale des éoliennes constitue un risque acceptable pour les personnes.

**8.2.5. Projections de glace**

◆ **Zone d'effet**

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

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

**Distance d'effet = 1,5 x (hauteur de moyeu + diamètre de rotor) soit 311,7 m**

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

◆ **Intensité**

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

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

- SG est la surface du morceau de glace majorant : SG= 1 m<sup>2</sup>,
- H est la hauteur du mât moyeu : H = 91 m,
- R est le rayon du rotor : R = 58,4 m.

Projection de morceaux de glace (dans un rayon de R <sub>PG</sub> = 1,5 x (H+2xR) autour de l'éolienne)			
Zone d'impact (ZI = SG)	Zone d'effet du phénomène étudié (ZE = π x R <sub>PG</sub> <sup>2</sup> )	Degré d'exposition du phénomène étudié (d = ZI/ZE)	Intensité
1 m <sup>2</sup>	305 227 m <sup>2</sup>	0,00025 %	Exposition modérée

**Tableau 39 : Intensité du phénomène de projection de glace**  
(Source : guide INERIS)

◆ **Gravité**

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

Le tableau suivant indique, pour chaque aérogénérateur, le nombre de personnes exposées dans la zone d'effet du phénomène de projection de glace et la gravité (voir Tableau 23, page 64) associée :

Projection de morceaux de glace (dans un rayon de RPG = 1,5 x (H+2xR) autour de l'éolienne)		
Eolienne	Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)	Gravité
E1	Surface de terrains non aménagés et très peu fréquentés (champs) : 30,0634 ha soit <b>0,300634 personne</b> Surface de terrains aménagés mais peu fréquentés (chemin agricole) : 0,4566 ha soit <b>0,04566 personne</b> <b>Soit un total de 0,3463 personnes</b>	Modérée
E2	Surface de terrains non aménagés et très peu fréquentés (champs) : 30,1861 ha soit <b>0,301861 personne</b> Surface de terrains aménagés mais peu fréquentés (chemin agricole) : 0,3339 ha soit <b>0,03339 personne</b> <b>Soit un total de 0,33525 personnes</b>	Modérée
E3	Surface de terrains non aménagés et très peu fréquentés (champs) : 29,7003 ha soit <b>0,297003 personne</b> Surface de terrains aménagés mais peu fréquentés (chemin agricole) : 0,8197 ha soit <b>0,08197 personne</b> <b>Soit un total de 0,3789 personne</b>	Modérée
E4	Surface de terrains non aménagés et très peu fréquentés (champs) : 29,7426 ha soit <b>0,297426 personne</b> Surface de terrains aménagés mais peu fréquentés (chemin agricole) : 0,7774 ha soit <b>0,07774 personne</b> <b>Soit un total de 0,3751 personne</b>	Modérée

**Tableau 40 : Gravité du phénomène de projection de glace**  
(Source : guide INERIS)

◆ **Probabilité**

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

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

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

◆ **Acceptabilité**

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

<sup>5</sup> Voir paragraphe 8.2.1

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

Projection de morceaux de glace (dans un rayon de RPG = 1,5 x (H+DR) autour de l'éolienne)			
Eolienne	Gravité	Présence de système d'arrêt en cas de détection de glace et de procédure de redémarrage	Niveau de risque
E1	Modérée	OUI	Acceptable
E2	Modérée	OUI	Acceptable
E3	Modérée	OUI	Acceptable
E4	Modérée	OUI	Acceptable

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

Ainsi, pour le parc éolien de Beg Ar C'Hra, le phénomène de projection de glace constitue un risque acceptable pour les personnes.

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

#### 8.3.1. Tableau de synthèse des scénarios étudiés

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

N°	Scénario	Zone d'effet	Cinétique	Intensité	Probabilité	Gravité
1	Effondrement de l'éolienne	Disque dont le rayon correspond à une hauteur totale de la machine en bout de pale (149,6 m)	Rapide	Exposition modérée	D (pour des éoliennes récentes) <sup>5</sup>	Modérée
2	Chute de glace	Zone de survol (58,4 m)	Rapide	Exposition modérée	A	Modérée
3	Chute d'élément de l'éolienne	Zone de survol (58,4 m)	Rapide	Exposition modérée	C	Modérée
4	Projection de pales ou de fragments de pale	500 m autour de l'éolienne	Rapide	Exposition modérée	D (pour des éoliennes récentes) <sup>6</sup>	Sérieuse pour E3 et Modérée pour E1, E2 et E4
5	Projection de glace	1,5 x (H + 2xR) autour de l'éolienne (311,7 m)	Rapide	Exposition modérée	B	Modérée

**Tableau 42 : Synthèse des scénarios étudiés**  
(Source : guide INERIS)

<sup>6</sup> Voir paragraphe 8.2.4



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

Enfin, la dernière étape de l'étude détaillée des risques consiste à rappeler l'acceptabilité des accidents potentiels pour chacun des phénomènes dangereux étudiés (scénario 1 à 5).

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

GRAVITE des conséquences	Classes de probabilité				
	E	D	C	B	A
Désastreux					
Catastrophique					
Important					
Sérieux		4 (E3)			
Modéré		1 et 4 (E1, E2 et E4)	3	5	2

Légende de la matrice

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

**Tableau 43 : Matrice de criticité**  
 (Source : guide INERIS)

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

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

### 8.3.3. Cartographie des risques

Les cartes en pages suivantes présentent les risques en considérant une topographie plane du site.



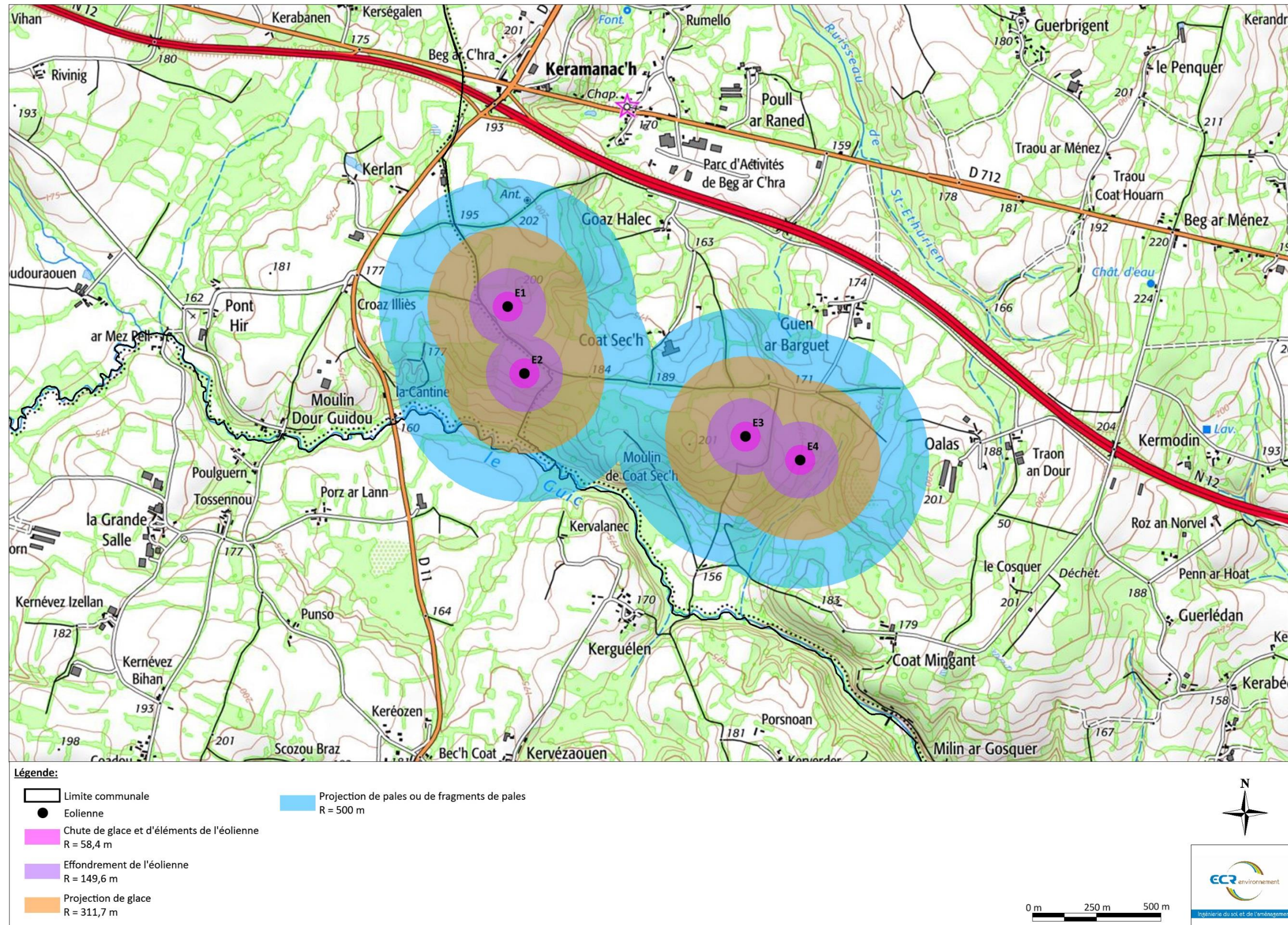


Figure 35 : Cartographie des zones de risque pour l'ensemble des éoliennes



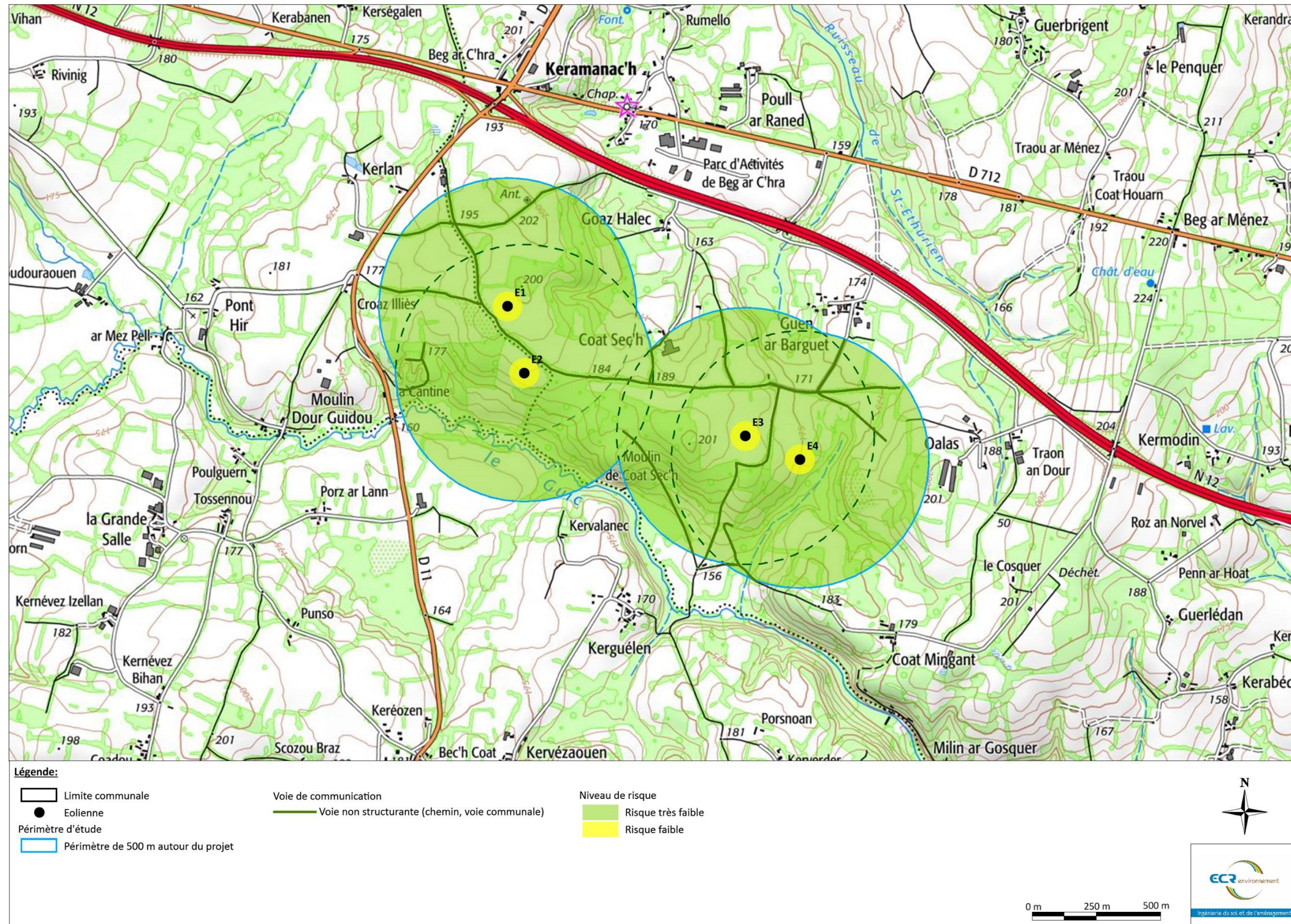


Figure 36 : Cartographie des niveaux de risques identifiés



## 9. CONCLUSION

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

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

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

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

N°	Scénario	Zone d'effet	Cinétique	Intensité	Probabilité	Gravité
1	Effondrement de l'éolienne	Disque dont le rayon correspond à une hauteur totale de la machine en bout de pale (149,6 m)	Rapide	Exposition modérée	D (pour des éoliennes récentes) <sup>7</sup>	Modérée
2	Chute de glace	Zone de survol (58,4 m)	Rapide	Exposition modérée	A	Modérée
3	Chute d'élément de l'éolienne	Zone de survol (58,4 m)	Rapide	Exposition modérée	C	Modérée
4	Projection de pales ou de fragments de pale	500 m autour de l'éolienne	Rapide	Exposition modérée	D (pour des éoliennes récentes) <sup>8</sup>	Sérieuse pour E3 et Modérée pour E1, E2 et E4
5	Projection de glace	1,5 x (H + 2xR) autour de l'éolienne (311,7 m)	Rapide	Exposition modérée	B	Modérée

**Tableau 44 : Intensité, gravité et probabilité des accidents majeurs dans le pire des cas**

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

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

- Les éoliennes seront conformes aux normes en vigueur, conformément à l'Article 8 de l'arrêté du 26 août 2011,
- Vérifications périodiques conformément aux articles 15 et 18 de l'Arrêté du 26 août 2011,
- Les installations et les équipements seront mis à la terre et munis d'un paratonnerre, conformément à l'article 9 de l'Arrêté du 26 août 2011,
- Balisage lumineux de chaque éolienne avec un système conformément à l'article 11 de l'Arrêté du 26 août 2011,

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

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

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

<sup>7</sup> Voir paragraphe 8.2.1

<sup>8</sup> Voir paragraphe 8.2.4



## Annexe 1: Accidentologie en France

Le tableau ci-dessous recense l'ensemble des accidents et incidents connus en France concernant la filière éolienne entre 2000 et février 2020.

Type d'accident	Date	Nom du parc	Département	Puissance de l'éolienne (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information	Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude de dangers
Effondrement	Novembre 2000	Port la Nouvelle	Aude	0,5	1993	Non	Le mât d'une éolienne s'est plié lors d'une tempête suite à la perte d'une pale (coupure courant prolongée pendant 4 jours suite à la tempête)	Tempête avec foudre répétée	Rapport du CGM Site Vent de Colère	-
Rupture de pale	2001	Sallèles-Limousis	Aude	0,75	1998	Non	Bris de pales en bois (avec inserts)	?	Site Vent de Colère	Information peu précise
Effondrement	01/02/2002	Wormhout	Nord	0,4	1997	Non	Bris d'hélice et mât plié	Tempête	Rapport du CGM Site Vent du Bocage	-
Maintenance	01/07/2002	Port la Nouvelle – Sigean	Aude	0,66	2000	Oui	Grave électrisation avec brûlures d'un technicien	Lors de mesures pour cartériser la partie haute d'un transformateur 690V/20kV en tension. Le mètre utilisé par la victime, déroulé sur 1,46m, s'est soudainement plié et est entré dans la zone du transformateur, créant un arc électrique.	Rapport du CGM	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident sur le personnel de maintenance)
Effondrement	28/12/2002	Névian - Grande Garrigue	Aude	0,85	2002	Oui	Effondrement d'une éolienne suite au dysfonctionnement du système de freinage	Tempête + dysfonctionnement du système de freinage	Rapport du CGM Site Vent de Colère Article de presse (Midi Libre)	-
Rupture de pale	25/02/2002	Sallèles-Limousis	Aude	0,75	1998	Non	Bris de pale en bois (avec inserts) sur une éolienne bipale	Tempête	Article de presse (La Dépêche du 26/03/2003)	Information peu précise
Rupture de pale	05/11/2003	Sallèles-Limousis	Aude	0,75	1998	Non	Bris de pales en bois (avec inserts) sur trois éoliennes. Morceaux de pales disséminés sur 100 m.	Dysfonctionnement du système de freinage	Rapport du CGM Article de presse (Midi Libre du 15/11/2003)	-
Effondrement	01/01/2004	Le Portel – Boulogne sur Mer	Pas de Calais	0,75	2002	Non	Cassure d'une pale, chute du mât et destruction totale. Une pale tombe sur la plage et les deux autres dérivent sur 8 km.	Tempête	Base de données ARIA Rapport du CGM Site Vent de Colère Articles de presse (Windpower Monthly May 2004, La Voix du Nord du 02/01/2004)	-
Effondrement	20/03/2004	Loon Plage – Port de Dunkerque	Nord	0,3	1996	Non	Couchage du mât d'une des 9 éoliennes suite à l'arrachement de la fondation	Rupture de 3 des 4 micropieux de la fondation, erreur de calcul (facteur de 10)	Base de données ARIA Rapport du CGM Site Vent de Colère Articles de presse (La Voix du Nord du 20/03/2004 et du 21/03/2004)	-
Rupture de pale	22/06/2004	Pleyber-Christ - Site du Télégraphe	Finistère	0,3	2001	Non	Survitesse puis éjection de bouts de pales de 1,5 et 2,5 m à 50 m, mât intact	Tempête + problème d'allongement des pales et retrait de sécurité (débridage)	Rapport du CGM Articles de presse (Le Télégramme, Ouest France du 09/07/2004)	-
Rupture de pale	08/07/2004	Pleyber-Christ - Site du Télégraphe	Finistère	0,3	2001	Non	Survitesse puis éjection de bouts de pales de 1,5 et 2,5m à 50m, mat intact	Tempête + problème d'allongement des pales et retrait de sécurité (débridage)	Rapport du CGM Articles de presse (Le Télégramme, Ouest France du 09/07/2004)	Incident identique à celui s'étant produit 15 jours auparavant



Type d'accident	Date	Nom du parc	Département	Puissance de l'éolienne (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information	Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude de dangers
Chute de pale + effondrement du mât	28/12/2002	Névian	Aude	0,85	2003	-	Lors de la construction du parc, l'une des pales d'une éolienne se détache et entraîne l'effondrement du mât de 40 m.	Défaillance du système de freinage du rotor	ARIA (n°42882)	-
Rupture de pale	2004	Escales-Conilhac	Aude	0,75	2003	Non	Bris de trois pales		Site Vent de Colère	Information peu précise
Rupture de pale + chute de mât	01/01/2004	Le Portel	Pas-de-Calais	3	2002	-	Les trois pales tombent puis le mât se brise à mi-hauteur et la nacelle chute (deux des pales dérivent en mer et sont retrouvées à 8 km)	Défaut de conception	ARIA (n°26119)	-
Chute d'éolienne	20/03/2004	Dunkerque	Nord		1996	-	Une des 9 éoliennes tombe	Vent	ARIA (n°29388)	-
Rupture de pale	22/06/2004	Saint-Thégonnec	Finistère	0,30	2002	Non	Une pale se brise ne heurtant le mât	Vent	ARIA (n°42887)	-
Projection de morceaux de pale	08/07/2004	Saint-Thégonnec	Finistère	0,30	2002	Non	Projection de 3 morceaux de pale dans un champ (2 de 2,5 m et 1 de 1,5 m)	-	ARIA (n°42889)	-
Rupture de pale + incendie	22/12/2004	Montjoyer-Rochefort	Drôme	0,75	2004	Non	Bris des trois pales et début d'incendie sur une éolienne (survitesse de plus de 60 tr/min)	Survitesse due à une maintenance en cours, problème de régulation, et dysfonctionnement du système de freinage	Base de données ARIA (n°29385) Article de presse (La Tribune du 30/12/2004) Site Vent de Colère	-
Rupture de pale	2005	Wormhout	Nord	0,4	1997	Non	Bris de pale		Site Vent de Colère	Information peu précise
Rupture de pale	08/10/2006	Pleyber-Christ - Site du Télégraphe	Finistère	0,3	2004	Non	Chute d'une pale de 20 m pesant 3 tonnes	Allongement des pales et retrait de sécurité (débridage), pas de REX suite aux précédents accidents sur le même parc	Site FED Articles de presse (Ouest France) Journal FR3 ARIA (n°42891)	-
Incendie	18/11/2006	Roquetaillade	Aude	0,66	2001	Oui	Acte de malveillance: explosion de bonbonne de gaz au pied de 2 éoliennes. L'une d'entre elles a mis le feu en pieds de mat qui s'est propagé jusqu'à la nacelle.	Malveillance / incendie criminel	Communiqués de presse exploitant Articles de presse (La Dépêche, Midi Libre) ARIA (n°42909)	-
Effondrement	03/12/2006	Bondues	Nord	0,08	1993	Non	Sectionnement du mât puis effondrement d'une éolienne dans une zone industrielle	Tempête (vents mesurés à 137Kmh)	Article de presse (La Voix du Nord)	-
Rupture de pale	31/12/2006	Ally	Haute-Loire	1,5	2005	Oui	Chute de pale lors d'un chantier de maintenance visant à remplacer les rotors	Accident faisant suite à une opération de maintenance	Site Vent de Colère ARIA (n°42895)	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident pendant la phase chantier)
Rupture de pale	02/03/2007	Clitourps	Manche	0,66	2005	Oui	Rupture d'un morceau de pale de 4 m et éjection à environ 80 m de distance dans un champ	Cause pas éclaircie	Site FED Interne exploitant ARIA (n°43107)	-

Type d'accident	Date	Nom du parc	Département	Puissance de l'éolienne (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information	Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude de dangers
Chute d'élément	11/10/2007	Plouvien	Finistère	1,3	2007	Non	Chute d'un élément de la nacelle (trappe de visite de 50 cm de diamètre)	Défaut au niveau des charnières de la trappe de visite. Correctif appliqué et retrofit des boulons de charnières effectué sur toutes les machines en exploitation.	Article de presse (Le Télégramme) ARIA (n°42896)	-
Emballement	10/03/2008	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 (n°34340)	Non utilisable directement dans l'étude de dangers (événement unique et sans répercussion potentielle sur les personnes)
Collision avion	04/04/2008	Plouguin	Finistère	2	2004	Non	Léger choc entre l'aile d'un bimoteur Beechcraftch (liaison Ouessant-Brest) et une pale d'éolienne à l'arrêt. Perte d'une pièce de protection au bout d'aile. Mise à l'arrêt de la machine pour inspection.	Mauvaise météo, conditions de vol difficiles (sous le plafond des 1000m imposé par le survol de la zone) et faute de pilotage (altitude trop basse)	Articles de presse (Le Télégramme, Le Post) ARIA (n°42884)	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident aéronautique)
Rupture de pale	19/07/2008	Erize-la-Brûlée - Voie Sacrée	Meuse	2	2007	Oui	Chute de pale et projection de morceaux de pale suite à un coup de foudre	Foudre + défaut de pale	Communiqué de presse exploitant Article de presse (l'Est Républicain 22/07/2008) ARIA (n°42904)	-
Incendie	28/08/2008	Vauvillers	Somme	2	2006	Oui	Incendie de la nacelle	Problème au niveau d'éléments électroniques	Dépêche AFP 28/08/2008 ARIA (n°43109)	-
Rupture de pale	26/12/2008	Raival - Voie Sacrée	Meuse	2	2007	Oui	Chute de pale		Communiqué de presse exploitant Article de presse (l'Est Républicain)	-
Maintenance	26/01/2009	Clastres	Aisne	2,75	2004	Oui	Accident électrique ayant entraîné la brûlure de deux agents de maintenance	Accident électrique (explosion d'un convertisseur)	Base de données ARIA (n°35814)	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident sur le personnel de maintenance)
Rupture de pale	08/06/2009	Bollène	Vaucluse	2,3	2009	Oui	Bout de pale d'une éolienne ouvert	Coup de foudre sur la pale	Interne exploitant	Non utilisable dans les chutes ou les projections (la pale est restée accrochée)
Incendie	21/10/2009	Froidfond - Espinassière	Vendée	2	2006	Oui	Incendie de la nacelle	Court-circuit dans transformateur sec embarqué en nacelle ?	Article de presse (Ouest-France) Communiqué de presse exploitant Site FED ARIA (n°42906)	-
Incendie	30/10/2009	Freyssenet	Ardèche	2	2005	Oui	Incendie de la nacelle	Court-circuit faisant suite à une opération de maintenance (problème sur une armoire électrique)	Base de données ARIA Site FED Article de presse (Le Dauphiné) ARIA (n°37601)	-



Type d'accident	Date	Nom du parc	Département	Puissance de l'éolienne (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information	Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude de dangers
Maintenance	20/04/2010	Toufflers	Nord	0,15	1993	Non	Décès d'un technicien au cours d'une opération de maintenance	Crise cardiaque	Article de presse (La Voix du Nord 20/04/2010)	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident sur le personnel de maintenance)
Effondrement	30/05/2010	Port la Nouvelle	Aude	0,2	1991	Non	Effondrement d'une éolienne	Le rotor avait été endommagé par l'effet d'une survitesse. La dernière pale (entière) a pris le vent créant un balourd. Le sommet de la tour a plié et est venu buter contre la base entraînant la chute de l'ensemble.	Interne exploitant	-
Incendie	19/09/2010	Montjoyer-Rochefort	Drôme	0,75	2004	Non	Emballement de deux éoliennes et incendie des nacelles.	Maintenance en cours, problème de régulation, freinage impossible, évacuation du personnel, survitesse de +/- 60 tr/min	Articles de presse Communiqué de presse SER-FEE ARIA (n°38999)	-
Maintenance	15/12/2010	Pouillé-les-Côteaux	Loire Atlantique	2,3	2010	Oui	Chute de 3 m d'un technicien de maintenance à l'intérieur de l'éolienne. L'homme de 22 ans a été secouru par le GRIMP de Nantes. Aucune fracture ni blessure grave.		Interne SER-FEE ARIA (n°39464)	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident sur le personnel de maintenance)
Transport	31/05/2011	Mesvres	Saône-et-Loire	-	-	-	Collision entre un train régional et un convoi exceptionnel transportant une pale d'éolienne, au niveau d'un passage à niveau Aucun blessé		Article de presse (Le Bien Public 01/06/2011)	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident de transport hors site éolien)
Rupture de pale	14/12/2011	Non communiqué	Non communiqué	2,5	2003	Oui	Pale endommagée par la foudre. Fragments retrouvés par l'exploitant agricole à une distance n'excédant pas 300 m.	Foudre	Interne exploitant	Information peu précise sur la distance d'effet
Incendie	03/01/2012	Non communiqué	Non communiqué	2,3	2006	Oui	Départ de feu en pied de tour. Acte de vandalisme : la porte de l'éolienne a été découpée pour y introduire des pneus et de l'huile que l'on a essayé d'incendier. Le feu ne s'est pas propagé, dégâts très limités et restreints au pied de la tour.	Malveillance / incendie criminel	Interne exploitant	Non utilisable directement dans l'étude de dangers (pas de propagation de l'incendie)
Rupture de pale	05/01/2012	Widehem	Pas-de-Calais	0,75	2000	Non	Bris de pales, dont des fragments ont été projetés jusqu'à 380 m. Aucun blessé et aucun dégât matériel (en dehors de l'éolienne).	Tempête + panne d'électricité	Article de presse (La Voix du Nord 06/01/2012) Vidéo DailyMotion Interne exploitant ARIA (n°41578)	-
Maintenance	06/02/2012	Omissy	Aisne	2	2008		Un arc électrique blesse deux sous-traitants	-	ARIA (n°41628)	

Type d'accident	Date	Nom du parc	Département	Puissance de l'éolienne (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information	Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude de dangers
Projection d'un élément de la pale	11/04/2012	Corbières Maritimes	Aude	0,66	2000		Impact sur le mât et projection à 20 m d'un débris de pale long de 15 m.	Impact de foudre	ARIA (n°43841)	-
Rupture de pale	18/05/2012	Chemin d'Ablis	Eure-et-Loir	2	2008	Oui	Chute d'une pale de 9 tonnes et rupture du roulement raccordant la pale au hub.	Traces de corrosion dans les trous d'alésage traversant une des bagues du roulement	Articles de presse (le Figaro 22/05/2012) et ARIA (n°42919)	-
Effondrement de la tour	30/05/2012	Corbières Maritimes	Aude	0,2	1991	Non	Effondrement de la tour en treillis de 30 m de haut	Rafales de vent à 130 km/h observées durant la nuit	ARIA (n°43110)	-
Projection d'un élément de la pale	01/11/2012	Rézentières-Vieillespesse	Cantal	2,5	2011	Oui	Projection d'un élément de 400 g constitutif d'une pale d'éolienne à 70 m du mât	-	ARIA (n°43120)	-
Incendie	05/11/2012	Corbières Maritimes	Aude	0,66	2000	-	Projections incandescentes enflamment 80 m <sup>2</sup> de garrigue environnante	Câbles électriques non résistants au feu à l'intérieur du mât	ARIA (n°43228)	-
Chute de pale	06/03/2013	Pic de Brau	Aude	0,85	2001		Arrêt d'une éolienne suite à un défaut de « vibration », une des pales était tombée et avait percuté le mât	Problème de fixation	ARIA (n°43576)	-
Incendie	17/03/2013	Fère-Champenoise-Euvy-Corroy	Marne	2,5	2011	Oui	Feu dans la nacelle d'une éolienne. Une des pales tombe au sol, une autre menace de tomber.	Défaillance électrique	ARIA (n°43630)	L'exploitant et la société chargée de la maintenance étudient la possibilité d'installer des détecteurs de fumées dans les éoliennes.
Impact de foudre	20/06/2013	La Bastide sur Besorgue	Ardèche	0,9	2009	-	Une pale est déchirée sur 6 m de longueur	Impact de foudre	ARIA (n°45016)	-
Maintenance	01/07/2013	Haut Languedoc	Hérault	1,3	2006		Opérateur blessé par la projection d'une partie amovible de l'équipement sur lequel il intervient	Défaillance organisationnelle	ARIA (n°44150)	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident sur le personnel de maintenance)



Type d'accident	Date	Nom du parc	Département	Puissance de l'éolienne (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information	Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude de dangers
Incendie	09/01/2014	Vents de Thiérarche	Champagne-Ardenne	2,5	-	-	Feu se déclarant vers 18 h au niveau de la partie moteur d'une éolienne.	Incident électrique	ARIA (n°44831)	-
Chute de pale	20/01/2014	Corbières Maritimes	Aude	0,66	2000		Arrêt d'une éolienne suite à un défaut de « vibration », une des pales était tombée	Fissures détectées sur la pièce en aluminium appelée « alu ring », située à la base de la pale. Cette pièce sert de jonction entre la pale en fibre de verre et le moyeu métallique	ARIA (n°44870)	-
Chute de pale	14/11/2014	Sources de la Loire	Ardèche	2,05	2011		L'élément principal a chuté au pied de l'éolienne mais des débris sont projetés à 150 m	Rafales de vents atteignant 130 km/h	ARIA (n°45960)	-
Chute d'éléments de l'éolienne	05/12/2014	Fitou	Aude	1,3	2002		Chute de l'extrémité de la pale constituant une partie de l'aérovein (3 m)	Défaillance matérielle ou décollage sur les plaques en fibre de verre	ARIA (n°46030)	-
Incendie	29/01/2015	Remigny-Ly-Fontaine	Aisne	2,5	2015		Feu au sein d'une éolienne	Défaut d'isolation au niveau des connexions des conducteurs de puissance	ARIA (n°46304)	-
Incendie	06/02/2015	La Tourette	Deux-Sèvres	2	2010		Feu au niveau de l'armoire électrique d'une éolienne lors de la maintenance	-	ARIA (n°46237)	-
Incendie	24/08/2015	Le Champ-Besnard	Eure-et-Loire	2,5	2007		Un feu se déclare sur le moteur d'une éolienne à 90 m de hauteur	-	ARIA (n°47062)	-
Chute de pale	10/11/2015	Menil-la-Horgne	Meuse	1,5	2007		Les 3 pales et le rotor d'une éolienne chutent de 85 m, les débris sont disséminés sur 4000 m <sup>2</sup>	Défaut de fabrication de la pièce assurant la jonction entre le rotor et la multiplicatrice (défaut présent sur 2 autres éoliennes du parc)	ARIA (n°47377)	-
Chute d'éléments de l'éolienne	07/02/2016	Conilhac-Corbières	Aude	2,3	2014		L'aérovein d'une des 3 pales d'une éolienne se rompt et chute au sol	Un point d'attache du système mécanique de l'aérovein (système à câble) se serait rompu	ARIA (n°47675)	-

Type d'accident	Date	Nom du parc	Département	Puissance de l'éolienne (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information	Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude de dangers
Chute d'éléments de l'éolienne	12/02/2016	Dinéault	29	0,3	1999		Lors d'une tempête, les vents de 160 km/h endommagent une éolienne : une pale chute au sol et une autre se déchire. La pale rompue est retrouvée à 40 m du pied du mât.	-	ARIA (n°47680)	
Chute de pale	07/03/2016	Les Landes du Vieux Pavé	22	0,850	2009		Une pale se rompt et chute au pied du mât en endommageant celui-ci.	Défaillance du système d'orientation de la pale	ARIA (n°47763)	
Pollution	28/05/2016	Janville	28	2,3	2005		Ecoulement d'huile sous la nacelle d'une éolienne	Défaillance d'un raccord sur le circuit de refroidissement de l'huile de la boîte de vitesse de l'éolienne	ARIA (n°48264)	
Incendie	10/08/2016	Hescamps	80	1	2008		Un feu se déclare dans la partie haute d'une éolienne, au niveau du rotor	Une défaillance électrique serait à l'origine du départ de feu	ARIA (n°48426)	
Incendie	18/08/2016	Dargies	60	2	2014		Feu de l'aérogénérateur	Une défaillance électrique serait à l'origine de l'incendie. L'armoire électrique ou le pupitre de commande en serait le point de départ	ARIA (n°48471)	
Incident humain	14/09/2016	Plaine Aubeoise	10	2,3	2009		Un employé est électrisé alors qu'il intervient dans le nez d'une éolienne		ARIA (n°48588)	
Fissure sur une pale	11/01/2017	Canton du Quesnoy	59	2,05	2010		Une fissure de 6,5 m de long est constatée sur une pale d'une éolienne. Le dommage est situé sur l'habillage de la pale et n'affecte pas la partie structurelle.	Selon le constructeur, le défaut est un cas isolé et ne présente pas de caractère générique	ARIA (n°49413)	
Chute de pale	12/01/2017	Tuchan	11	0,6	2002		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 mat de 40 m de l'éolienne. Des impacts sur le mat sont visibles.	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.	ARIA (n°49104)	
Chute de pale	18/01/2017	Nurlu	80	2	2010		Une pale d'éolienne est tombée au sol et s'est brisée en plusieurs morceaux. 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	La tempête survenue quelques jours auparavant pourrait être à l'origine de la chute	ARIA (n°49151)	



Type d'accident	Date	Nom du parc	Département	Puissance de l'éolienne (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information	Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude de dangers
Chute de pale	27/02/2017	Belrain	55	2	2011		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.	Une rafale de vent extrême ayant été mesurée dans les secondes précédant la rupture, cette origine est privilégiée pour expliquer la casse de la pale.	ARIA (n°49359)	
Chute d'un élément d'éolienne	27/02/2017	Le Grand Linault	79	2	2011		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'expertise du fabricant conclut à un défaut de fabrication. Par erreur, les couches de tissu du bord d'attaque ont été coupées, manuellement, niveau de la ligne de jonction des 2 coques lors des opérations de ponçage des excès de colle après démoulage de la pale. Dans cette zone, les coques n'étaient maintenues entre elles que par le mastic et la peinture de finition.	ARIA (n°49374)	
Incendie	06/06/2017	Le Moulin d'Emanville	28	3	2014		Un feu se déclare dans la nacelle d'une éolienne. La nacelle et le rotor sont totalement calcinés. Une partie des pales ainsi que le haut du mât ont été touchés par l'incendie. Des éléments sont tombés au sol	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	ARIA (n°49746)	
Chute de pale	08/06/2017	Aussac-Vadalle	16	2	2010		Lors d'un orage, une partie d'une pale d'une éolienne chute au sol. Les débris sont tombés dans une zone de 50 à 100 m du mât	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 fuit, puis une déchirure du fragment. Le dispositif de protection contre la foudre ne montre pas de défaut.	ARIA (n°49768)	
Chute de pale	24/06/2017	Tambours	62	1,67	2007		Une pale d'une éolienne se brise au niveau de sa jonction avec le rotor. La pale chute à la verticale, au pied du mât. Les quelques débris projetés sont présents dans un rayon de 20 m.		ARIA (n°49902)	
Chute d'éléments d'une éolienne	17/07/2017	Fécamp	76	0,9	2006		Un aérofrein se détache d'une pale d'éolienne dans un parc éolien	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	ARIA (n°50291)	
Fuite d'huile	24/07/2017	Mauron	56	2	2008		Une fuite d'huile est détectée pour un rejet de 5 l. La rupture d'un flexible du circuit hydraulique de l'aérogénérateur en est à l'origine. Une zone de 2 m <sup>2</sup> sur 10 cm au sol se révèle polluée après diagnostic.	La vétusté du flexible serait à l'origine de la fuite	ARIA (n°50898)	
Chute de pale	05/08/2017	Priez	02	-	-		Une pale d'éolienne se brise en son milieu et tombe au sol		ARIA (n°50148)	

Type d'accident	Date	Nom du parc	Département	Puissance de l'éolienne (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information	Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude de dangers
Chute d'éléments de l'éolienne	08/11/2017	Roman-Blandey	27	2	2010		Le carénage de la pointe de la nacelle d'une éolienne tombe au sol	La chute du carénage est due à un défaut d'assemblage de ses boulonnages.	ARIA (n°50694)	
Chute de mâte	01/01/2018	Bouin	85	2,4	2003		Le mâte 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 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.	ARIA (n°50913)	
Chute de pale	04/01/2018	Rampont	55	2	2008		'extrémité d'une pale d'une éolienne de 2 MW se rompt. Un morceau de 20 m chute au sol. Les morceaux les plus éloignés sont ramassés à 200 m.		ARIA (n°50905)	
Chute d'éléments de l'éolienne	06/02/2018	Conilhac	11	2,3	2014		L'aéropreinte d'une pale d'éolienne chute au sol dans un parc éolien		ARIA (n°51122)	
Défaillance mécanique	08/03/2018	Vaite-Bussières	25	2,78	2016		L'alarme de suivi des vibrations de composants mobiles d'une éolienne s'active. La machine s'arrête automatiquement. Une dent de l'arbre rapide, situé entre le multiplicateur et la génératrice, est cassée	Un défaut de fabrication au niveau de la couronne dentée de l'arbre rapide : une inclusion de bulle d'air est découverte dans l'acier	ARIA (n°53153)	
Incendie	01/06/2018	Marsanne	26	2	2008		Un feu se déclare au pied d'une éolienne. L'incendie se propage jusqu'à sa nacelle. La nacelle est entièrement brûlée ainsi que la base des pales mais celles-ci restent en place. Une deuxième éolienne fait également l'objet d'un départ de feu, mais celui-ci est resté confiné à sa base	La gendarmerie conclut que l'origine de l'événement est criminelle : les portes d'accès aux éoliennes impliquées ont été fracturées et du combustible est découvert.	ARIA (n°51675)	
Incendie	05/06/2018	Vallée de l'Hérault	34	2	2014		Un feu se déclare dans la nacelle d'une éolienne de 70 m de haut. Des éléments de l'éolienne en feu chutent au sol. Les flammes se propagent en partie basse de l'aérogénérateur. La nacelle de l'aérogénérateur est presque totalement détruite. La végétation est brûlée sur 50m².		ARIA (n°51681)	
Chute d'élément de l'éolienne	04/07/2018	Corbières-Maritimes	11	0,5	1993		Une avarie est constatée sur 2 des pales d'une éolienne : leurs extrémités se sont disloquées. Des éléments sont projetés à 150 m du mâte après s'être décrochées		ARIA (n°51853)	



Type d'accident	Date	Nom du parc	Département	Puissance de l'éolienne (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information	Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude de dangers
Incendie	28/09/2018	Trois Evêques	81	2	2009		Un feu se déclare au niveau de la nacelle d'une éolienne. Des éléments enflammés chutent au sol. L'incendie se propage à la végétation voisine. La nacelle, les pales et des armoires de commande en pied de mât sont détruits. L'incendie impacte également 2,5 ha de végétation, essentiellement une plantation de résineux, qui ont brûlé.	La présence de 2 foyers et de traces d'effraction sur la porte d'accès amènent les secours à conclure à un acte de malveillance.	ARIA (n°52641)	
Pollution	17/10/2018	Le Quint	80	2	2017		Fuite d'huile hydraulique depuis la nacelle d'une éolienne (la zone impactée est de 2000 m²)	La mauvaise réalisation d'une activité de maintenance annuelle préventive, la veille de l'événement, en est à l'origine	ARIA (n°52498)	
Chute d'éolienne	06/11/2018	La Vallée du Moulin	45	3	2010		Une éolienne de 140 m de haut en bout de pale s'effondre. Le mat s'est arraché de sa base en béton.	Une survitesse de rotation des pales de l'éolienne a conduit à une surcharge de contraintes sur la structure, provoquant son effondrement. Cet emballement est consécutif au déclenchement d'un arrêt d'urgence alors que l'alimentation de secours (par batterie) des 3 pales était en défaut	ARIA (n°52558)	
Chute d'éléments d'une éolienne	18/11/2018	Conilhac	11	2,3	2014		Les 3 aérofreins en extrémité des pales d'une éolienne chutent au sol, au pied du mât		ARIA (n°52653)	
Chute de pale	19/11/2018	Les Tournevents du COS	02	2,4	2017		Un agent de surveillance d'un parc éolien constate la rupture d'une pale d'une éolienne. Des 40 m de l'équipement, les 30 derniers sont tombés au sol		ARIA (n°52638)	
Incendie	03/01/2019	La Limouzinière	44	2,05	2010		Un feu se déclare au niveau de la nacelle d'une éolienne de 78 m de haut. De nombreux débris enflammés tombent au sol. Un feu se déclare au pied de l'aérogénérateur. La nacelle de l'éolienne est détruite ainsi que la base des 3 pales	Une avarie sur la génératrice de l'éolienne semble à l'origine de l'incendie	ARIA (n°52838)	
Chute de pale	17/01/2019	Bambesch	57	2	2007		Une pale d'éolienne se rompt. Deux morceaux, l'un de 5 m (coque) et l'autre de 28 m (fibre de verre), chutent au sol. Celui de 28 m est projeté à 100 m de l'éolienne	Un défaut d'adhérence dû à un manque de matière entre la coque en fibre de verre et le cœur de la pale serait à l'origine de cette rupture	ARIA (n°52967)	
Incendie	20/01/2019	Roussas	26	1,75	2006		Un feu se déclare sur 2 éoliennes. Les éoliennes sont lourdement endommagées	D'après la presse, il s'agit d'un acte criminel	ARIA (n°52993)	

Type d'accident	Date	Nom du parc	Département	Puissance de l'éolienne (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information	Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude de dangers
Rupture de mât	23/01/2019	Boutavent	60	1	2011		Le mât de 66 m d'une éolienne se plie en 2 en son milieu. Des débris sont projetés dans un rayon de 300 m. Les pales de l'éolienne accidentée ne se sont pas mises en drapeau et sont restées en position de production, alors que le générateur était à l'arrêt. La machine est entrée en survitesse jusqu'à la dislocation d'une pale. Le balourd en résultant aurait conduit au pliage du mât.	Selon l'exploitant, l'absence de passage en position de sécurité des pales est due à une chute de tension au niveau des batteries pilotant la rotation des pales en cas de coupure de l'alimentation électrique	ARIA (n°53010)	
Chute de pale	30/01/2019	Roquetaillade	11	0,66	2001		Une pale d'une éolienne se rompt et chute au sol. Plusieurs vis provenant du moyeu à roulement de la pale sont retrouvées au sol	Certaines des vis retrouvées au sol présentent des ruptures franches, des éléments distinctifs de fatigue et des traces de corrosion. Cette corrosion pourrait avoir été engendrée par une précharge insuffisante lors du serrage.	ARIA (n°53139)	
Fissuration sur les roulements d'une pale	12/02/2019	Autechaux	25	2,75	2016		Fissuration constatée sur une bague extérieure de roulement de pale d'une éolienne	L'origine des fissurations serait un défaut d'alésage qui, sous contrainte, conduirait à une fissuration par fatigue de la bague au niveau d'une zone d'amorçage propice constituée par les trous d'introduction des billes dans les roulements.	ARIA (n°53562)	
Foudre	02/04/2019	Equancourt	80				Lors d'un épisode orageux, la foudre touche une des 12 éoliennes d'un parc éolien. L'impact de foudre a endommagé le revêtement de la pale, proche de la base, sur 5 000 cm <sup>2</sup> .		ARIA (n°53429)	
Accident humain	15/04/2019	Chailly-sur-Armançon	21				Un sous-traitant est électrisé par un courant de 20 000 V dans une éolienne		ARIA (n°53479)	
Incendie	18/06/2019	Quesnoy-sur-Airaines	80	2,3	2011		Un feu se déclare sur une éolienne. Le lendemain, des pièces déposées au pied de l'éolienne à la suite de l'incendie sont dérobées	Un court-circuit sur un condensateur est à l'origine du sinistre	ARIA (n°53857)	
Incendie	25/06/2019	Ambon	56	1,6	2008		Lors d'une opération de maintenance au niveau du système d'orientation des pales d'une éolienne, un feu se déclare au niveau de la nacelle de cette éolienne		ARIA (n°53860)	
Chute de pale	27/06/2019	La Picoterie	02	2	2009		Deux techniciens intervenant sur une éolienne pour maintenance constatent qu'une pale d'une autre éolienne présente un angle anormal. Ils demandent au centre de maintenance l'arrêt à distance de cette éolienne. Lors de la mise à l'arrêt, le bout de la pale abîmée est projeté en 2 morceaux, l'un à 15 m de l'éolienne, l'autre à 100 m dans l'enceinte du parc éolien. Chaque morceau correspond à une face de la pale.		ARIA (n°53894)	

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



La détermination du nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes) présentes dans chacune des zones d'effet se base sur la fiche n°1 de la circulaire du 10 mai 2010 relative aux règles méthodologiques applicables aux études de dangers. Cette fiche permet de compter aussi simplement que possible, selon des règles forfaitaires, le nombre de personnes exposées dans chacune des zones d'effet des phénomènes dangereux identifiés.

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

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

**Terrains non bâtis**

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

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

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

**Voies de circulation**

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

**Voies de circulation automobiles**

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

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

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

**Voies ferroviaires**

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

**Voies navigables**

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

**Chemins et voies piétonnes**

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

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

**Logements**

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

**Etablissements recevant du public (ERP)**

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

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

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

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

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

**Zones d'activité**

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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



## Annexe 4 : Type Certificate de la N117/3600 TS91 et N117/3000 Controlled TS91



## Type Certificate

**Registration-No.**  
**44 220 16117724-TC-IEC-a, Rev. 7**

**This certificate is issued to** **Nordex Energy GmbH**  
 Langenhomer Chaussee 600  
 22419 Hamburg  
 Germany

**For the wind turbines** **N117/3000, N117/3000 Controlled,**  
**N117/3600, N117/3675**

**WT Class** **IEC S/SA (see Table 1)**

This Certificate attests compliance with the below cited standards concerning the design, testing and manufacturer. It is based on the following reference documents:

<b>44 220 16585391-D-IEC, Rev. 7</b>	Design Evaluation Conformity Statement on the Wind Turbines Nordex N117/3000, N117/3000 Controlled, N117/3600, N117/3675, TÜV NORD, dated 2020-01-07.
<b>014.17.2.03.19.03</b>	Design Evaluation Conformity Statement on the Wind Turbine Nordex N117/3600, N117-3675, TCS141, TÜV SÜD, dated 2019-12-18.
<b>44 220 12487041-M-IEC, Rev. 14</b>	Manufacturing Conformity Statement on the Wind Turbine Platform Nordex K08 Gamma/Delta, TÜV NORD, dated 2019-09-27.
<b>44 220 16117724-T-IEC-a, Rev. 1</b>	Type Test Conformity Statement on the Wind Turbine Nordex N117/3600 TS91, TS106 & TCS141, TÜV NORD, dated 2017-07-21.
<b>014.10.3.01.19.08</b>	Component Certificate for Gearbox EH905A and EH905B of ZF Wind Power Antwerpen NV, TÜV SÜD, dated 2019-07-15, valid until 2020-07-30.
<b>8114 117 724-20 E I, Rev. 7</b>	Final Evaluation Report, TÜV NORD, dated 2020-01-07.

**Normative references:** **Certification scheme:**  
 IEC 61400-22 "Wind turbines - Part 22: Conformity testing and certification", Edition 1.0, 2010-05  
 in combination with:  
 IEC 61400-1 "Wind Turbines - Part 1: Design requirements", Third Edition, 2005-08 and Amendment 1, 2010-10  
 GL Wind-Technical Note 067 - Certification of Wind Turbines for Extreme Temperatures (here: Cold Climate), Revision: 5, 2013-07-31

The wind turbine type is specified on pages 2 - 18 of this Certificate.

Any change in the design, the production and erection or the manufacturer's quality system has to be approved by TÜV NORD CERT GmbH. Without approval this certificate loses its validity.

**Provided that a valid Component Certificate of the Gearbox EH905A/B is available this  
 Type Certificate is valid until: 21<sup>st</sup> December 2021**  
 (under the condition of regular maintenance according to chapter 6.5.2 of IEC 61400-22)

TÜV NORD CERT GmbH  
 Certification Body  
 Wind Energy



Dipl.-Ing., Dr. M. Broschart



Deutsche  
 Akkreditierungsstelle  
 D-ZE-12007-01-02

Essen, 2020-01-07

Langemarckstraße 20 • 45141 Essen • email: windenergy@tuv-nord.de Page 1 of 18

## GLOSSAIRE

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

**Aérogénérateur** : Dispositif mécanique destiné à convertir l'énergie du vent en électricité, compose des principaux éléments suivants : un mat, une nacelle, le rotor auquel sont fixées les pales, ainsi que, le cas échéant, un transformateur. **Survitesse** : Vitesse de rotation des parties tournantes (rotor constitué du moyeu et des pales ainsi que la ligne d'arbre jusqu'à la génératrice) supérieure à la valeur maximale indiquée par le constructeur.

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

ICPE : Installation Classée pour la Protection de l'Environnement

SER : Syndicat des Energies Renouvelables

FEE : France Energie Eolienne (branche éolienne du SER)

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

EDD : Etude de dangers

APR : Analyse Préliminaire des Risques

ERP : Etablissement Recevant du Public

## BIBLIOGRAPHIE ET REFERENCES UTILISEES

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

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

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

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

[5] Guide for Risk-Based Zoning of wind Turbines, Energy research centre of the Netherlands (ECN), H. Braam, G.J. van Mulekom, R.W. Smit, 2005

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

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

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

[9] Arrêté du 26 août 2011 relatif aux installations de production d'électricité utilisant l'énergie mécanique du vent au sein d'une installation soumise à autorisation au titre de la rubrique 2980 de la législation des installations classées pour la protection de l'environnement

[10] Arrêté du 29 septembre 2005 relatif à l'évaluation et à la prise en compte de la probabilité d'occurrence, de la cinétique, de l'intensité des effets et de la gravité des conséquences des accidents potentiels dans les études de dangers des installations classées soumises à autorisation

[11] Circulaire du 10 mai 2010 récapitulant les règles méthodologiques applicables aux études de dangers, à l'appréciation de la démarche de réduction du risque à la source et aux plans de prévention des risques technologiques (PPRT) dans les installations classées en application de la loi du 30 juillet 2003

[12] Bilan des déplacements en Val-de-Marne, édition 2009, Conseil 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 Gutsch : monitoring of a wind turbine under icing conditions- R. Cattin et al.

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

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

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

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