P&T TECHNOLOGIE SAS
groupe energiequelle

Projet éolien de la Butte Noire

Commune de Jans

Département de Loire-Atlantique (44)

Dossier de Demande d'Autorisation Environnementale (DDAE)

Pièce 6-A : Étude de dangers

AEPE Gingko
Atelier d'écologie paysagère & environnementale
7, rue de la Vilaine
Saint-Mathurin-sur-Loire
49 250 LOIRE-AUTHION
02 41 68 06 95
www.aepe-gingko.fr
contacts@aepe-gingko.fr

Déposé en Janvier 2018

Complété en Octobre 2018

PIECES DU DOSSIER DE DEMANDE D'AUTORISATION ENVIRONNEMENTALE

L'architecture retenue pour les pièces du dossier de demande d'autorisation environnementale est la suivante :

- Pièce 0 : Lettre de demande d'autorisation environnementale
- Pièce 1 : CERFA (En attente d'un nouveau CERFA pour l'autorisation environnementale)
- Pièce 2 : Sommaire inversé
- Pièce 3 : Note de présentation non technique
- Pièce 4 : Description de la demande d'autorisation environnementale
- Pièce 5-A : Étude d'impact
- Pièce 5-B : Résumé non technique de l'étude d'impact
- Pièce 5-C : Cahier de photomontages
- **Pièce 6-A : Étude de dangers**
- Pièce 6-B : Résumé non technique de l'étude de dangers
- Pièce 7 : Plan de situation et plans d'ensemble

Cette pièce constitue l'étude de dangers des installations du projet de parc éolien.

SOMMAIRE GENERAL

I. PREAMBULE 6

I.1. LES OBJECTIFS DE L'ETUDE DE DANGERS 6
I.2. LE CONTEXTE LEGISLATIF ET REGLEMENTAIRE 6
I.3. LA NOMENCLATURE DES INSTALLATIONS CLASSEES 7
I.4. LA DEMARCHE GENERALE DE L'ETUDE DE DANGERS 7

II. LES INFORMATIONS GENERALES CONCERNANT L'INSTALLATION 8

II.1. LES RENSEIGNEMENTS ADMINISTRATIFS 8
II.1.1. Le demandeur 8
II.2. LA LOCALISATION DU SITE 9
II.3. LA DEFINITION DE L'AIRE D'ETUDE 10

III. LA DESCRIPTION DE L'ENVIRONNEMENT DE L'INSTALLATION 11

III.1. L'ENVIRONNEMENT NATUREL 11
III.1.1. Le contexte climatique 11
III.1.2. Les risques naturels 13
III.2. L'ENVIRONNEMENT MATERIEL 15
III.2.1. Les voies de communication 15
III.2.2. Les réseaux publics et privés 16
III.3. L'ENVIRONNEMENT HUMAIN 17
III.3.1. Les zones urbanisées 17
III.3.2. Les établissements recevant du public (ERP) 18
III.3.3. Les installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE) 18
III.3.4. Autres activités 18
III.4. LA SYNTHESE DES ENJEUX 19

IV. LA DESCRIPTION DE L'INSTALLATION 21

IV.1. LES CARACTERISTIQUES DE L'INSTALLATION 21
IV.1.1. Les caractéristiques générales d'un parc éolien 21
IV.1.2. Les éléments constitutifs d'un aérogénérateur 21
IV.1.3. La composition de l'installation 22
IV.2. LE FONCTIONNEMENT DE L'INSTALLATION 28
IV.2.1. Le principe de fonctionnement de l'éolienne 28
IV.2.2. Les opérations de maintenance de l'installation 29
IV.2.3. Le stockage et les flux de produits dangereux 29
IV.2.4. Le fonctionnement des réseaux de l'installation 29

V. L'IDENTIFICATION DES POTENTIELS DE DANGERS DE L'INSTALLATION 31

V.1. LES POTENTIELS DE DANGERS LIES AUX PRODUITS 31
V.2. LES POTENTIELS DE DANGERS LIES AUX DECHETS 31
V.3. LES POTENTIELS DE DANGERS LIES AU FONCTIONNEMENT DE L'INSTALLATION 32
V.4. LA REDUCTION DES POTENTIELS DE DANGERS A LA SOURCE 32
V.4.1. Les principales actions préventives 32
V.4.2. L'utilisation des meilleures techniques disponibles 32

VI. L'ANALYSE DES RETOURS D'EXPERIENCE 33

VI.1. L'INVENTAIRE DES ACCIDENTS ET INCIDENTS EN FRANCE 33
VI.2. L'INVENTAIRE DES ACCIDENTS ET INCIDENTS A L'INTERNATIONAL 34
VI.3. LA SYNTHESE DES PHENOMENES DANGEREUX REDOUTES ISSUS DU RETOUR D'EXPERIENCE 35
VI.3.1. L'analyse de l'évolution des accidents en France 35
VI.3.2. L'analyse des typologies d'accidents les plus fréquents 35
VI.3.3. Les accidents/Incidents survenus en Pays de la Loire 35
VI.4. LES LIMITES D'UTILISATION DE L'ACCIDENTOLOGIE 36

VII. L'ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES 37

VII.1. L'OBJECTIF DE L'ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES 37
VII.2. LE RECENSEMENT DES EVENEMENTS EXCLUS DE L'ANALYSE DES RISQUES 37
VII.3. LE RECENSEMENT DES AGRESSIONS EXTERNES POTENTIELLES 37
VII.3.1. Les agressions externes liées aux activités humaines 37
VII.3.2. Les agressions externes liées aux phénomènes naturels 38
VII.4. LES SCENARIOS ETUDIES DANS L'ANALYSE GENERIQUE DES RISQUES 39
VII.5. LES EFFETS DOMINOS 41
VII.6. LA MISE EN PLACE DES MESURES DE SECURITE 42
VII.7. LA CONCLUSION DE L'ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES 46

VIII. L'ETUDE DETAILLEE DES RISQUES 47

VIII.1. RAPPEL DES DEFINITIONS 47
VIII.1.1. La cinétique 47
VIII.1.2. L'intensité 47
VIII.1.3. La gravité 48
VIII.1.4. La probabilité 48
VIII.2. LA CARACTERISATION DES SCENARIOS RETENUS 49
VIII.2.1. L'effondrement d'une éolienne 50
VIII.2.2. La chute de glace 53
VIII.2.3. la chute d'éléments d'une éolienne 55
VIII.2.4. La projection de pales ou de fragments de pales 57
VIII.2.5. La projection de glace 60
VIII.3. LA SYNTHESE DE L'ETUDE DETAILLEE DES RISQUES 63
VIII.3.1. le tableau de synthèse des scénarios étudiés 63
VIII.3.2. l'acceptabilité des risques 63
VIII.3.3. La cartographie de synthèse des risques 65
VIII.3.4. Cartographies récapitulatives par éolienne 65
VIII.4. LES MESURES DE MAITRISE DES RISQUES 69
VIII.4.1. La maîtrise du risque lié à la chute de glace 69
VIII.4.2. La maîtrise du risque lié à la chute d'éléments 69
VIII.5. LES MOYENS DE SECOURS ET D'INTERVENTION 70
VIII.5.1. Les moyens internes 70
VIII.5.2. Les moyens externes 70
VIII.5.3. le traitement de l'alerte 70

IX. LA CONCLUSION DE L'ETUDE DE DANGERS 70

X. LES ANNEXES 71

ANNEXE 1 - METHODE DE COMPTAGE DES PERSONNES POUR LA DETERMINATION DE LA GRAVITE POTENTIELLE D'UN ACCIDENT A PROXIMITE D'UNE EOLIENNE (EDD) 72

ANNEXE 2 - ACCIDENTOLOGIE 73

ANNEXE 3 - SCENARIOS GENERIQUES D'ACCIDENTS POSSIBLES 79

ANNEXE 4 - PROBABILITE D'ATTEINTE ET RISQUE INDIVIDUEL 82

ANNEXE 5 - GLOSSAIRE DES MOTS UTILISES DANS L'ETUDE DE DANGERS 83

ANNEXE 6 - BIBLIOGRAPHIE ET REFERENCES UTILISEES 85

ANNEXE 7 - RECENSEMENT ARIA DES ACCIDENTS SURVENUS EN FRANCE (2017) 86

ANNEXE 8 - RECENSEMENT ARIA DES ACCIDENTS LIES AUX PARC EOLIENS SURVENUS EN REGION PAYS DE LA LOIRE ... 91

LISTE DES CARTES

CARTE 1 : LA LOCALISATION DES INSTALLATIONS DU PROJET 9
CARTE 2 : LE PERIMETRE DE L'ETUDE DE DANGERS 10
CARTE 3 : LE ZONAGE SISMIQUE EN VIGUEUR 13
CARTE 4: L'ENVIRONNEMENT LIE AUX RISQUES NATURELS DE L'AIRE D'ETUDE DE DANGERS 15
CARTE 5 : L'ENVIRONNEMENT MATERIEL DE L'AIRE D'ETUDE DE DANGERS 16
CARTE 6 : LES BATIMENTS ET DISTANCES AUTOUR DU PROJET 18
CARTE 7 : LES TYPES DE TERRAIN DE L'AIRE D'ETUDE DE DANGERS 20
CARTE 8 : LE PLAN DETAILLE DE L'INSTALLATION (ZONE SUD) SUR FOND SCAN 25 24
CARTE 9 : LE PLAN DETAILLE DE L'INSTALLATION (ZONE SUD) SUR PHOTO-AERIENNE 25
CARTE 10 : LE PLAN DETAILLE DE L'INSTALLATION (ZONE NORD) SUR FOND SCAN 25 26
CARTE 11 : LE PLAN DETAILLE DE L'INSTALLATION (ZONE NORD) SUR PHOTO-AERIENNE 27
CARTE 12 : LA LOCALISATION DES POSTES DE LIVRAISON DU PROJET 30
CARTE 13 : LA ZONE D'EFFET DU RISQUE D'EFFONDREMENT DE L'EOLIENNE 50
CARTE 14 : LA ZONE D'EFFET DU RISQUE DE CHUTE DE GLACE 53
CARTE 15 : LA ZONE D'EFFET DU RISQUE DE CHUTE D'ELEMENTS 55
CARTE 16 : LA ZONE D'EFFET DU RISQUE DE PROJECTION DE PALE OU DE FRAGMENT DE PALE 57
CARTE 17 : LA ZONE D'EFFET DES RISQUES DE PROJECTION DE GLACE 60
CARTE 18 : LES NIVEAUX DE RISQUES EVALUES POUR LE PARC EOLIEN 65
CARTE 19 : LES ZONES D'EFFETS DES DIFFERENTS RISQUES ETUDIES POUR L'EOLIENNE E1 66
CARTE 20 : LES ZONES D'EFFETS DES DIFFERENTS RISQUES ETUDIES POUR L'EOLIENNE E2 66
CARTE 21 : LES ZONES D'EFFETS DES DIFFERENTS RISQUES ETUDIES POUR L'EOLIENNE E3 67
CARTE 22 : LES ZONES D'EFFETS DES DIFFERENTS RISQUES ETUDIES POUR L'EOLIENNE E4 67
CARTE 23 : LES ZONES D'EFFETS DES DIFFERENTS RISQUES ETUDIES POUR L'EOLIENNE E5 68
CARTE 24 : LES ZONES D'EFFETS DES DIFFERENTS RISQUES ETUDIES POUR L'EOLIENNE E6 68

LISTE DES FIGURES

FIGURE 1 : LA DEMARCHE GENERALE DE L'ETUDE DE DANGERS 7
FIGURE 2 : LA ROSE DES VENTS A PROXIMITE DU SITE, STATION DE NANTES 12
FIGURE 3 : LE SCHEMA SIMPLIFIE D'UN AEROGENERATEUR 21
FIGURE 4 : L'ILLUSTRATION DES EMPRISES AU SOL D'UNE EOLIENNE 22
FIGURE 5 : LES DIMENSIONS MAXIMALES DU GABARIT D'EOLIENNE ENVISAGE 22
FIGURE 6 : LES DIFFERENTS AMENAGEMENTS DU PARC EOLIEN 23
FIGURE 7 : LE SCHEMA DE RACCORDEMENT ELECTRIQUE D'UN PARC EOLIEN 29
FIGURE 8 : LES CAUSES PREMIERES DES ACCIDENTS D'AEROGENERATEURS EN FRANCE (SOURCE FEE) 33
FIGURE 9 : LES CAUSES DES ACCIDENTS D'AEROGENERATEURS DANS LE MONDE (SOURCE FEE) 34
FIGURE 10 : LES CAUSES PREMIERES DES ACCIDENTS D'AEROGENERATEURS DANS LE MONDE (SOURCE : FEE) 34
FIGURE 11 : LE NOMBRE D'ACCIDENTS EOLIENS RECENSES PAR LA BASE ARIA ENTRE 2002 ET 2016 EN FRANCE (ARIA) 35
FIGURE 12 : UN EXEMPLE DE PANNEAU DE PREVENTION DES RISQUES SUR UN PARC EOLIEN 69

LISTE DES TABLEAUX

TABLEAU 1 : LA NOMENCLATURE ICPE D'UN PARC EOLIEN 7
TABLEAU 2 : MOYENNE DES TEMPERATURES MENSUELLES EN °C ENTRE 1981 ET 2010 (METEO FRANCE) 11
TABLEAU 3 : MOYENNE DES PRECIPITATIONS MENSUELLES ENTRE 1981 ET 2010 (METEO FRANCE) 11
TABLEAU 4 : MOYENNE D'ENSOLEILLEMENT MENSUEL ENTRE 1981 ET 2010 (METEO FRANCE) 11
TABLEAU 5 : LES MOYENNES MENSUELLES DE JOURS DE GELEES RECENSES ENTRE 1981 ET 2010 (METEO FRANCE) 11
TABLEAU 6 : LES ARRETES DE CATASTROPHES NATURELLES 13
TABLEAU 7 : DONNEES DEMOGRAPHIQUES DES COMMUNES DU PERIMETRE D'ETUDE DE DANGERS (INSEE) 17
TABLEAU 8 : DISTANCE DES EOLIENNES AU BATI LE PLUS PROCHE 17
TABLEAU 9 : LES COORDONNEES GPS ET COTES NGF DES EOLIENNES 23
TABLEAU 10 : LES DIMENSIONS ENVISAGEES DES AMENAGEMENTS DU PARC EOLIEN 23
TABLEAU 11 : LES FONCTIONS ET CARACTERISTIQUES DES ELEMENTS DE L'INSTALLATION 28
TABLEAU 12 : LES POTENTIELS DE DANGERS LIES AU FONCTIONNEMENT DE L'INSTALLATION 32
TABLEAU 13 : LES AGRESSIONS EXTERNES LIEES AUX ACTIVITES HUMAINES (INERIS) 38
TABLEAU 14 : LES AGRESSIONS EXTERNES LIEES AUX PHENOMENES NATURELS 38
TABLEAU 15 : LES SCENARIOS GENERIQUES D'ACCIDENTS POSSIBLES 39
TABLEAU 16 : LES FONCTIONS DE SECURITE DE L'INSTALLATION 46
TABLEAU 17 : LES CATEGORIES DE SCENARIOS EXCLUS 46
TABLEAU 18 : LES NIVEAUX DE GRAVITE 48
TABLEAU 19 : LES NIVEAUX DE PROBABILITE 48
TABLEAU 20 : L'EVALUATION DE L'INTENSITE POUR LE RISQUE D'EFFONDREMENT DES EOLIENNES 50
TABLEAU 21 : L'EVALUATION DE LA GRAVITE POUR LE RISQUE D'EFFONDREMENT D'UNE EOLIENNE 51
TABLEAU 22 : L'EVALUATION DE L'INTENSITE DU RISQUE DE CHUTE DE GLACE 53
TABLEAU 23 : L'EVALUATION DE LA GRAVITE DU RISQUE DE CHUTE DE GLACE 54
TABLEAU 24 : L'EVALUATION DE L'INTENSITE DU RISQUE DE CHUTE D'ELEMENTS DE L'EOLIENNE 55
TABLEAU 25 : L'EVALUATION DE LA GRAVITE DU RISQUE DE CHUTE D'ELEMENTS DE L'EOLIENNE 56
TABLEAU 26 : L'EVALUATION DE L'INTENSITE DU RISQUE DE PROJECTION DE PALE OU DE FRAGMENT DE PALE 58
TABLEAU 27 : L'EVALUATION DE LA GRAVITE DU RISQUE DE PROJECTION DE PALE OU DE FRAGMENT DE PALE 58
TABLEAU 28 : L'EVALUATION DE L'INTENSITE DU RISQUE DE PROJECTION DE MORCEAUX DE GLACE POUR LES EOLIENNES 60
TABLEAU 29 : L'EVALUATION DE LA GRAVITE DU RISQUE DE PROJECTION DE MORCEAUX DE GLACE 61
TABLEAU 30 : LA SYNTHESE DE L'EVALUATION DES RISQUES ETUDIES 63
TABLEAU 31 : LES MESURES DE MAITRISE DU RISQUE DE CHUTE DE GLACE 69
TABLEAU 32 : LES MESURES DE MAITRISE DU RISQUE DE CHUTE D'ELEMENTS 69

I. PREAMBULE

I.1. LES OBJECTIFS DE L'ETUDE DE DANGERS

La présente étude de dangers a pour objet de rendre compte de l'examen effectué par la société « parc éolien Butte Noire SAS » pour caractériser, analyser, évaluer, prévenir et réduire les risques du projet de parc éolien Butte Noire SAS situé sur la commune de Jans.

Elle vise à s'assurer que le parc éolien est technologiquement réalisable et analyse les causes des risques qu'ils 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 6 éoliennes du parc éolien de la Butte Noire. Le choix de la méthode d'analyse utilisée et la justification des mesures de prévention, de protection et d'intervention sont adaptés à la nature et la complexité des installations et de leurs risques.

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

Ce document a été réalisé à partir du modèle d'étude de dangers spécifique aux installations éoliennes validé par la Direction Générale de la Prévention des Risques (DGPR) en mai 2012.

I.2. LE CONTEXTE LEGISLATIF ET REGLEMENTAIRE

Les objectifs et le contenu de l'étude de dangers sont définis dans la partie du code de l'environnement relative aux installations classées.

L'article D181-15-2 définit le contenu du dossier de demande d'autorisation environnementale. Parmi ces éléments à fournir dans le cadre de l'autorisation environnementale, l'article L181-25 définit l'étude de dangers :

« *Le demandeur fournit une étude de dangers qui 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.*

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. »

D'une manière générale, d'après http://www.installationsclassees.developpement-durable.gouv.fr, toute étude de dangers doit s'appuyer sur une description suffisante des installations, de leur voisinage et de leur zone d'implantation.

Elle doit présenter les mesures organisationnelles et techniques de maîtrise des risques et expliciter, s'ils sont pertinents, un certain nombre de points clés fondés sur une démarche d'analyse des risques :

- Identification et caractérisation des potentiels de dangers ;
- Description de l'environnement et du voisinage ;
- Réduction des potentiels de dangers ;
- Présentation de l'organisation de la sécurité ;
- Estimation des conséquences de la concrétisation des dangers ;
- Accidents et incidents survenus (accidentologie) ;
- Évaluation préliminaire des risques ;
- Étude détaillée de réduction des risques ;
- Quantification et hiérarchisation des différents scénarios en termes de gravité, de probabilité et de cinétique de développement en tenant compte de l'efficacité des mesures de prévention et de protection ;
- Évolutions et mesures d'amélioration proposées par l'exploitant ;
- Résumé non technique de l'étude de dangers – Représentation cartographique.

Plus précisément, l'article D181-15-2, définit le contenu de l'étude de dangers selon le principe de proportionnalité :

« III. *L'étude de dangers justifie que le projet permet d'atteindre, dans des conditions économiquement acceptables, un niveau de risque aussi bas que possible, compte tenu de l'état des connaissances et des pratiques et de la vulnérabilité de l'environnement de l'installation.*

« *Le contenu de l'étude de dangers doit être en relation avec l'importance des risques engendrés par l'installation, compte tenu de son environnement et de la vulnérabilité des intérêts mentionnés à l'article L. 181-3.*

« *Cette étude précise, notamment, la nature et l'organisation des moyens de secours dont le pétitionnaire dispose ou dont il s'est assuré le concours en vue de combattre les effets d'un éventuel sinistre. Dans le cas des installations figurant sur la liste prévue à l'article L. 515-8, le pétitionnaire doit fournir les éléments indispensables pour l'élaboration par les autorités publiques d'un plan particulier d'intervention.*

« *L'étude comporte, notamment, un résumé non technique explicitant la probabilité et la cinétique des accidents potentiels, ainsi qu'une cartographie agrégée par type d'effet des zones de risques significatifs.*

« Le ministre chargé des installations classées peut préciser les critères techniques et méthodologiques à prendre en compte pour l'établissement de l'étude de dangers, par arrêté pris dans les formes prévues à l'article L. 512-5.

« *Pour certaines catégories d'installations impliquant l'utilisation, la fabrication ou le stockage de substances dangereuses, le ministre chargé des installations classées peut préciser, par arrêté pris en application de l'article L. 512-5, le contenu de l'étude de dangers portant, notamment, sur les mesures d'organisation et de gestion propres à réduire la probabilité et les effets d'un accident majeur*. »

En cohérence avec cette réglementation et dans le but d'adopter une démarche proportionnée, l'évaluation des accidents majeurs dans l'étude de dangers d'un parc d'aérogénérateurs s'intéressera prioritairement aux dommages sur les personnes. Pour les parcs éoliens, les atteintes à l'environnement, l'impact sur le fonctionnement des radars et les problématiques liées à la circulation aérienne feront l'objet d'une évaluation détaillée au sein de l'étude d'impact.

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

I.3. LA NOMENCLATURE DES INSTALLATIONS CLASSEES

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

Tableau 1 : la nomenclature ICPE d'un parc éolien

N°	DÉSIGNATION DE LA RUBRIQUE	A, E, D, S, C[1]	RAYON[2]
2980	Installation terrestre de production d'électricité à partir de l'énergie mécanique du vent et regroupant un ou plusieurs aérogénérateurs :		
	1. Comprenant au moins un aérogénérateur dont le mât a une hauteur supérieure ou égale à 50 m	A	6
	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	A	6
	b) Inférieure à 20 MW	D	

Le parc éolien de la Butte Noire comprend au moins un aérogénérateur dont le mât a une hauteur supérieure ou égale à 50 m. Cette installation est donc soumise à autorisation (A) au titre des installations classées pour la protection de l'environnement et doit présenter une étude de dangers au sein de sa demande d'autorisation environnementale.

I.4. LA DEMARCHE GENERALE DE L'ETUDE DE DANGERS

Le graphique ci-dessous synthétise les différentes étapes et les objectifs de l'étude de dangers :

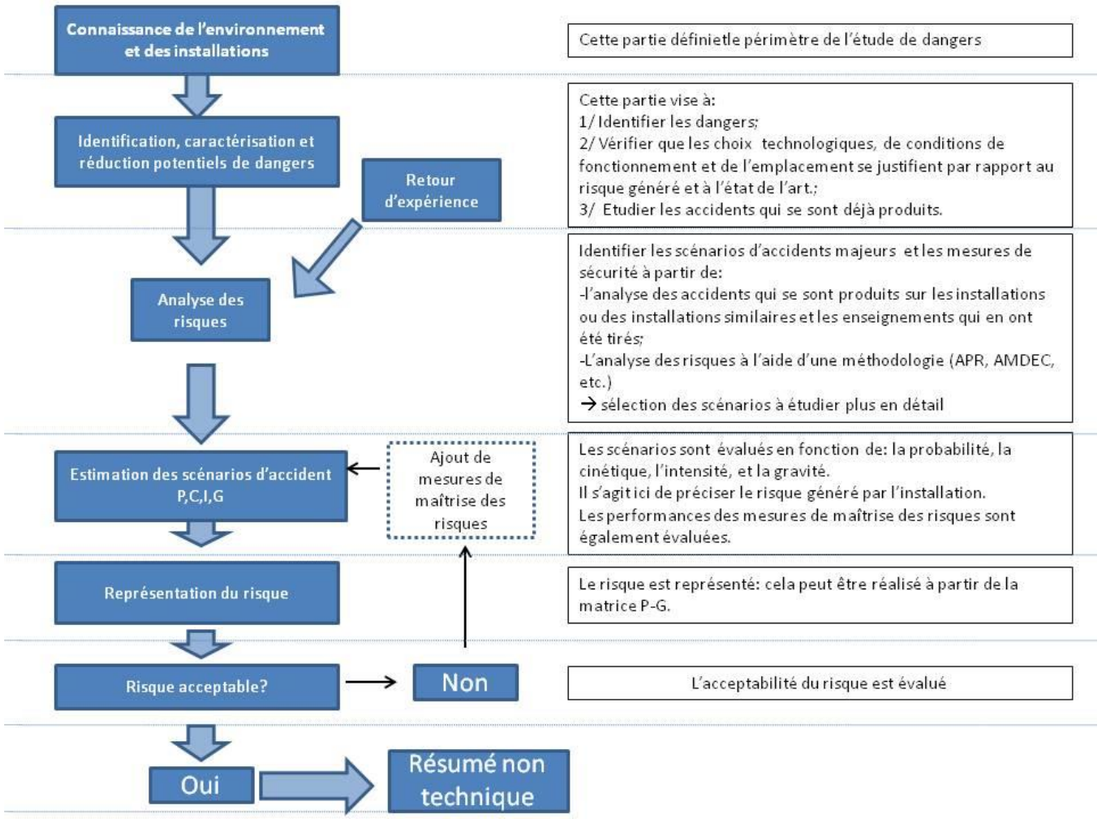


Figure 1 : la démarche générale de l'étude de dangers

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

[2] Rayon d'affichage en kilomètres.

II. LES INFORMATIONS GENERALES CONCERNANT L'INSTALLATION

II.1. LES RENSEIGNEMENTS ADMINISTRATIFS

II.1.1. LE DEMANDEUR

Le projet éolien de la Butte Noire a été développé par la société P&T Technologie, spécialisée dans la conception de parcs éoliens.

Le demandeur (et maître d'ouvrage du projet) est une société de projet dénommée Parc éolien Butte Noire SAS créée spécifiquement pour la construction et l'exploitation de l'installation.

Société :	PARC EOLIEN BUTTE NOIRE SAS
Dénomination/raison sociale	PARC EOLIEN BUTTE NOIRE
Forme juridique :	SAS (Société par Actions Simplifiée)
Siège social :	Rue du Pré Long, Val d'Orson, 35770 Vern-sur-Seiche
Qualité du signataire de la demande	H.Robert CONRAD
Capital social :	10 000 €
RCS :	827 860 800 R.C.S
Téléphone :	+33 2 99 36 77 40
Nature de l'activité :	Exploitation d'une ou plusieurs éoliennes, la production et la vente d'électricité, la participation de la société, par tous moyens, directement ou indirectement dans toutes les opérations pouvant se rattacher à son objet.

LE PORTEUR DU PROJET (COORDINATION GLOBALE ET CONCEPTION DU PROJET)

P&T Technologie

Christophe BIGER

Chargé de projet éolien

Rue du Pré Long, Val d'Orson,

35770 Vern-sur-Seiche

Tél : 02 99 36 05 18

LE REDACTEUR DU DOSSIER DE DEMANDE D'AUTORISATION ENVIRONNEMENTALE

AEPE-GINGKO

Annabelle FERNIQUE

Chargée d'étude en environnement

7, rue de la Vilaine

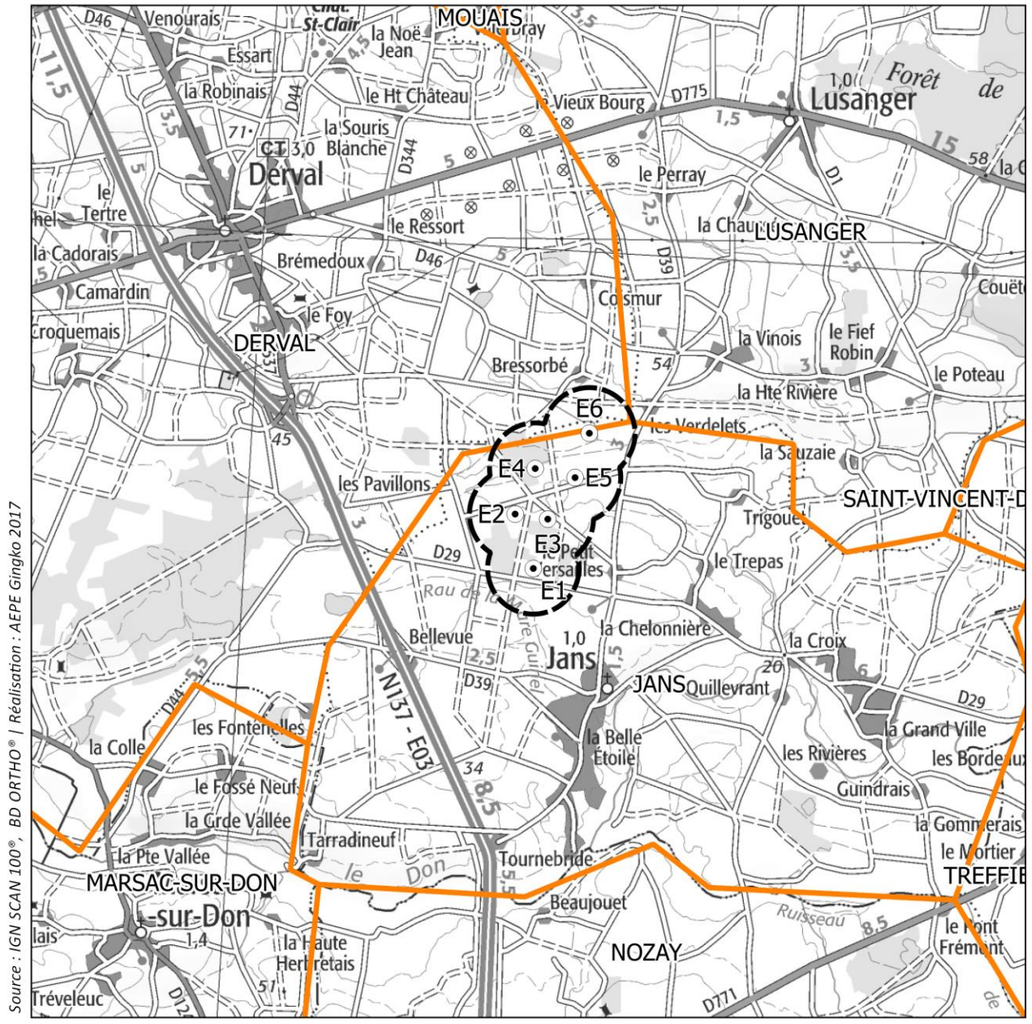
Saint Mathurin-sur-Loire

49 250 LOIRE AUTHION

Tél : 02 41 68 06 95

II.2. LA LOCALISATION DU SITE

Les installations du projet éolien de la Butte Noire sont localisées en partie nord-ouest de la commune de Jans dans le département de Loire-Atlantique (44).



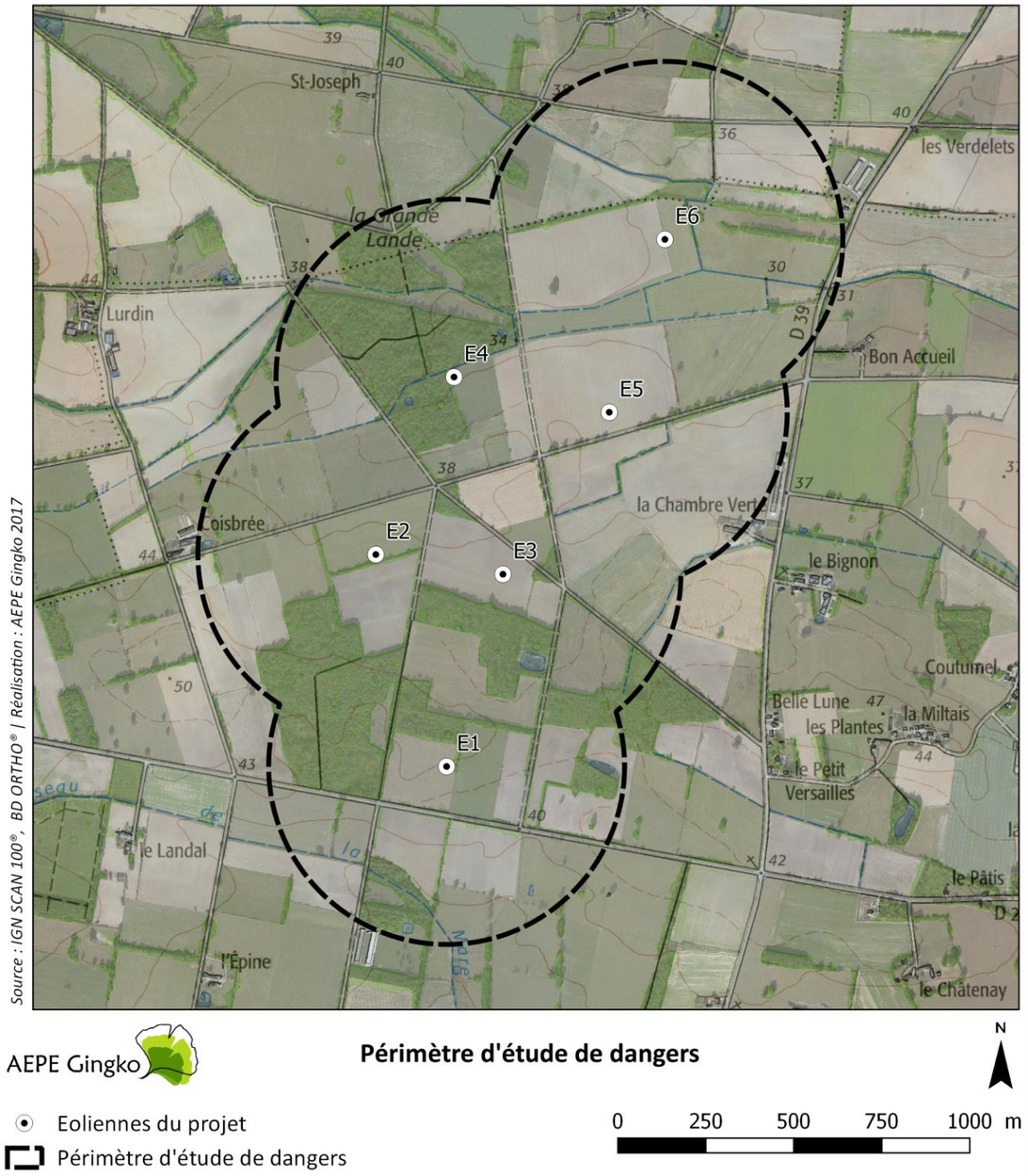
Carte 1 : la localisation des installations du projet

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

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

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

La zone d'étude n'intègre pas les environs des postes de livraison. 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.



Carte 2 : le périmètre de l'étude de dangers

Ce périmètre concerne les communes de Jans, le sud de Derval et la limite communale sud-ouest de Lusanger.

III. LA DESCRIPTION DE L'ENVIRONNEMENT DE L'INSTALLATION

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

III.1. L'ENVIRONNEMENT NATUREL

III.1.1. LE CONTEXTE CLIMATIQUE

III.1.1.1. LES TEMPERATURES

Du fait de l'influence océanique, les températures sont relativement modérées. La moyenne annuelle est de 12,5 °C. L'hiver est assez peu marqué avec un minimum moyen de 6,4°C, en janvier et l'été est doux avec un maximum moyen de 19,6°C pour les mois de juillet et août.

Période	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	An
Température minimale	3,1	2,9	4,8	6,4	9,9	12,6	14,4	14,2	11,9	9,4	5,7	3,4	8,2
Température maximale	9,0	9,9	13,0	15,5	19,2	22,7	24,8	25,0	22,1	17,5	12,4	9,3	16,7
Température moyenne	6,1	6,4	8,9	11,0	14,6	17,7	19,6	19,6	17,0	13,5	9,1	6,4	12,5

Tableau 2 : moyenne des températures mensuelles en °C entre 1981 et 2010 (Météo France)

III.1.1.2. LES PRECIPITATIONS

Le site d'étude est régi par le climat tempéré-océanique de la façade atlantique française.

La normale des précipitations dans le département de Loire-Atlantique et de l'ordre de 820 mm par an (Nantes), et sont plutôt régulières sur toute l'année

Période	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Précipitations (mm)	86,4	69	60,9	61,4	66,2	43,4	45,9	44,1	62,9	92,8	89,7	96,8

Tableau 3 : moyenne des précipitations mensuelles entre 1981 et 2010 (Météo France)

III.1.1.3. L'ENSOLEILLEMENT

La durée annuelle d'ensoleillement varie en France métropolitaine entre 1 500 et 2 900 h. Le site d'étude dispose d'un ensoleillement d'environ 1 800 h par an ce qui le place dans la fourchette basse à l'échelle du territoire français.

Période	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Ensoleillement (h)	73,2	97,3	141,3	169,8	189,0	206,5	213,7	226,8	193,8	118,2	85,8	76,1

Tableau 4 : moyenne d'ensoleillement mensuel entre 1981 et 2010 (Météo France)

III.1.1.4. LES JOURS DE GEL

La zone d'étude se situe dans un climat tempéré océanique aux hivers doux, la masse de l'océan atlantique proche induit un nombre de jour de gel relativement limité. Les fortes gelées (température inférieure à 5°C) sont recensées moins de 4 jours par an en moyenne. Elles se concentrent particulièrement sur les mois de décembre, janvier et février.

Période	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Année
Gelée (Tn<=0°C)	9	7.6	5.3	1.1	0	0	0	0	0	0.1	4.1	7.9	**35.1**
Forte Gelée (Tn<=-5°C)	1.7	0.8	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0.1	0.9	**3.6**

Tableau 5 : les moyennes mensuelles de jours de gelées recensés entre 1981 et 2010 (Météo France)

III.1.1.5. LES ORAGES

La Loire-Atlantique est un département qui offre une des moins importantes densités de foudroiement du territoire français (<0,5 impacts /km²/an), avec une moyenne de l'ordre de 0,3 impacts de foudre au sol par km² et par an, ce qui est négligeable par rapport à la moyenne nationale.

III.1.1.6. LES VENTS

Les Pays de la Loire disposent de manière générale d'un des gisements éoliens les plus importants à l'échelle française et européenne. Les vents sont présents toute l'année et donc très favorables à l'exploitation éolienne.

D'après les données de vent mesurées à Nantes, les vents dominants sont orientés Ouest-Sud-Ouest /Est-Nord-Est. D'après les données de mesures de vent issues du mât de mesure pour le parc éolien existant de Sion-les-Mines, les vents les plus fréquents proviennent essentiellement du sud-ouest.

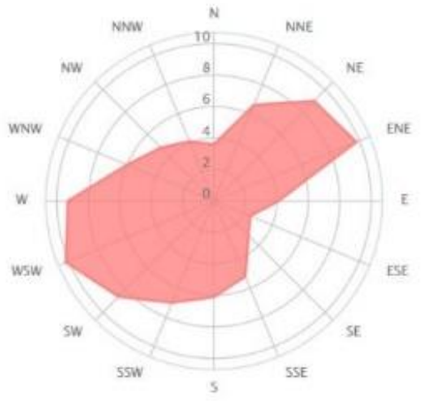


Figure 2 : la rose des vents à proximité du site, station de Nantes

III.1.1.7. LES TORNADES ET TEMPETES

La Loire-Atlantique est située dans un secteur où la fréquence des tornades est supérieure à la moyenne nationale (régions qui s'étirent du Poitou-Charentes, des Pays-de-la-Loire et de la Bretagne jusqu'à la Normandie et au Nord - Pas de Calais).

Ces régions conjuguent des reliefs très peu marqués, des situations orageuses en toutes saisons, et une exposition privilégiée aux flux perturbés, toutes choses qui permettent de réunir plus souvent qu'ailleurs les ingrédients nécessaires à la formation des tornades.

Les communes de Jans, Derval et Lusanger, ainsi que l'ensemble des communes du département de Loire-Atlantique (44), sont répertoriées comme étant exposées au risque de tempête. Les communes les plus exposées étant celles situées sur la façade atlantique.

III.1.2. LES RISQUES NATURELS

III.1.2.1. LES ARRETES DE RECONNAISSANCE DE CATASTROPHE NATURELLE

Sur la commune de Jans, quatre arrêtés de catastrophe naturelle sont recensés. Ils concernent des évènements de type inondations et coulées de boue dont le dernier remonte à 1999.

Sur les communes alentours (Derval et Lusanger), six évènements de ce type sont intervenus dont le dernier « inondations et coulées de boue » en décembre 2013 à Derval.

Tableau 6 : les arrêtés de catastrophes naturelles

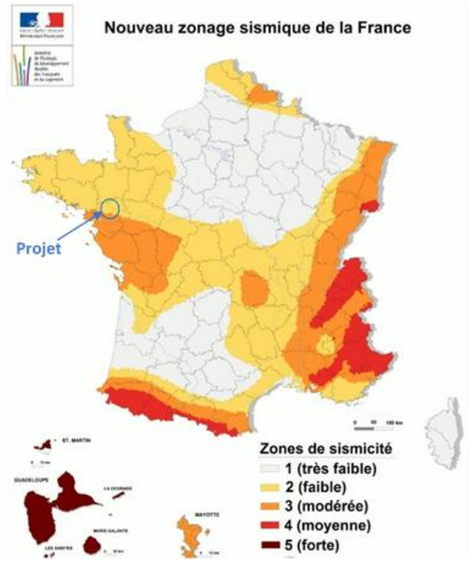
Type de catastrophe	Commune	Nombre d'occurrences	Date de la catastrophe
Inondations et coulées de boue	**Jans**	3	- du 10/01/1993 au 13/01/1993 - du 17/01/1995 au 05/02/1995 -le 05/01/2001
	Derval	2	- le 16/08/1997 - du 23/12/2013 au 25/12/2013
Inondations, coulées de boue et mouvements de terrain	**Jans**	1	-Du 25/12/1999 au 29/12/1999
	Derval	1	-Du 25/12/1999 au 29/12/1999
	Lusanger	1	-Du 25/12/1999 au 29/12/1999
Inondations par remontées de nappe phréatique	Derval	1	Du 19/01/1995 au 08/02/1995
Mouvements de terrain différentiels consécutifs à la sécheresse et à la réhydratation des sols	Lusanger	1	Du 01/07/2003 au 30/09/2003

Les principaux risques naturels répertoriés concernés par le périmètre d'étude immédiat sont donc liés à des inondations, coulées de boue et mouvements de terrain.

Le phénomène de tempête, assez présent sur la façade ouest de la France, est quant à lui susceptible de jouer sur une installation éolienne. Il devra donc être pris en considération dans le choix des éoliennes et de leur méthode d'ancrage au sol.

III.1.2.2. LA SISMICITE

La commune de Jans est localisée dans une zone de sismicité faible.



Carte 3 : le zonage sismique en vigueur

L'arrêté du 15 septembre 2014 modifiant l'arrêté du 22 octobre 2010 définit chaque catégorie de bâtiment. Parmi les modifications de cet arrêté, on peut noter que seuls « les bâtiments des centres de production collective d'énergie répondant au moins à l'un des trois critères suivants, quelle que soit leur capacité d'accueil feront l'objet d'une attestation :

- la production électrique est supérieure au seuil de 40 MW électrique ;
- la production thermique est supérieure au seuil de 20 MW thermique ;
- le débit d'injection dans le réseau de gaz est supérieur à 2 000 Nm3/ h. »

Le parc éolien ne dépasse pas une puissance électrique de 40 MW, il ne sera pas nécessaire d'insérer dans le dossier de demande de permis de construire, un document établi par un contrôleur technique, attestant qu'il a fait connaître au maître d'ouvrage son avis sur la prise en compte, au stade de la conception, des règles parasismiques et paracycloniques anciennement prévues par l'article L. 563-1 du code de l'environnement (article A431-10 et 431-16 du code de l'urbanisme). De même, il ne sera pas obligatoire d'établir une attestation à joindre à la déclaration d'achèvement des travaux (article 462-4 du code de l'urbanisme).

Les centres de production eux-mêmes, c'est-à-dire éoliennes, ne sont pas soumis à l'arrêté du 22 octobre 2010, qui ne concerne que les bâtiments. Les éoliennes dont la hauteur du mât et de la nacelle au-dessus du sol est supérieure ou égale à 12 mètres sont soumises au contrôle technique obligatoire en vertu de l'article R 111-38 du code de la construction et de l'habitation. C'est dans ce cadre que l'ensemble des contrôles relatifs aux aléas techniques susceptibles d'être rencontrés dans la réalisation des ouvrages est effectué.

III.1.2.3. LES RISQUES D'INONDATION ET LE RISQUE DE RUPTURE DE BARRAGE

D'après le dossier départemental des risques majeurs, la commune de Jans ne fait pas partie de la liste des communes concernées par un risque **important** d'inondation (TRI).

Néanmoins, les communes de Derval, Jans et Lusanger sont concernées par un atlas de zone inondable et un programme de prévention contre les inondations (PAPI VILAINE).

D'après l'atlas des zones inondables (AZI) du Don, les zones inondables sont répertoriées en dehors du secteur du projet.

III.1.2.4. LES RISQUES LIES AUX CAVITES ET MINES

D'après les données du BRGM (georisques.gouv.fr), aucune cavité n'est recensée sur la commune de Jans. Aucun enjeu lié à ce risque n'est donc répertorié sur le périmètre d'étude immédiat du projet.

III.1.2.5. LES RISQUES DE MOUVEMENTS DE TERRAIN

Le dossier départemental des risques majeurs recense les communes soumises à un risque de mouvement de terrain. La commune de Jans n'est pas soumise à ce risque.

Les mouvements de terrain connus sont recensés sur le site du BRGM (http://www.georisques.gouv.fr/). Aucun mouvement de terrain n'est recensé sur la commune de Jans.

III.1.2.6. LES RISQUES LIES AUX FEUX DE FORET ET DE CULTURES

D'après prim.net, et le DDRM 44, la commune de Jans n'est concernée par aucun risque lié au feu de forêt.

Le secteur d'étude est composé de petits boisements et de parcelles agricoles souvent bordées de haies bocagères. Les structures arborées du périmètre immédiat sont connectées par le réseau dense de haies au bois d'Indre, situé à 2 km à l'ouest du périmètre immédiat.

Le risque d'expansion d'un incendie de la forêt en direction du périmètre immédiat peut toutefois être considéré comme faible.

III.1.2.7. L'ALEA RETRAIT/GONFLEMENT D'ARGILE

D'après www.argiles.fr, les risques sur le périmètre d'étude de dangers sont considérés comme nuls à faibles. Cela n'impose donc pas de précautions particulières pour la conception d'ouvrages éoliens.

- 5 éoliennes sur les 6 éoliennes du projet sont en secteur d'aléa faible (hachures Cf. carte 5 ci-après.).
- L'éolienne E1 est en secteur d'aléa nul. Cela ne présente donc pas de risque particulier pour le projet.

III.1.2.8. LE RISQUE DE REMONTEES DE NAPPE

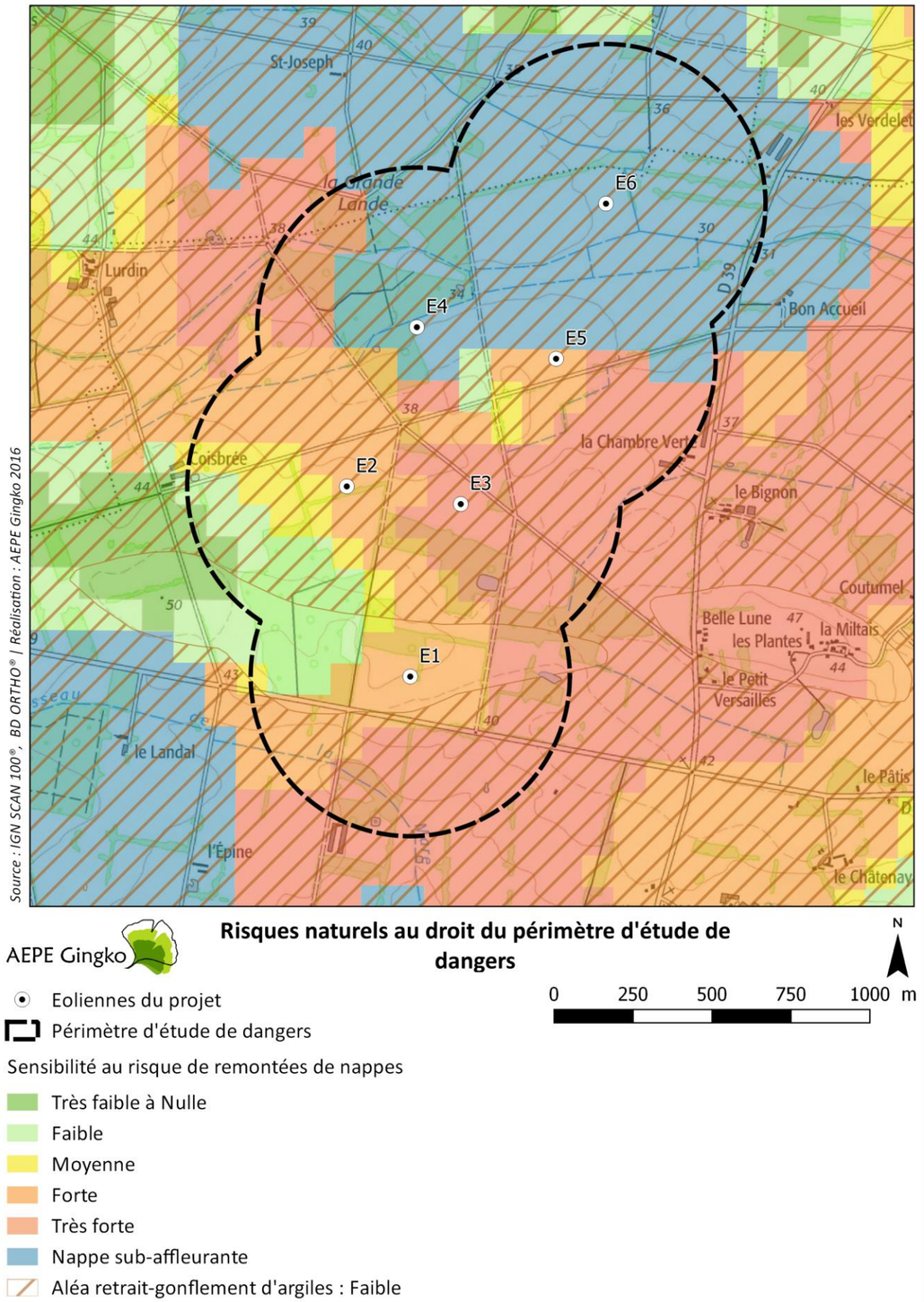
D'après les données du BRGM http://www.inondationsnappe.fr, le site d'étude est situé dans un secteur concerné par des risques de remontées de nappes contenues dans les roches dures du socle.

Comme le montre la carte 5 ci-après :

- 2 éoliennes E4 et E6 sont en zonage à risque de nappe affleurante (en bleu) ;
- 1 éolienne E3 est en zonage à risque très fort de remontées de nappe (en orange foncé)
- 3 éoliennes E1, E2 et E5 sont en zonage à risque fort de remontées de nappe (en orange)

Aucune donnée ne permet de s'assurer de la profondeur du toit de la nappe au droit du projet.

Ce risque est pris en compte dans le cadre de l'élaboration du projet afin que l'installation résiste à la poussée d'Archimède et aux attaques de l'eau sur le béton. Cela ne présente donc pas de risque particulier pour le projet.



Carte 4: l'environnement lié aux risques naturels de l'aire d'étude de dangers

III.2. L'ENVIRONNEMENT MATERIEL

III.2.1. LES VOIES DE COMMUNICATION

III.2.1.1. LE TRANSPORT ROUTIER

Pour les axes routiers, conformément à l'annexe 1 (méthode de comptage des personnes pour la détermination de la gravité potentielle d'un accident à proximité d'une éolienne), une distinction a été établie entre :

- Les axes routiers structurants présentant un trafic supérieur ou égal à 2 000 véhicules par jour,
- Les axes routiers non structurants présentant un trafic inférieur à 2 000 véhicules par jour.

LES AXES STRUCTURANTS

Aucun axe structurant ne traverse le périmètre d'étude de dangers.

L'axe principal le plus proche est la RN 137 qui passe à plus de 1,7 km à l'ouest des éoliennes du projet.

LES AXES NON STRUCTURANTS

Le périmètre de l'étude de dangers comprend un réseau de liaisons locales et voies communales, servant à desservir les hameaux et fermes qui entourent le projet, ainsi que des chemins d'exploitation utilisés pour l'accès aux parcelles agricoles.

Les routes et chemins recensés au sein du périmètre d'étude de dangers représentent environ 10 km de voies. Ce sont des liaisons locales dont la vocation principale est la liaison entre les hameaux et la desserte agricole ».

La RD 29 traverse le sud du périmètre sur environ 965 m. Elle accueille un trafic journalier de l'ordre de 500 véhicules/jour.

Par leur faible trafic, ces voies sont considérées dans l'étude comme des « terrains aménagés mais peu fréquentés » (voies de communication non structurantes, chemins agricoles, …) conformément au guide de l'étude de dangers.

III.2.1.2. LE TRANSPORT FERROVIAIRE

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

III.2.1.3. LE TRANSPORT FLUVIAL

Aucun transport fluvial n'est recensé au sein ou aux abords immédiats du périmètre d'étude de dangers.

III.2.1.4. LE TRANSPORT AERIEN

La DGAC et l'aérodrome de La Dominelais ont été consultés, aucune prescription locale ne concerne le périmètre d'étude de dangers.

III.2.2. LES RESEAUX PUBLICS ET PRIVES

De la consultation des principaux services gestionnaires d'infrastructures ou de servitudes, il apparaît que le site d'implantation :

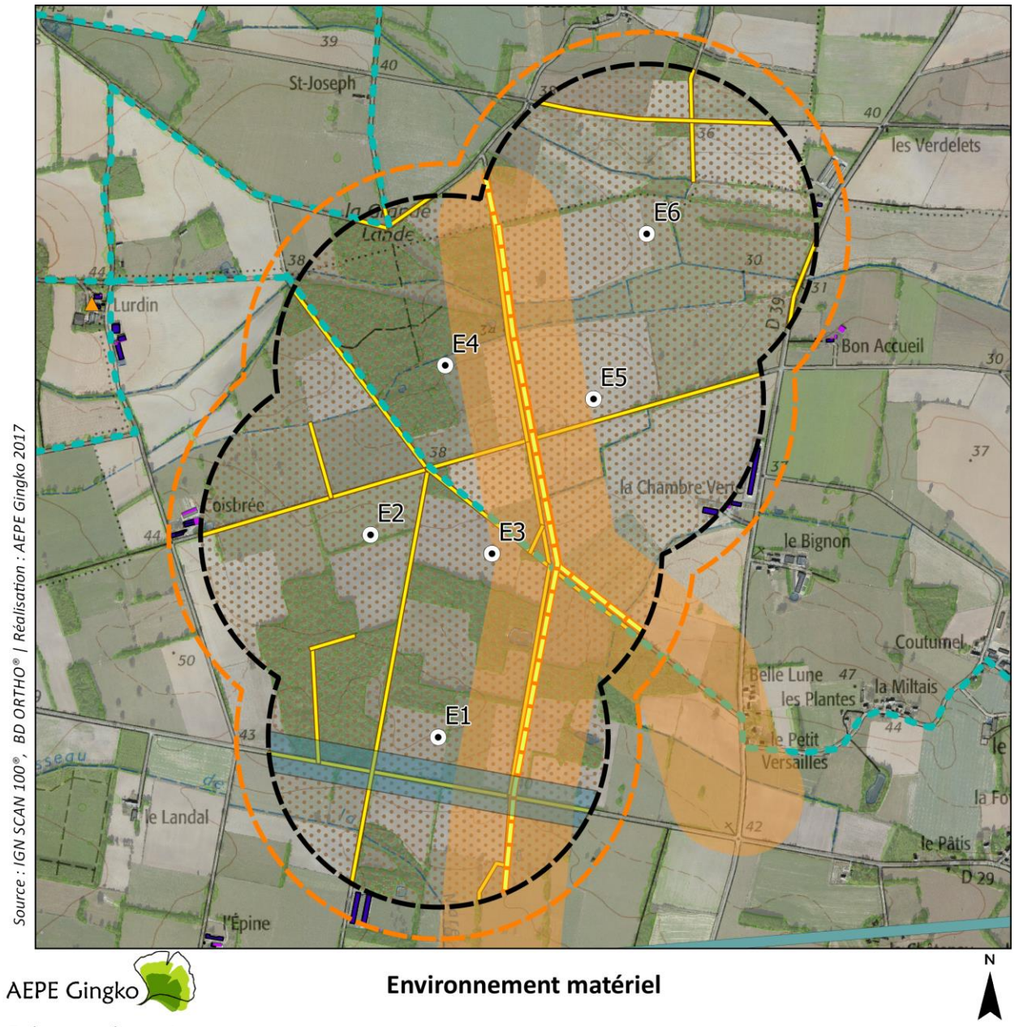
- se localise en dehors des servitudes aéronautiques ou radioélectriques de Météo France, de l'Aviation Civile, et de l'armée de l'air.
- n'a aucune servitude due à une installation classée ou site SEVESO pouvant induire des risques industriels ;
- n'est pas concerné par un périmètre de protection d'un captage destiné à l'alimentation en eau potable,
- n'est concerné par aucun ouvrage de transport d'électricité de haute ou très haute tension ;
- n'est pas concerné par des faisceaux hertziens ;

En revanche le périmètre est traversé par :

- un ouvrage de transport de gaz à haute pression dans le sens nord-sud. Cette canalisation entraine le classement de la commune de Jans comme comportant un risque lié au transport de matières dangereuses (TMD) du DDRM 44.

  Une distance de recul d'une hauteur de chute est respectée vis-à-vis de cette canalisation ;
- la RD 29 implique un recul d'une longueur de pale vis-à-vis de cet axe.

L'ensemble des prescriptions de recul ont été prises en compte pour le choix des implantations des éoliennes.



Carte 5 : l'environnement matériel de l'aire d'étude de dangers

III.3. L'ENVIRONNEMENT HUMAIN

III.3.1. LES ZONES URBANISEES

Le périmètre de l'étude de dangers s'inscrit sur les communes de Jans, Derval et Lusanger (en limite).

- La commune de Jans est régie par un Plan local d'urbanisme (PLU) approuvé le 25 novembre 2005 dont la seconde modification a été prescrite le 27 septembre 2013 ;
- La commune de Derval est régie par un Plan local d'urbanisme (PLU) approuvé le 30 novembre 2012 ;
- La commune de Lusanger est régie par un Plan local d'urbanisme (PLU) approuvé le 28 février 2008 ;

L'éloignement des éoliennes à plus de 500 m des zones urbanisables est respecté.

De même aucun bâtiment à usage d'habitation n'est recensé au sein du périmètre d'étude de dangers.

Tableau 7 : Données démographiques des communes du périmètre d'étude de dangers (INSEE)

	Population en 2013	Évolution de la population entre 2008 et 2013			Densité de population en 2013 (hab/km²)
		Taux annuel moyen	Solde naturel	Solde entrée/sortie	
Jans	1 264	+4,4	+1,3	+3,1	38,1
Lusanger	1 026	+0,2	+0,8	– 0,6	28,8
Derval	3 478	+2,9	+0,7	+2,2	54,8
LOIRE-ATLANTIQUE	1 328 620	+1,10	+0,5	+0,6	194,9

En 2013, la population légale recensée par l'INSEE sur la commune de Jans est de 1264 habitants. Jans est une commune rurale, sa densité d'habitants est faible (38 hab./km²). La commune de Lusanger a un profil sensiblement plus rural avec 1026 habitants.

Par sa situation en bordure de l'axe RN137, la commune de Derval, mitoyenne de la commune de Jans au nord, est plus densément peuplée, et compte une population de l'ordre de 3478 habitants.

Globalement les communes du secteur du projet sont des territoires dynamiques, dans le sens où leur population est croissante. En particulier Jans, qui connait un accroissement annuel de 4,4% depuis 2008, nettement au-dessus de la moyenne départementale. Les seuils migratoires et naturels sont positifs, traduisant l'arrivée de nouveaux habitants sur la commune.

À proximité de l'aire d'étude de dangers, plusieurs fermes ainsi que des maisons isolées sont recensées. Ce bâti, majoritairement d'origine agricole, traditionnel ou non, a pour vocation l'exploitation agricole. Certaines exploitations sont accompagnées d'habitations accueillant les exploitants agricoles et leur famille.

Une recherche des bâtiments présents autour du projet a été effectuée de manière précise dans un rayon de 600 m autour des éoliennes. (Cf : carte ci-après). Sont recensés le « bâti dur » qui concerne des habitations, fermes, et le « bâti léger » qui correspond à des bâtiments plus légers, de type hangars.

Toutes les éoliennes sont situées à plus de 500 m de toute habitation.

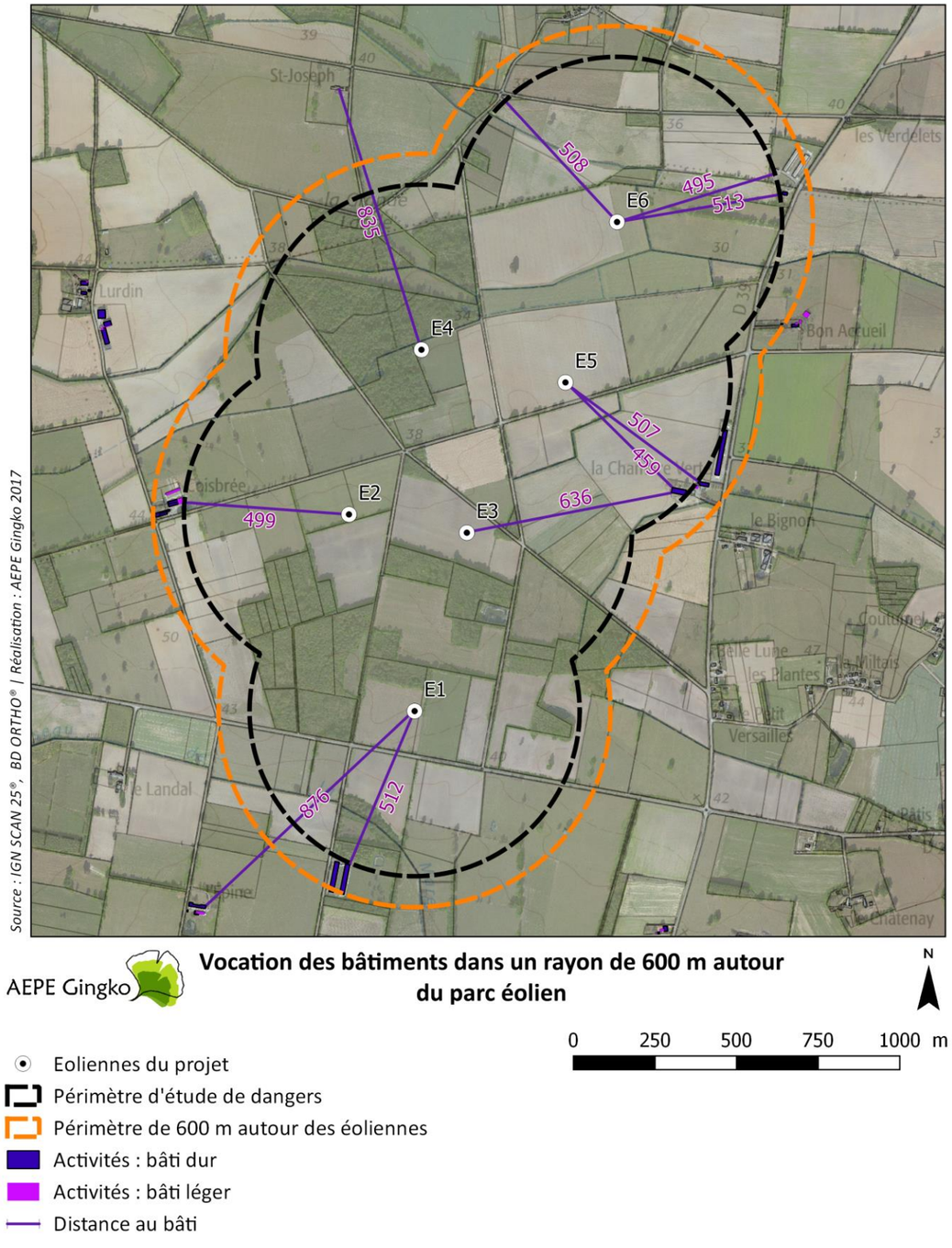
Certains bâtiments agricoles sont situés à moins de 500 m des éoliennes, ou en bordure des 500 m : le bâtiment au niveau du hameau de la chambre Verte et trois autres bâtiments en bordure du périmètre d'étude de dangers. Il s'agit des bâtiments d'élevage au sud de E1, et au niveau du hameau Coisbrée, et du hameau les Verdelets.

Tableau 8 : Distance des éoliennes au bâti le plus proche

Bâti le plus proche	Type de bâti	Commune	Éolienne la plus proche	Distance
Exploitation agricole (au sud)	Exploitation agricole	Jans	E1	512 m de l'exploitation
Coisbrée (à l'ouest)	Habitation Exploitation agricole	Jans	E2	558 m de l'habitation 499 m de l'exploitation
Les Verdelets (au nord est)	Exploitation agricole Habitation	Lusanger Jans	E6	495 m de l'exploitation 513 m de l'habitation
La chambre verte (à l'est)	Exploitation agricole Habitation	Jans	E5	459 m de l'exploitation 507 m de l'habitation

Quatre bâtiments sont pour partie recensés au sein du périmètre d'étude de dangers ou en bordure.

- un bâtiment d'élevage à l'est de l'éolienne E5 est situé à 459 m de cette éolienne. Dans l'étude détaillée des risques (suite de ce dossier), la fréquentation de ce bâtiment considérée est de 2 employés.
- Un bâtiment d'élevage à 499 m à l'ouest de l'éolienne E2, au hameau Coisbrée. Dans l'étude détaillée des risques (suite de ce dossier), la fréquentation de ce bâtiment considérée est de 2 employés.
- Un bâtiment d'élevage à 495 m au nord-est de l'éolienne E6, au hameau Les Verdelets. Dans l'étude détaillée des risques (suite de ce dossier), la fréquentation de ce bâtiment considérée est de 2 employés.
- Un bâtiment d'élevage au sud de E1, à légèrement plus de 500 m des éoliennes (512 m). Dans l'étude détaillée des risques (suite de ce dossier), la fréquentation de ce bâtiment considérée est de 2 employés.



Carte 6 : Les bâtiments et distances autour du projet

III.3.2. LES ETABLISSEMENTS RECEVANT DU PUBLIC (ERP)

Aucun établissement recevant du public n'est recensé dans la zone d'étude de dangers.

III.3.3. LES INSTALLATIONS CLASSEES POUR LA PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT (ICPE)

Aucun établissement SEVESO ni installation nucléaire de base (INB) n'est présent dans les limites de la zone d'étude de dangers.

Sur la commune de Jans plusieurs installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE) sont recensées.

L'ICPE la plus proche des éoliennes du projet est l'élevage de porcs SCEA Croquemais (hameau Lurdin) à environ 900 m au nord-ouest de l'éolienne E2.

À cette distance, les interactions de ces élevages avec le projet de parc éolien peuvent être considérées comme nulles. La fréquentation des trois parties de bâtiment agricoles sera prise en compte dans les différents scénarios développés dans l'étude de dangers.

Aucune installation classée pour la protection de l'environnement (ICPE) n'est recensée au sein du périmètre d'étude de dangers.

Cf. Carte 5, page 16

III.3.4. AUTRES ACTIVITES

Hormis l'agriculture, la zone d'étude de dangers n'accueille aucune autre activité qu'elle soit commerciale, ou industrielle.

Un cheminement de randonnée local (communes de Jans et Derval) traverse le périmètre d'étude de dangers. Cet itinéraire emprunte les chemins, et voies communales et compte une fréquentation inférieure au seuil de 100 personnes/j. Ces voies sont prises en compte en tant que terrains aménagés et peu fréquentés dans les calculs de comptage de personnes pour la détermination de la gravité potentielle.

Une canalisation de gaz traverse le site, elle n'implique pas la présence permanente de personnes sur le site. Les éoliennes ont été placées de façon à respecter une distance de recul d'une hauteur de chute d'éolienne vis-à-vis de la canalisation.

Cf. Carte 6, page 18

III.4. LA SYNTHESE DES ENJEUX

Le périmètre d'étude de dangers est quasiment exclusivement constitué de parcelles agricoles. Il est traversé par des chemins d'exploitation, des routes communales et la RD 29 qui supporte un trafic de l'ordre de 500 véhicules par jour.

La RN 137, qui passe à plus de 1,7 km à l'ouest est suffisamment distante des éoliennes du projet pour que les risques soient nuls.

Quatre bâtiments agricoles sont recensés au sein du périmètre d'étude de dangers au niveau des lieux-dits la Chambre verte, les Verdelets, Coisbrée et la ferme au sud de E1.

Ainsi, trois types de terrains composent la zone d'étude de dangers :

- Les parcelles agricoles correspondent à des « terrains non aménagés et très peu fréquentés ». Les éléments fournis par la fiche n°1 de la circulaire du 10 mai 2010 relative aux règles méthodologiques applicables aux études de dangers permettent d'estimer la fréquentation à 1 personne par tranche de 100 ha.
- Les routes départementales, les voies communales, les chemins d'exploitation, et les chemins de randonnée peu fréquentés, correspondent à des voies de communication non structurantes concernées par la rubrique « terrains aménagés mais peu fréquentés ». Les éléments fournis par la fiche n°1 de la circulaire du 10 mai 2010 relative aux règles méthodologiques applicables aux études de dangers permettent d'estimer la fréquentation à 1 personne par tranche de 10 ha.
- Quatre bâtiments d'élevage présent au sein ou en bordure du périmètre : la fréquentation considérée de chaque bâtiment est de 2 employés.

De la consultation des principaux services gestionnaires d'infrastructures ou de servitudes, il apparaît que :

- Le périmètre d'étude de dangers est situé en dehors de toute servitude aérienne contraignante pour le projet. (Armée de l'air, DGAC) ;
- Le périmètre d'étude de dangers est en dehors de toute servitude liée aux radars Météofrance
- Aucun faisceau hertzien ne grève la zone d'étude (gendarmerie, Opérateurs télécoms…)
- Aucune ligne électrique THT aérienne n'est recensée au sein du périmètre d'étude de dangers
- Aucune canalisation de transport d'hydrocarbures n'est répertoriée sur le secteur ;
- Aucune conduite d'eau potable n'est recensée dans ce périmètre ;
- Le périmètre d'étude de dangers est situé en dehors de tout périmètre de protection de captage d'eau potable.
- Une canalisation de transport de gaz est répertoriée sur le périmètre d'étude de dangers. Un recul d'une hauteur de chute d'éolienne a été appliqué ;
- Un recul d'une longueur de pale vis-à-vis de la RD 29 est à respecter ;

Afin d'éviter ou de limiter les risques de dangers, dès les études d'implantation des aérogénérateurs, le maître d'ouvrage a pris les dispositions suivantes :

- Éloignement à plus de 500 m de tout bâtiment à usage d'habitation ;
- Éloignement des éoliennes à plus d'une hauteur totale d'éolienne de la canalisation de Gaz ;
- Distances de recul respectées d'une pale d'éolienne vis-à-vis de la RD 29 ;
- Prise en compte du risque de remontées de nappes dans le dimensionnement des fondations.

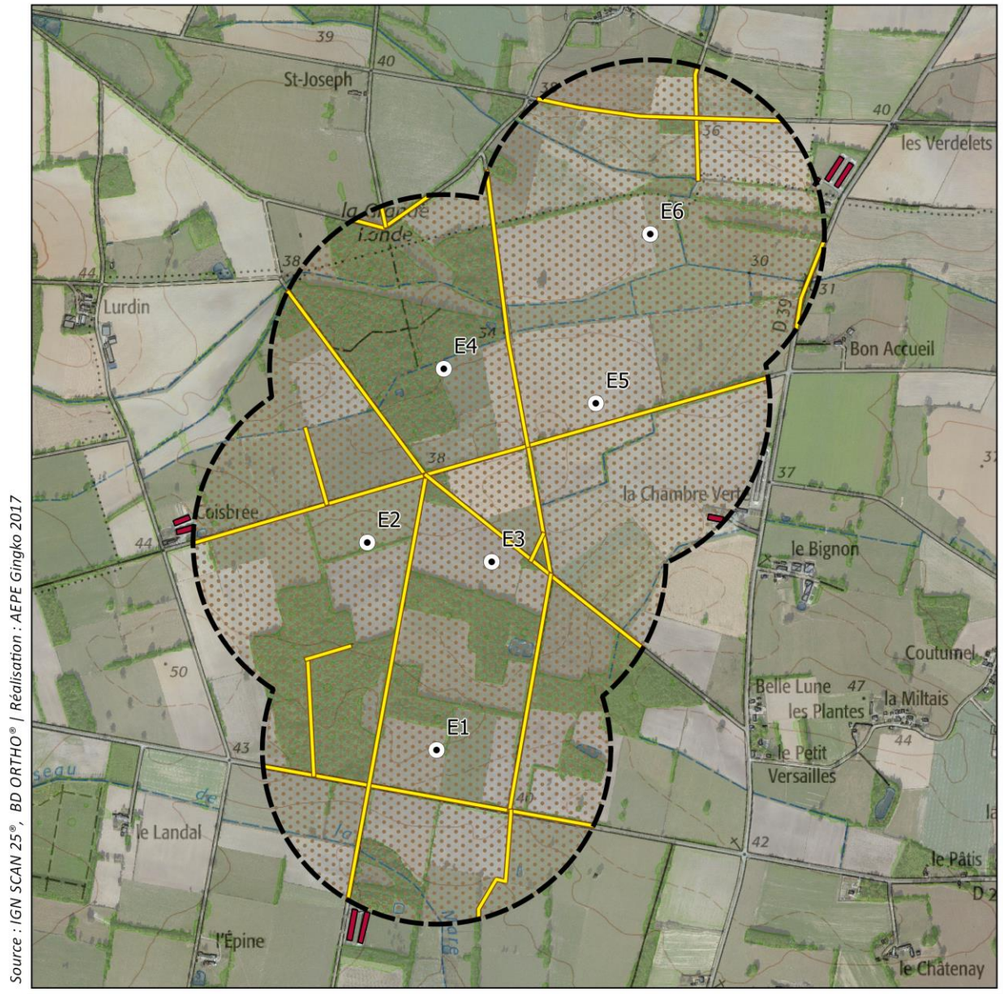
Par ailleurs, conformément au guide de l'étude de dangers, il a été tenu compte des distances de reculs aux infrastructures suivantes (distances à partir de laquelle l'activité considérée ne constitue plus un agresseur potentiel) :

- L'absence de voies de circulation (trafic >2000 vh/jour) à moins de 200 m du projet ;
- L'absence de réseau de transport d'électricité à haute tension à moins de 200 m du projet ;
- L'absence de réseau de transport de pétrole à moins de 200 m des éoliennes ;
- L'absence de captage d'eau potable ou périmètre de protection associé à un captage sur le périmètre d'étude de dangers ;
- L'absence d'aérodrome à moins de 2000 m des éoliennes ;
- L'absence d'autres aérogénérateurs dans un rayon de 500 m autour des éoliennes ;

Par rapport à la canalisation de Gaz présente sur le périmètre, des engagements sont pris par le demandeur pour la garantie de la qualité de conception, de construction, et d'exploitation des éoliennes (plan de maintenance périodique, et engagement de prise en charge financière, en cas de chute de l'éolienne, de l'inspection et la réparation éventuelle des ouvrages).

La carte ci-après présente les types de terrains recensés à l'intérieur du périmètre d'étude de dangers. Le nombre de personnes permanentes concernées est estimé dans la suite de l'étude ; en fonction de ces types de terrains.

Les réseaux de Gaz n'accueillant pas de personnes supplémentaires, ne figurent pas sur la carte ci-après.



Carte 7 : les types de terrain de l'aire d'étude de dangers

IV. LA 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.

IV.1. LES CARACTERISTIQUES DE L'INSTALLATION

L'activité principale du parc éolien de la Butte Noire est la production d'électricité à partir de l'énergie mécanique du vent.

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

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

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

Éventuellement des éléments annexes type mât de mesure de vent, aire d'accueil du public, aire de stationnement, etc.

IV.1.2. LES ELEMENTS CONSTITUTIFS D'UN AEROGENERATEUR

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

Les aérogénérateurs se composent de trois principaux éléments :

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

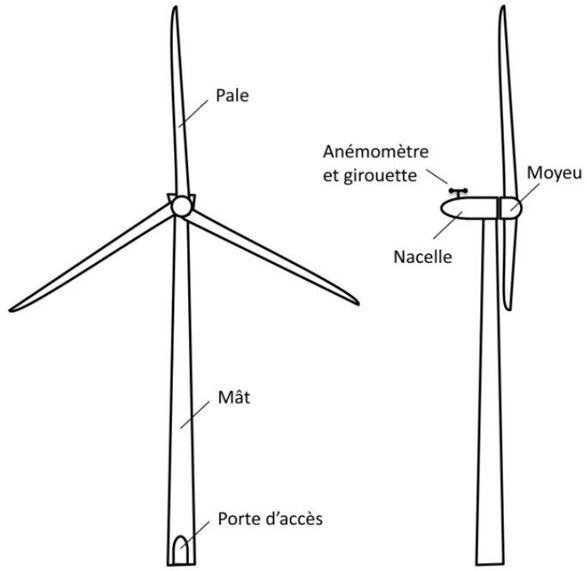


Figure 3 : le schéma simplifié d'un aérogénérateur

IV.1.2.1. L'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.

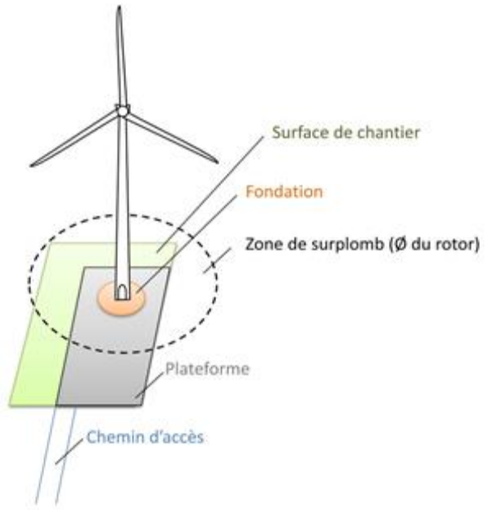


Figure 4 : l'illustration des emprises au sol d'une éolienne

IV.1.2.2. LES CHEMINS D'ACCES

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

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

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

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

IV.1.3. LA COMPOSITION DE L'INSTALLATION

Le parc éolien de la Butte Noire est composé de 6 éoliennes et de deux postes de livraison. Chaque aérogénérateur aura une hauteur de moyeu de 122 m maximum (soit une hauteur de mât de 120 m maximum au sens de la réglementation ICPE) et un diamètre de rotor maximal de 117 m, et une hauteur totale maximale en bout de pale de 180 m.

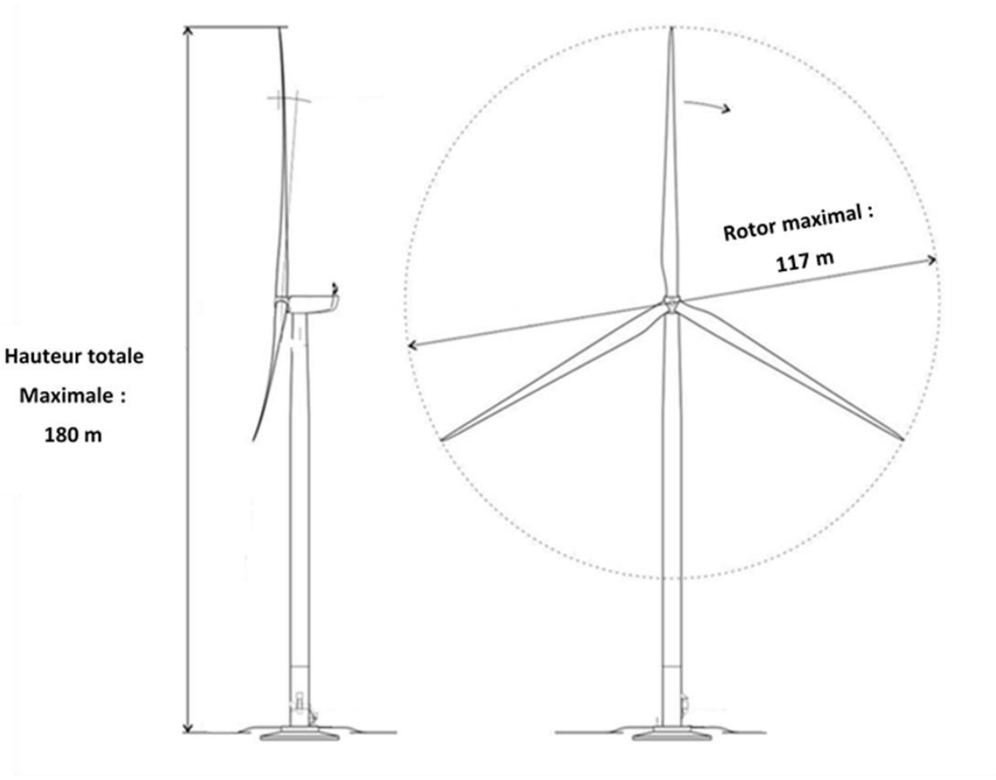


Figure 5 : les dimensions maximales du gabarit d'éolienne envisagé

Le tableau suivant indique les coordonnées géographiques des aérogénérateurs.

Tableau 9 : Les coordonnées GPS et côtes NGF des éoliennes

Éolienne	Coordonnées Projection Lambert 93		Coordonnées WGS 84		Côte au sol	Côte maximum des éoliennes
	E (m)	N (m)	Lat	Long	m NGF	m NGF
E1	352963	6736220	1°37'26.5811" O	47°38'5.5896" N	43	223
E2	352762	6736822	1°37'37.8908" O	47°38'24.6815" N	40	220
E3	353123	6736766	1°37'20.4550" O	47°38'23.5550" N	40	220
E4	352984	6737326	1°37'28.6795" O	47°38'41.4060" N	35	215
E5	353425	6737226	1°37'7.2898" O	47°38'39.0073" N	36	216
E6	353583	6737717	1°37'1.1028" O	47°38'55.1893" N	32	212

Les éoliennes seront accompagnées des aménagements décrits dans le tableau suivant.

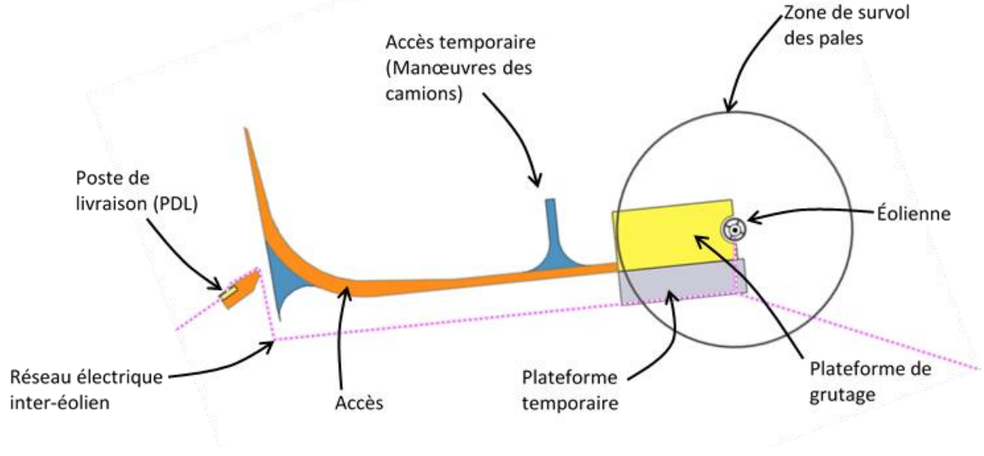


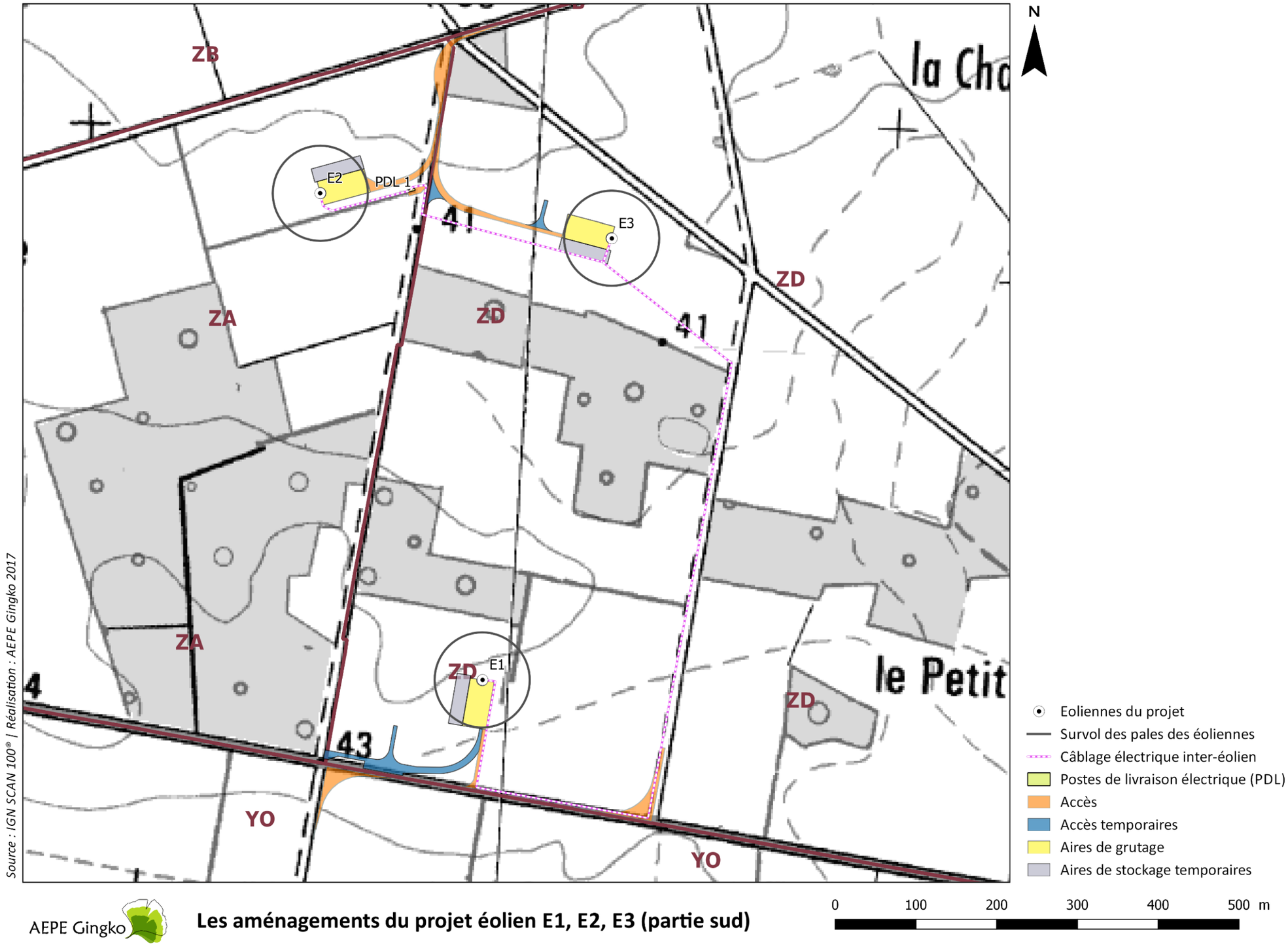
Figure 6 : Les différents aménagements du parc éolien

Tableau 10 : les dimensions envisagées des aménagements du parc éolien

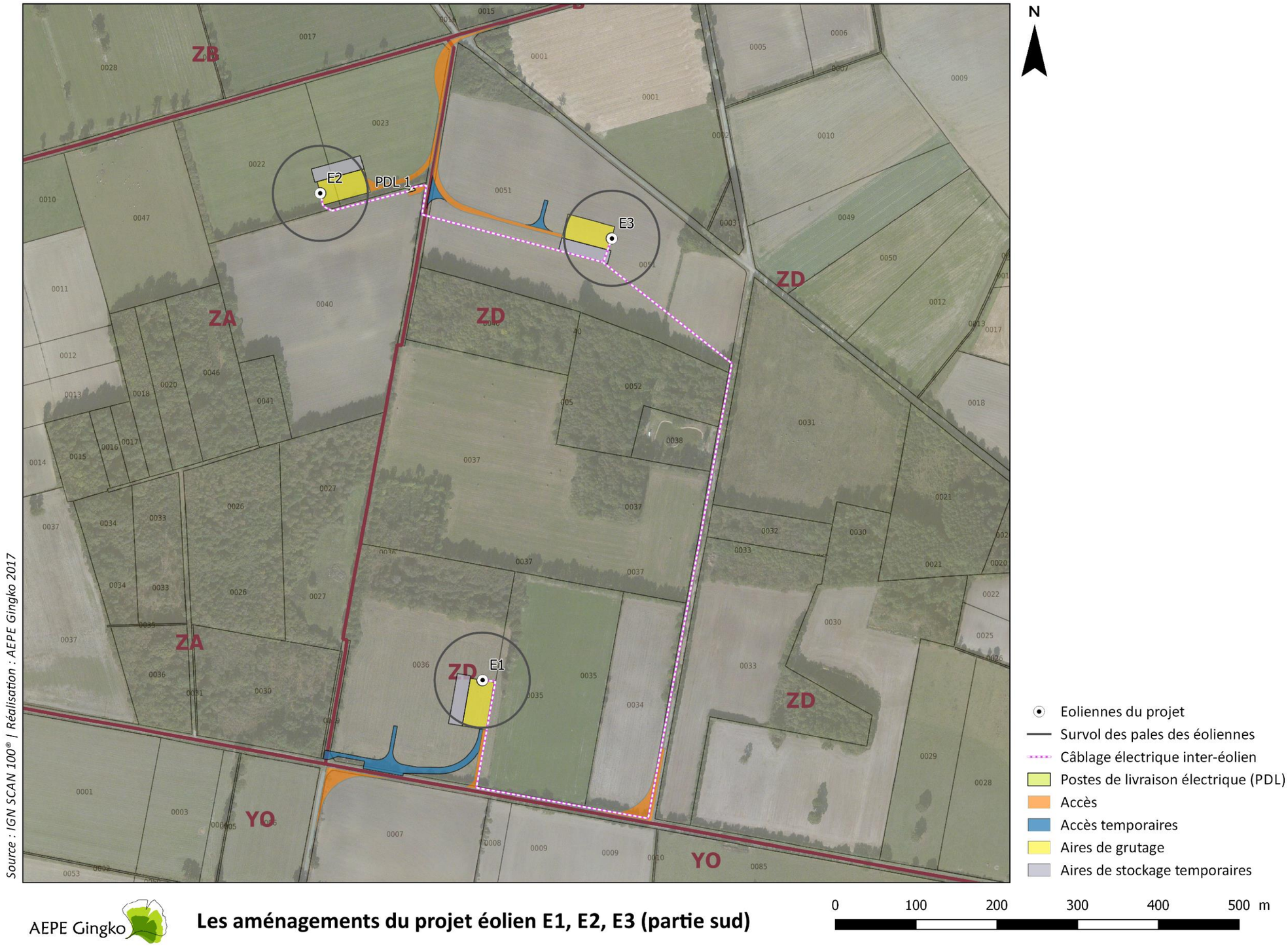
Aménagements	Dimensions envisagées
Fondation des éoliennes	La dimension et le procédé utilisé pour le coulage des fondations seront précisés suite à étude géotechnique intervenant en amont de la construction des éoliennes
Aire de grutage des éoliennes	Surface plane d'environ 1 535 m² réalisée en empierrement ou par la mise en œuvre d'un traitement de sol à la chaux
Postes de livraison	Surface de 46 m² pour les deux
Chemins d'accès	Largeur utile de la chaussée de 4,5 m Largeur exempte d'obstacle de 6 m La création d'un chemin d'accès nécessite généralement une couche d'empierrement en matériaux granulaires ou la mise en œuvre d'un traitement de sol à la chaux

Des aménagements temporaires auront lieu durant la phase de chantier afin de permettre l'assemblage et le montage de l'éolienne : aires de stockage et aires de retournement provisoires.

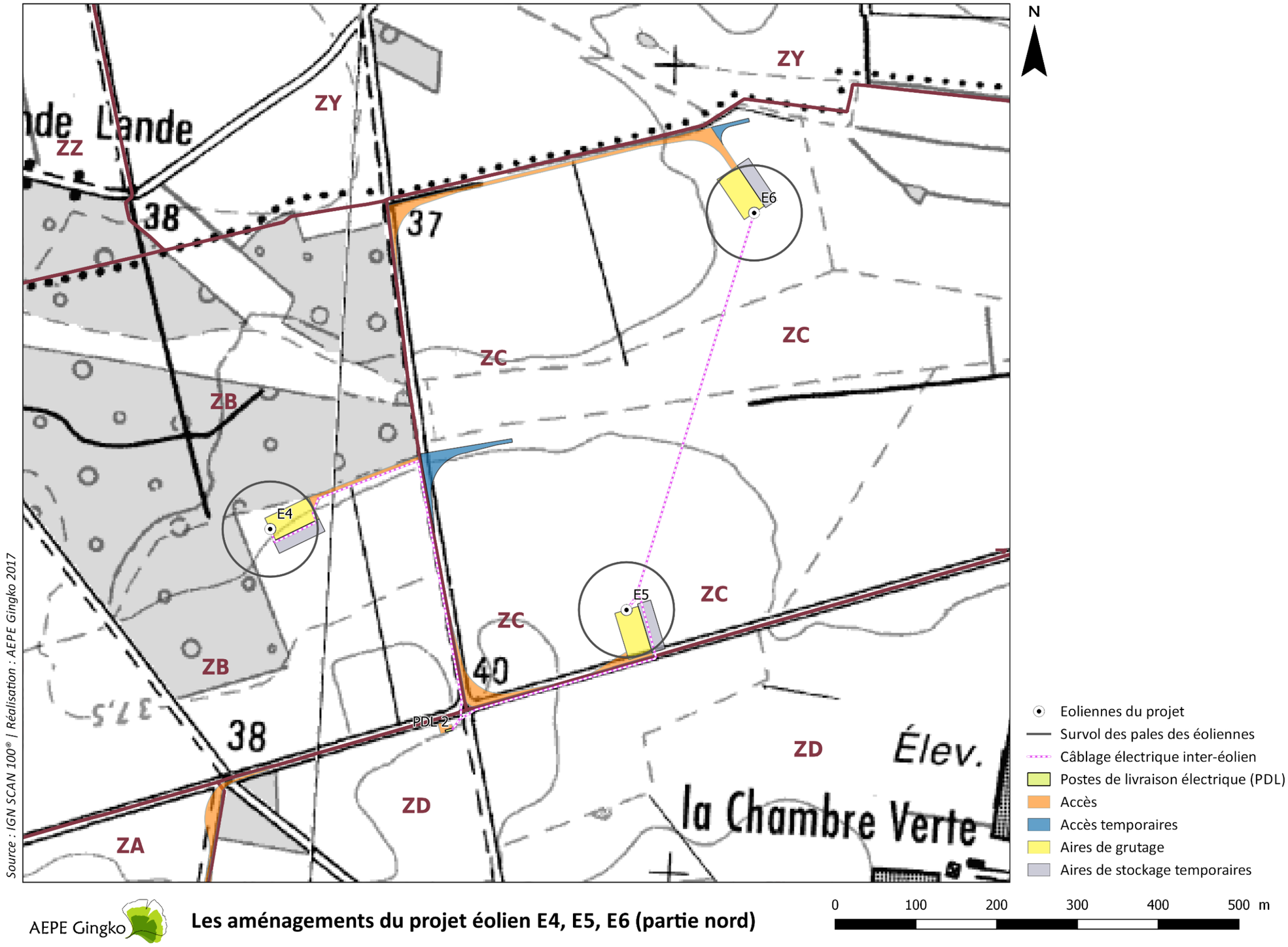
Ces aménagements temporaires seront démantelés à la fin du chantier.



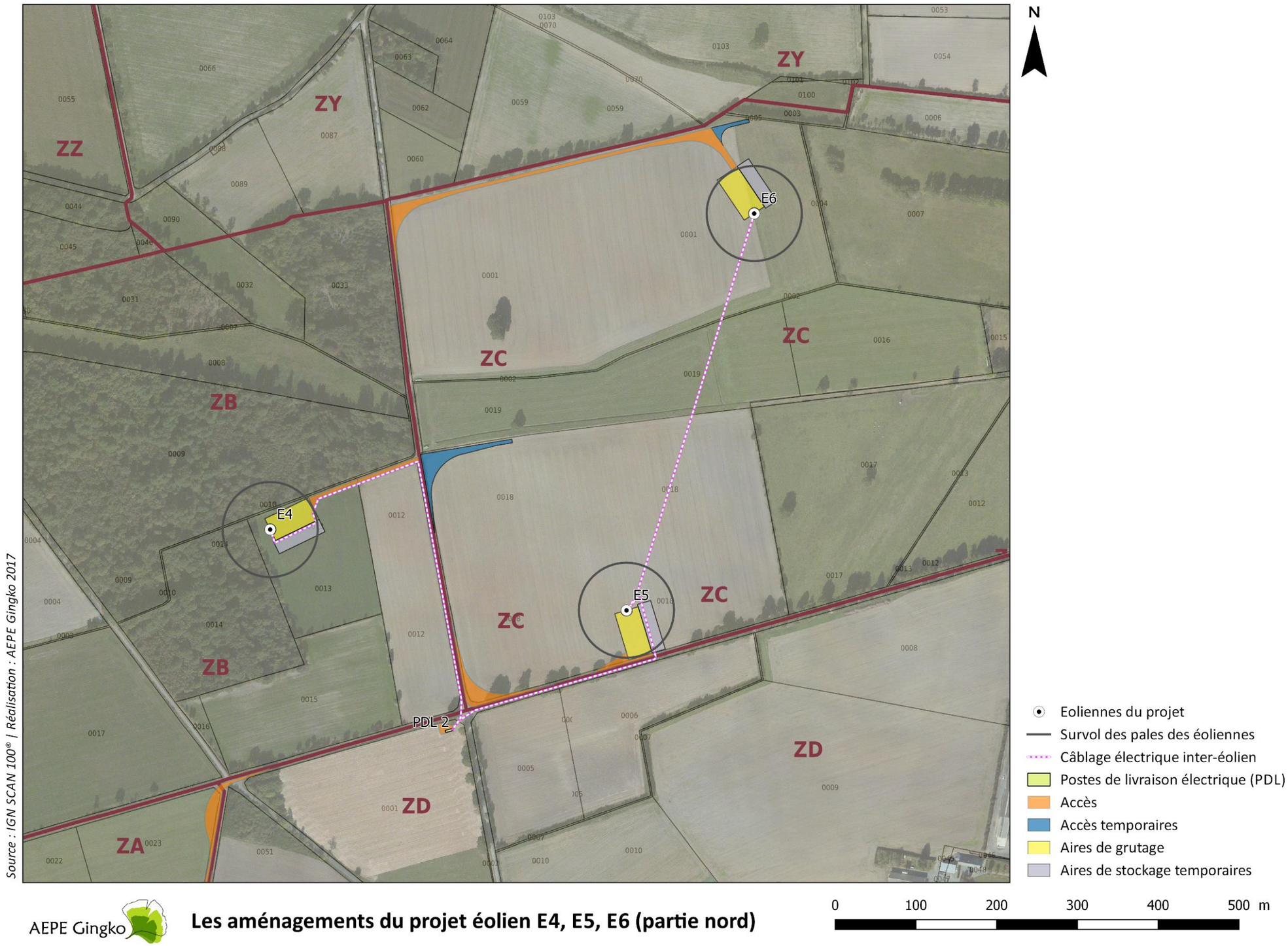
Carte 8 : le plan détaillé de l'installation (Zone sud) sur fond Scan 25



Carte 9 : le plan détaillé de l'installation (Zone sud) sur photo-aérienne



Carte 10 : le plan détaillé de l'installation (Zone nord) sur fond Scan 25



Carte 11 : le plan détaillé de l'installation (Zone nord) sur photo-aérienne

IV.2. LE FONCTIONNEMENT DE L'INSTALLATION

IV.2.1. LE PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT DE L'EOLIENNE

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

Les pales se mettent en mouvement lorsque l'anémomètre (positionné sur la nacelle) indique une vitesse de vent d'environ 10 km/h et c'est seulement à partir de 12 km/h que l'éolienne peut être couplée au réseau électrique. Le rotor et l'arbre dit «lent» transmettent alors l'énergie mécanique à basse vitesse (entre 5 et 20 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. 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 kWh dès que le vent atteint environ 50 km/h. L'électricité produite par la génératrice correspond à un courant alternatif de fréquence 50 Hz avec une tension de 400 à 690 V. La tension est ensuite élevée jusqu'à 20 000 V par un transformateur placé dans chaque éolienne pour être ensuite injectée dans le réseau électrique public.

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

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

Les tensions électriques de l'installation seront les suivantes :

- Nacelle : 400 à 690 V
- Transformateur au pied de l'éolienne : 400 à 690 V en entrée et 20 000 V en sortie
- Câbles inter-éoliennes et éoliennes-postes de livraison : 20 000 V
- Poste de livraison : 20 000 V
- Câbles poste de livraison-poste source : 20 000 V

Tableau 11 : les fonctions et caractéristiques des éléments de l'installation

Élément de l'installation	Fonction	Caractéristiques
Fondation	Ancrer et stabiliser l'éolienne dans le sol	Des fondations prendront une surface d'environ de 530 m²
Mât	Supporter la nacelle et le rotor	Une hauteur du mat sera de 120 m maximum
Nacelle	Supporter le rotor Abriter le dispositif de conversion de l'énergie mécanique en électricité (génératrice, etc.) ainsi que les dispositifs de contrôle et de sécurité	/
Rotor / pales	Capter l'énergie mécanique du vent et la transmettre à la génératrice	Un diamètre du rotor maximum de 117 m
Transformateur	Élever la tension de sortie de la génératrice avant l'acheminement du courant électrique par le réseau	/
Poste de livraison	Adapter les caractéristiques du courant électrique à l'interface entre le réseau privé et le réseau public	Deux postes de livraison seront implantés

IV.2.1.1. LA CONFORMITE AUX PRESCRIPTIONS DE L'ARRETE MINISTERIEL

L'installation sera 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 concernera notamment :

- L'éloignement de 500 m 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 m 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 de l'installation conformément aux dispositions prises en application des articles L. 6351-6 et L.6352-1 du code des transports et des articles R. 243-1 et R. 244-1 du code de l'aviation civile,
- 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(s) poste(s) 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 ultérieurement.

IV.2.2. LES OPERATIONS DE MAINTENANCE DE L'INSTALLATION

Le présent dossier envisage le projet avec des éoliennes d'un gabarit maximal de 180 m de hauteur. Aucun modèle précis d'éoliennes n'est à ce jour déterminé. Le constructeur n'est pas connu.

Quel que soit le constructeur choisi, un programme de maintenance est mis en place :

- 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 ;
- Vérification annuelle des matériaux (soudures, corrosions), des équipements mécaniques et hydrauliques, de l'électrotechnique et des éléments de raccordement électrique,
- 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 sera affectée pour la maintenance du parc éolien. En cas de déviance sur la production ou d'avaries techniques, une équipe de maintenance interviendra sur le site.

IV.2.3. LE STOCKAGE ET LES FLUX DE PRODUITS DANGEREUX

Conformément à l'article 16 de l'arrêté du 26 août 2011, aucun matériel inflammable ou combustible ne sera stocké dans les éoliennes du parc éolien de la Butte Noire.

[3] 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.

IV.2.4. LE FONCTIONNEMENT DES RESEAUX DE L'INSTALLATION

IV.2.4.1. LES SPECIFICITES TECHNIQUES

L'installation sera mise à la terre. Les aérogénérateurs respecteront les dispositions de la norme IEC 61 400-24 (version de juin 2010). L'exploitant tiendra à disposition de l'inspection des installations classées les rapports des organismes compétents attestant de la conformité des aérogénérateurs à la norme précitée.

Les installations électriques à l'intérieur de l'aérogénérateur respecteront les dispositions de la directive du 17 mai 2006 susvisée qui leur sont applicables.

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

Le parc éolien de la Butte Noire ne comportera aucun réseau d'alimentation en eau potable ni aucun réseau d'assainissement. De même, les éoliennes ne sont reliées à aucun réseau de gaz.

IV.2.4.2. LE RACCORDEMENT ELECTRIQUE

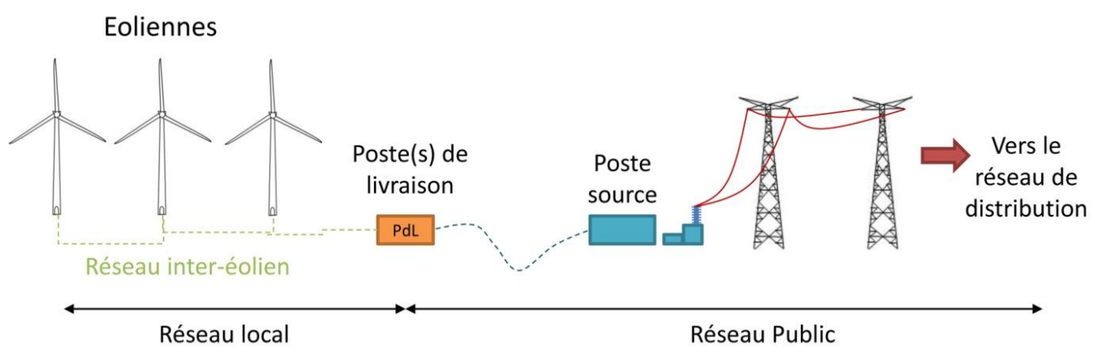


Figure 7 : le schéma de raccordement électrique d'un parc éolien

LE RESEAU INTER-EOLIEN

Le réseau inter-éolien permet de relier le transformateur, intégré ou non dans le mât de chaque éolienne[3], 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.

Chaque éolienne sera raccordée au poste de livraison par une liaison électrique de tension égale à 20 kV (réseau inter-éolien). Ces câbles ont une section de 95 à 240 mm² et seront enfouis à environ 0,80 m - 1,20 m de profondeur.

Le linéaire de câbles pour le projet de la Butte Noire à Jans (44) est d'environ 3 081 m.

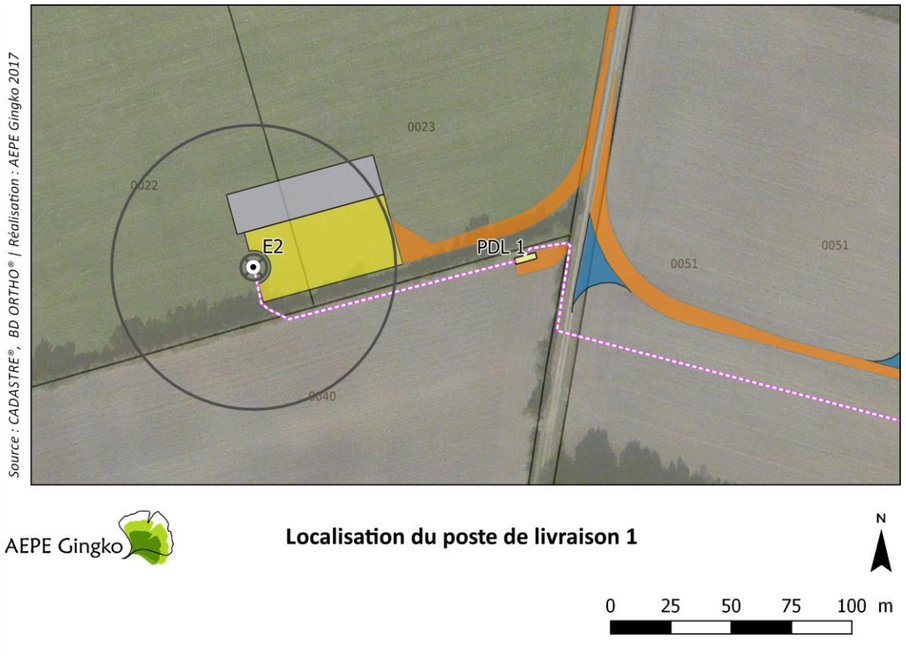
LES POSTES DE LIVRAISON

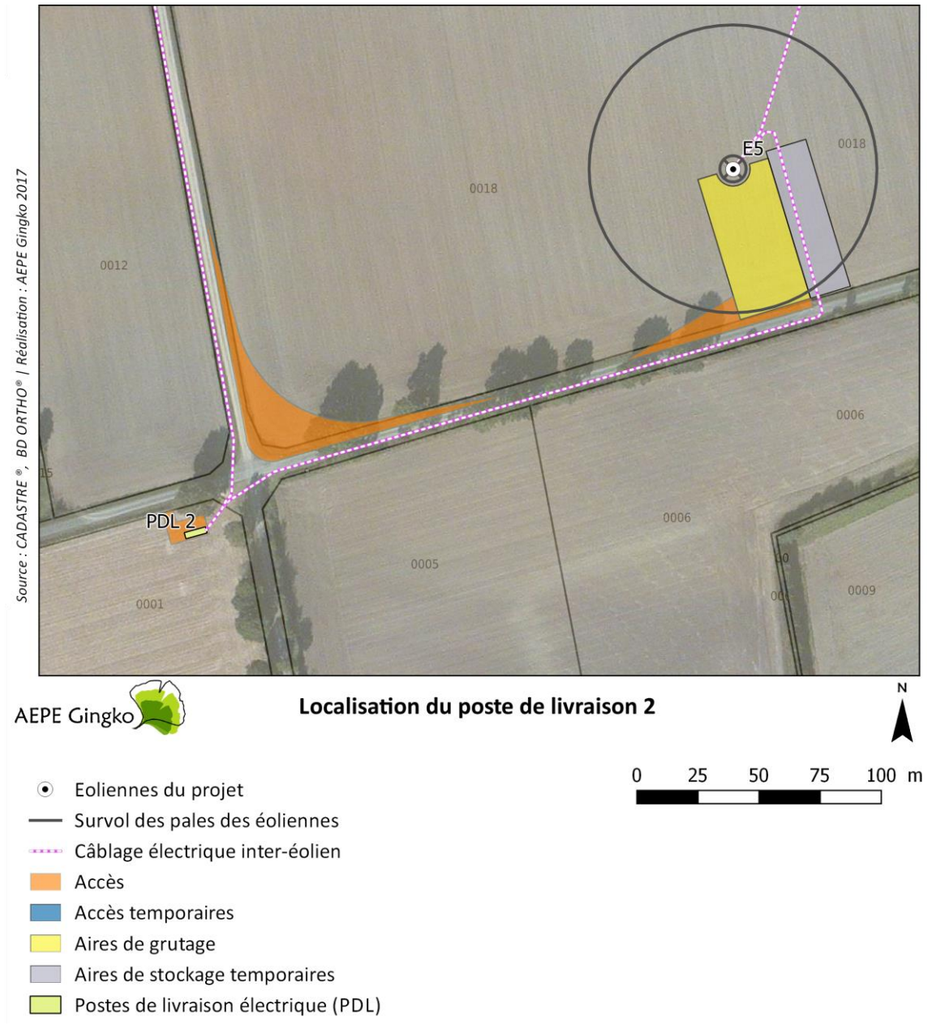
Le poste de livraison est le nœud de raccordement de toutes les éoliennes avant que l'électricité ne soit injectée dans le réseau public. Certains parcs éoliens, par leur taille, peuvent posséder plusieurs postes de livraison, voire se raccorder directement sur un poste source, qui assure la liaison avec le réseau de transport d'électricité (lignes haute tension).

Le parc éolien de la Butte Noire disposera de deux postes de livraison :

- Le poste de livraison n°1 sera situé sur la parcelle cadastrale ZA 040 de la commune de Jans à l'est de l'éolienne E2 ;
- Le poste de livraison n°2 sera situé sur la parcelle cadastrale ZD 01 de la commune de Jans à l'ouest de l'éolienne E5 ;

La localisation des postes 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.





Carte 12 : La localisation des postes de livraison du projet

LE RESEAU ELECTRIQUE EXTERNE

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

D'après Capareseau.fr, le poste source envisagé pour le raccordement serait le poste « Derval» sur la commune de Derval, voisine de la commune de Jans.

V. L'IDENTIFICATION DES POTENTIELS DE DANGERS DE L'INSTALLATION

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

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

V.1. LES POTENTIELS DE DANGERS LIES AUX PRODUITS

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

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

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

Conformément à l'article 16 de l'arrêté du 26 août 2011 relatif aux installations éoliennes soumises à autorisation, aucun produit n'est stocké dans les aérogénérateurs ou les postes de livraison. Les détails des produits seront apportés au moment de la mise en service de l'installation.

Les dangers liés aux produits utilisés dans le cadre du fonctionnement de l'installation dépendent de 3 facteurs :

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

Les dangers potentiels peuvent-être :

- L'incendie : des produits combustibles sont présents 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.

Étant donné le confinement de ces produits et notamment des huiles, ces potentiels de dangers liés peuvent être considérés comme très faibles.

V.2. LES POTENTIELS DE DANGERS LIES AUX DECHETS

L'activité de production d'électricité par les éoliennes ne génère pas de déchet, ni d'émission atmosphérique, ni d'effluent. Les produits sortants concernent donc les opérations de maintenance régulières des installations, sous la forme de déchets.

Seuls deux types de déchets seront produits pendant l'exploitation du parc éolien :

- des déchets industriels banals : ces déchets concernent les pièces usagées non souillées, cartons usagers d'emballage (quantités < 1 100 litres par an), etc. ;
- des déchets industriels spéciaux : ces déchets concernent les huiles usagées (transmission), graisses, bombes à graisse usagées vides, etc.

Pour chaque catégorie de déchet, les dangers potentiels (explosif, comburant, carburant, extrêmement inflammable, …) sont mentionnés sur les fiches de données sécurité qui les concernent en tant que produit.

À titre d'exemple, pour un modèle général d'éolienne supérieur au gabarit ici envisagé (180 m en bout de pale), les déchets annuels sont de l'ordre des quantités suivantes :

- les absorbants, matériaux filtrants (filtres à huile), chiffons d'essuyage et vêtements de protection contaminés par des substances dangereuses : 7 kg par an ;
- les papiers et cartons : 2 kg par an ;
- les emballages en mélange : 2 kg par an ;
- les déchets résiduels : 6 kg par an.

Les déchets produits par d'autres marques d'éoliennes de même gabarit sont du même ordre de grandeur.

V.3. LES POTENTIELS DE DANGERS LIES AU FONCTIONNEMENT DE L'INSTALLATION

Les dangers liés au fonctionnement du parc éolien de la Butte Noire 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.

Tableau 12 : les potentiels de dangers liés au fonctionnement de l'installation

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

V.4. LA REDUCTION DES POTENTIELS DE DANGERS A LA SOURCE

V.4.1. LES PRINCIPALES ACTIONS PREVENTIVES

Afin de réduire à la source les potentiels de dangers, plusieurs mesures ont été prises lors de la conception du projet tant du point de vue de l'emplacement des installations et que des caractéristiques des éoliennes au regard des enjeux potentiels identifiés :

- Conformément à la réglementation, les éoliennes sont distantes de plus de 500 m des habitations riveraines,
- Aucune installation classée au titre des ICPE n'est située à moins de 500 m de l'éolienne la plus proche,
- Les éoliennes sont éloignées des routes à forte circulation (à plus de 200 m), en effet elles sont à plus de 1,7 km de la route fréquentée la plus proche, et respectent un recul d'au moins une pale vis-à-vis de la RD 29 qui dessert le site ;
- Le gabarit d'éoliennes retenu respecte les recommandations de l'aviation civile,
- Le gabarit d'éoliennes retenu est en dehors des servitudes de l'armée de l'air,
- Les éoliennes respectent une distance de recul d'une hauteur totale maximale d'éolienne vis-à-vis de la canalisation de gaz qui traverse le site ;

Les dimensions maximales du gabarit d'éolienne envisagé tiennent compte de l'ensemble des risques liés à l'installation et son environnement.

V.4.2. L'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 États-membres une autorisation environnementale avant leur mise en service.

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

VI. L'ANALYSE DES RETOURS D'EXPERIENCE

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

L'analyse des retours d'expérience vise donc ici à faire émerger des typologies d'accident rencontrés tant au niveau national qu'international. Ces typologies apportent un éclairage sur les scénarios les plus rencontrés.

VI.1. L'INVENTAIRE DES ACCIDENTS ET INCIDENTS EN FRANCE

Plusieurs sources ont été utilisées pour effectuer ce recensement. Il s'agit à la fois de sources officielles, d'articles de le presse locale ou de base 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 (http://www.aria.developpementdurable. gouv.fr/),
- Communiqués de presse du SER-FEE et/ou des exploitants éoliens,
- Site Internet de l'association « Vent de Colère »,
- Site Internet de l'association « Fédération Environnement Durable »,
- Articles de presse divers,
- Données diverses fournies par les exploitants de parcs éoliens en France.

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

Dans l'état actuel, la base de données constituée par le groupe de travail du Syndicat des Énergies Renouvelables (SER) 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 32 incidents a pu être recensé entre 2000 et 2010. Ce chiffre est à mettre en rapport avec les 3 275 éoliennes installées en France fin 2010.

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

Le graphique suivant montre la répartition des événements accidentels et de leurs causes premières sur le parc d'aérogénérateur français entre 2000 et 2011. Cette synthèse exclut les accidents du travail 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.

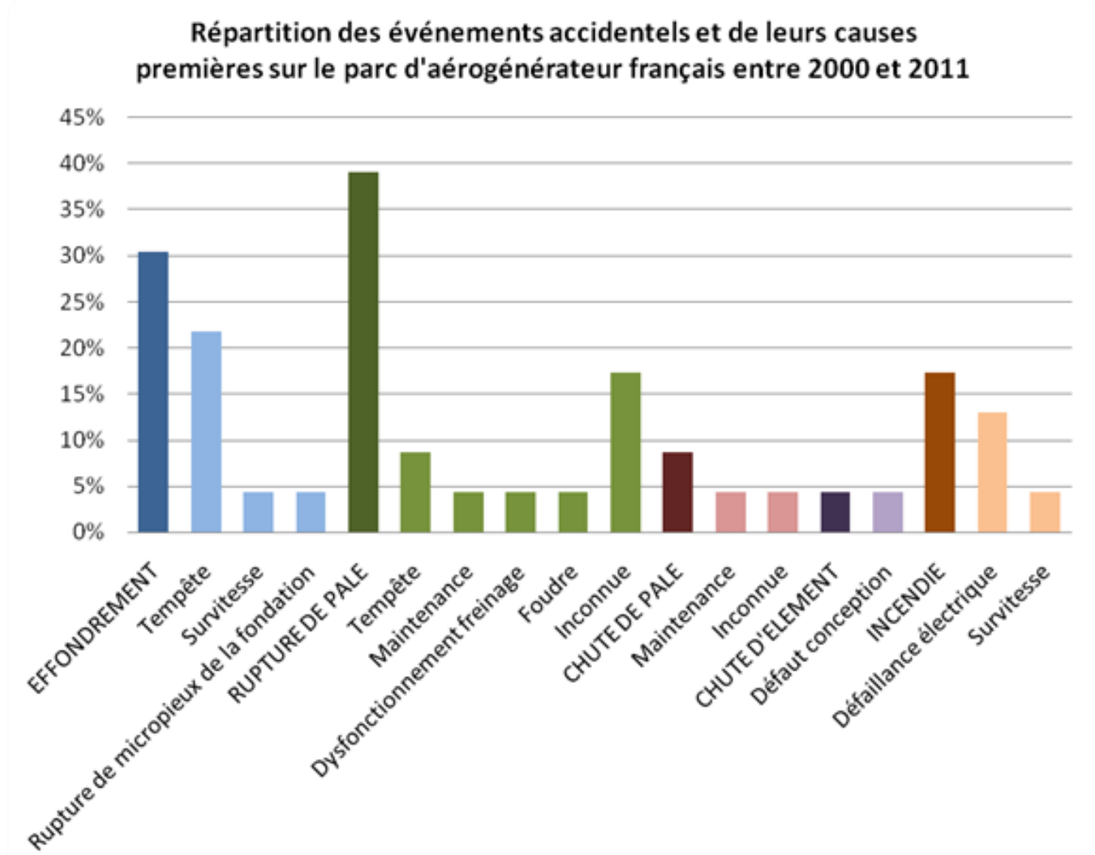


Figure 8 : les causes premières des accidents d'aérogénérateurs en France (source FEE)

Par ordre d'importance, les accidents les plus recensés sont les ruptures de pale, les effondrements, les incendies, les chutes de pale et les chutes des autres éléments de l'éolienne. La principale cause de ces accidents est les tempêtes.

VI.2. L'INVENTAIRE DES ACCIDENTS ET INCIDENTS A L'INTERNATIONAL

La synthèse ci-dessous provient de l'analyse de 236 accidents dans le monde issus des descriptions de 994 accidents proposés par le CWIF. Sur les 994 accidents, seuls 236 sont considérés comme des « accidents majeurs », les autres concernant plutôt des accidents du travail, des presque-accidents, des incidents, etc.

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

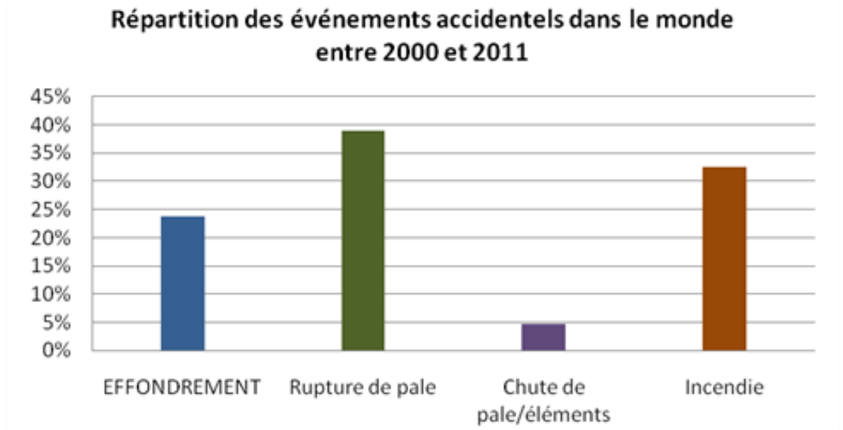
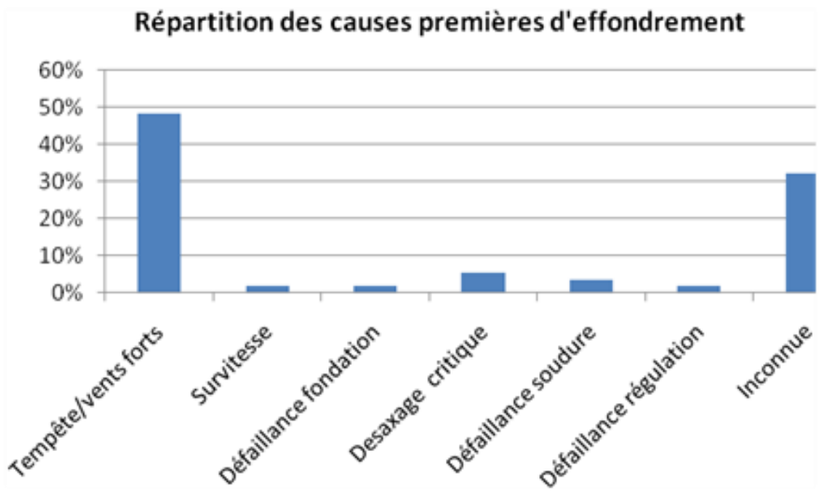
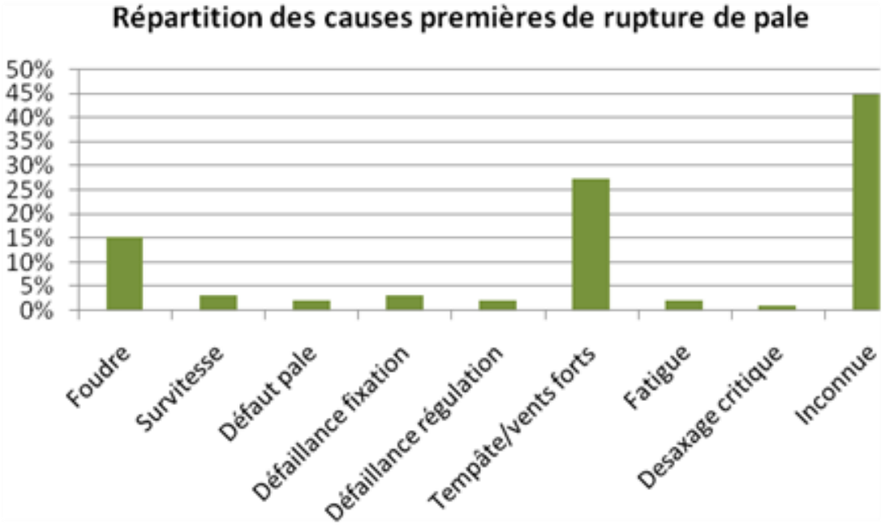


Figure 9 : les causes des accidents d'aérogénérateurs dans le monde (source FEE)

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).





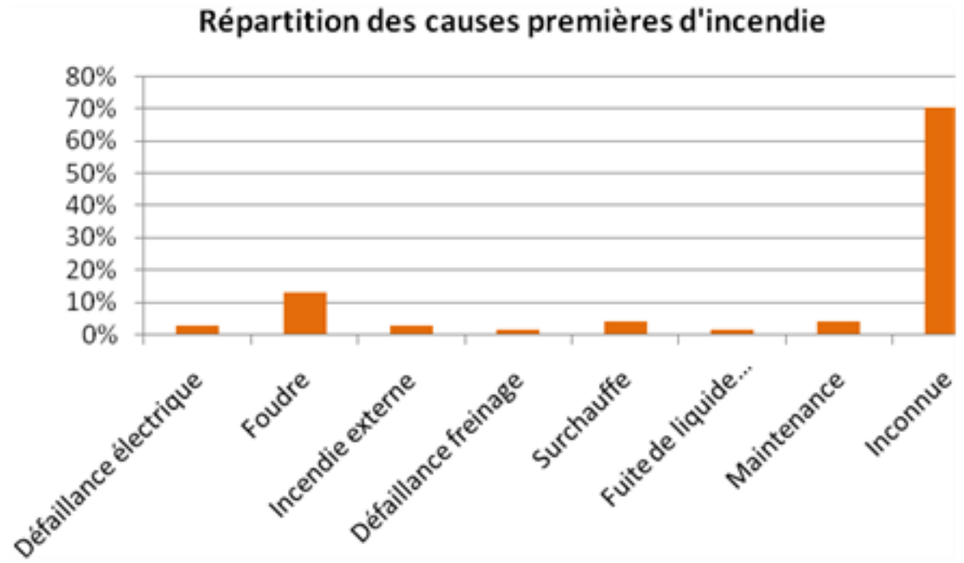


Figure 10 : les causes premières des accidents d'aérogénérateurs dans le monde (source : FEE)

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.

VI.3. LA SYNTHESE DES PHENOMENES DANGEREUX REDOUTES ISSUS DU RETOUR D'EXPERIENCE

VI.3.1. L'ANALYSE DE L'EVOLUTION DES ACCIDENTS EN FRANCE

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

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

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

D'après la base de données ARIA, 39 incidents ou accidents sont survenus en France entre 2002 et 2016 (moyenne de 2,6/ an). Le détail de ces accidents survenus en France de 2002 à 2016 (ARIA) est listé en Annexe 7.

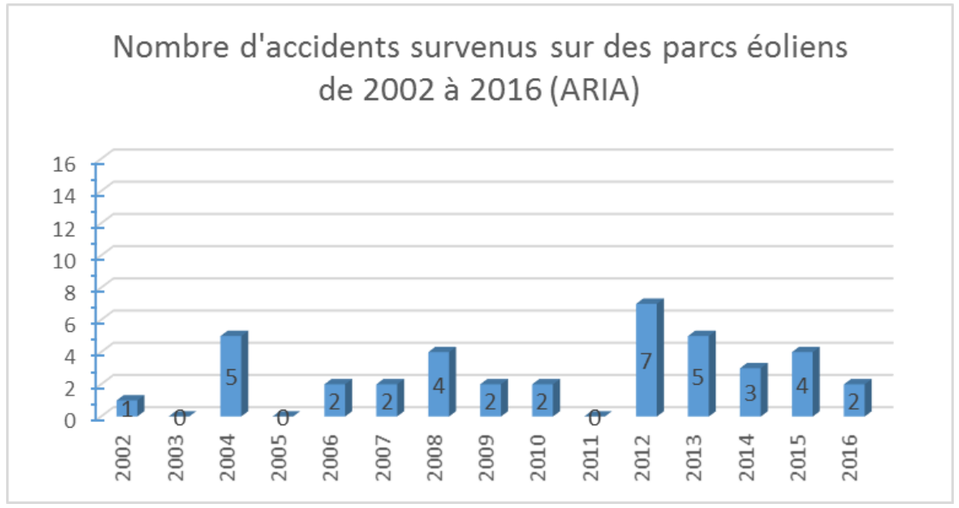


Figure 11 : le nombre d'accidents éoliens recensés par la base ARIA entre 2002 et 2016 en France (ARIA)

VI.3.2. L'ANALYSE DES TYPOLOGIES D'ACCIDENTS LES PLUS FREQUENTS

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

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

VI.3.3. LES ACCIDENTS/INCIDENTS SURVENUS EN PAYS DE LA LOIRE

D'après la base de données Aria, 2 incidents ou accidents se sont déroulés sur les parcs éoliens en région Pays de la Loire de 2004 à aujourd'hui (Cf. Annexe 8).

Un seul concerne le département de Loire-Atlantique (44). Il concerne la chute d'un employé de maintenance de l'éolienne à Pouille-les-Coteaux.

VI.4. LES 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.

VII. L'ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES

Les outils d'analyse des risques sont nombreux (ex : AMDEC, APR, HAZOP, etc.). La présente étude se base sur l'utilisation de la méthode APR (Analyse Préliminaire des Risques) qui est souple d'utilisation, adaptée et plus facile à mettre en œuvre et à instruire dans le contexte des éoliennes.

VII.1. L'OBJECTIF DE L'ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES

L'analyse des risques a pour objectif principal d'identifier les scénarios d'accident majeurs et les mesures de sécurité qui empêchent ces scénarios de se produire ou en limitent les effets. Cet objectif est atteint au moyen d'une identification de tous les scénarios d'accident potentiels pour une installation (ainsi que des 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 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.

VII.2. LE RECENSEMENT DES EVENEMENTS EXCLUS DE L'ANALYSE DES RISQUES

Comme cela est précisé dans la circulaire du 10 mai 2010, les événements suivants sont exclus de l'analyse des risques :

- La chute de météorite,
- Les séismes d'amplitude supérieure aux séismes maximums de référence éventuellement corrigés de facteurs, tels que définis par la réglementation applicable aux installations classées considérées,
- Les crues d'amplitude supérieure à la crue de référence, selon les règles en vigueur,
- Les événements climatiques d'intensité supérieure aux événements historiquement connus ou prévisibles pouvant affecter l'installation, selon les règles en vigueur,
- La chute d'avion hors des zones de proximité d'aéroport ou aérodrome (rayon de 2 km des aéroports et aérodromes),
- La 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,
- Les 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.

VII.3. LE 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.

VII.3.1. LES AGRESSIONS EXTERNES LIEES AUX ACTIVITES HUMAINES

Le tableau ci-dessous synthétise les principales agressions externes liées aux activités humaines. Il fournit une estimation des distances minimales séparant chaque aérogénérateur de la source de l'agression potentielle.

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

Tableau 13 : les agressions externes liées aux activités humaines (Ineris)

Infrastructure	Fonction	Événement redouté	Danger potentiel	Périmètre	Observations	E1	E2	E3	E5	E6
Voies de circulation	Transport	Accident entraînant la sortie de voie d'un ou plusieurs véhiculent	Énergie cinétique des véhicules et flux thermiques	200 m	Absence de voies de circulation régionale ou nationale	Uniquement liaisons locales				
Aérodrome	Transport aérien	Chute d'aéronef	Énergie cinétique de l'aéronef, flux thermique	2 km	Absence d'aérodrome dans un rayon de 2 km	Non concerné				
Ligne THT	Transport d'électricité	Rupture de câble	Arc électrique, surtensions	200 m	Ligne THT	Non concerné				
Autres aérogénérateurs	Production d'électricité	Accident générant des projections d'éléments	Énergie cinétique des éléments projetés	500 m	Absence d'aérogénérateurs d'autres parcs	Éoliennes du projet				

Aucune installation classée pour l'environnement n'est présente au sein ou en limite de périmètre d'étude de dangers.

La fiche de synthèse sur les accidents et incidents dans les activités d'élevage (source ARIA) permet de caractériser les risques d'agression liés à ce type d'activité. Ainsi sur 2 686 évènements analysés entre 1992 et 2009, ont été recensés :

- 85 % d'incendies,
- 16 % de rejets de matières dangereuses ou polluantes,
- 1,2% d'explosions.

Le risque d'incendie est lié à la présence combinée de matières combustibles en quantité (paille ou fourrage) et de sources d'allumage potentielles (installations électriques inadaptées).

Le risque d'explosion, beaucoup plus anecdotique, est quant à lui lié à la présence de cuves de fuel ou de bouteilles de gaz explosant en réaction à une source de chaleur excessive (incendie).

Ces risques ont une portée relativement limitée et la distance de plus de 500 m entre le parc éolien et l'installation classée la plus proche (élevage de porcs) est suffisante pour considérer le risque d'agression comme nul.

Cette activité n'induit donc pas d'évènement redouté, et de danger potentiel, au regard d'une installation éolienne.

Notons la présence d'une canalisation de Gaz à plus d'une hauteur de chute d'éolienne, entre les éoliennes E3 et E5. Ce recul a été respecté de façon à limiter tout risque d'agression externe depuis la canalisation vers le parc éolien. Cette canalisation n'entraine pas d'augmentation significative de la fréquentation du site. En cas d'occurrence d'un évènement anormal au niveau de la canalisation de gaz, l'impact de la canalisation sur une éolienne ne fera pas augmenter l'impact sur les personnes, le nombre de personnes estimé restant le même.

La présence de cette canalisation est étudiée dans la partie VIII. L'étude détaillée des risques. Celle-ci se focalise sur les personnes et les infrastructures concernées dans les périmètres de risque de chute de glace, de chute de pale, d'effondrement de l'éolienne, de projection de glace ou de projection de pale.

Aucune agression externe significative liée aux activités humaines n'est donc recensée.

VII.3.2. LES AGRESSIONS EXTERNES LIEES AUX PHENOMENES NATURELS

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

Tableau 14 : les agressions externes liées aux phénomènes naturels

Agression externe	Intensité
Séisme	Zone de sismicité 2, soit un risque faible.
Vents et tempête	Sur le site, la vitesse moyenne des vents m est de l'ordre de 6 m/s pour une hauteur de 60 m. Toutefois des phénomènes de tempêtes peuvent avoir lieu ponctuellement et induire des vents très violents.
Foudre	Le nombre moyen d'impacts de foudre au sol par km²/an est de 0,3. Les risques de foudroiement sont donc faibles.
Glissement de sols/ affaissement miniers	Aucun risque de ce type n'est répertorié sur la zone d'étude

Les agressions externes liées à des inondations ou à des incendies de forêt ou de cultures ne sont pas considérées dans ce tableau dans le sens où les dangers qu'elles pourraient entraîner sont inférieurs aux dommages causés par le phénomène naturel lui-même.

Le cas spécifique des effets directs de la foudre et du risque de « tension de pas » n'est pas traité dans l'analyse des risques et dans l'étude détaillée des risques car la norme IEC 61 400-24 (Juin 2010) ou la norme EN 62 305-3 (Décembre 2006) est respectée par les éoliennes.

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

Aucune agression externe de forte intensité liée aux phénomènes naturels n'est donc recensée.

VII.4. LES SCENARIOS ETUDIES DANS L'ANALYSE GENERIQUE DES RISQUES

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

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

- une description des causes et de leur séquençage (*événements initiateurs* et *événements intermédiaires*) ;
- une description des *événements redoutés centraux* qui marquent la partie incontrôlée de la séquence d'accident ;
- une description des *fonctions de sécurité* permettant de prévenir l'événement redouté central ou de limiter les effets du phénomène dangereux (cf. VII.6 La mise en place des mesures de sécurité) ;
- une description des *phénomènes dangereux* dont les effets sur les personnes sont à l'origine d'un accident ;
- une évaluation qualitative de l'*intensité* de ces événements.

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

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

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

Tableau 15 : Les scénarios génériques d'accidents possibles

N°	Événement initiateur	Événement intermédiaire	Événement redouté central	Fonction de sécurité (intitulé générique)	Phénomène dangereux	Qualification de la zone d'effet
G01	Conditions climatiques favorables à la formation de glace	Dépôt de glace sur les pales, le mât et la nacelle	Chute de glace lorsque les éoliennes sont arrêtées	Prévenir l'atteinte des personnes par la chute de glace (N°2)	Impact de glace	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	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

N°	Événement initiateur	Événement intermédiaire	Événement redouté central	Fonction de sécurité (intitulé générique)	Phénomène dangereux	Qualification de la zone d'effet
I06	Rongeur	Surtension	Court-circuit	Prévenir les courts-circuits (N°5) Protection et intervention incendie (N°7)	Incendie poste de livraison (flux thermiques + fumées toxiques SF6) Propagation de l'incendie	2
I07	Défaut d'étanchéité	Perte de confinement	Fuites d'huile isolante	Prévention et rétention des fuites (N°8)	Incendie au poste de transformation Propagation de l'incendie	2
F01	Fuite système de lubrification Fuite convertisseur Fuite transformateur	Écoulement hors de la nacelle et le long du mât, puis sur le sol avec infiltration	Infiltration d'huile dans le sol	Prévention et rétention des fuites (N°8)	Pollution environnement	1
F02	Renversement de fluides lors des opérations de maintenance	Écoulement	Infiltration d'huile dans le sol	Prévention et rétention des fuites (N°8)	Pollution environnement	1
C01	Défaut de fixation	Chute de trappe	Chute d'élément de l'éolienne	Prévenir les erreurs de maintenance (N°10)	Impact sur cible	1
C02	Défaillance fixation anémomètre	Chute anémomètre	Chute d'élément de l'éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9)	Impact sur cible	1
C03	Défaut fixation nacelle – pivot central – mât	Chute nacelle	Chute d'élément de l'éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9)	Impact sur cible	1

N°	Événement initiateur	Événement intermédiaire	Événement redouté central	Fonction de sécurité (intitulé générique)	Phénomène dangereux	Qualification de la zone d'effet
P01	Survitesse	Contraintes trop importante sur les pales	Projection de tout ou partie pale	Prévenir la survitesse (N°4)	Impact sur cible	2
P02	Fatigue Corrosion	Chute de fragment de pale	Projection de tout ou partie pale	Prévenir la dégradation de l'état des équipements (N°11)	Impact sur cible	2
P03	Serrage inapproprié Erreur maintenance – desserrage	Chute de fragment de pale	Projection de tout ou partie pale	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9)	Impact sur cible	2
E01	Effets dominos autres installations	Agression externe et fragilisation structure	Effondrement éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9)	Projection/chute fragments et chute mât	2
E02	Glissement de sol	Agression externe et fragilisation structure	Effondrement éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9)	Projection/chute fragments et chute mât	2
E05	Crash d'aéronef	Agression externe et fragilisation structure	Effondrement éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9)	Projection/chute fragments et chute mât	2
E07	Effondrement engin de levage travaux	Agression externe et fragilisation structure	Effondrement éolienne	Actions de prévention mises en œuvre dans le cadre du plan de prévention (N°13)	Chute fragments et chute mât	2
E08	Vents forts	Défaillance fondation	Effondrement éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage	Projection/chute fragments et chute mât	2

N°	Événement initiateur	Événement intermédiaire	Événement redouté central	Fonction de sécurité (intitulé générique)	Phénomène dangereux	Qualification de la zone d'effet
				(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)		
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

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.

VII.5. LES 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 ».

Les effets dominos susceptibles d'impacter les éoliennes sont décrits dans le tableau d'analyse des risques génériques présentés ci-avant.

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

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

Un effet domino pourrait survenir d'un élément initiateur provenant d'une autre installation (ex : incident sur la canalisation de Gaz ou autre évènement). D'après le tableau ci-avant, à la ligne « E01 », une agression externe pourrait fragiliser la structure de l'éolienne, et entrainer un phénomène dangereux comme la projection, la chute de fragments, ou la chute du mât de l'éolienne. La chute de mât ou projection d'élément de l'éolienne pourrait engendrer un effet domino vers une autre infrastructure (un bâtiment, une canalisation …).

D'après le tableau, *la zone d'effet « 2 » correspond à une intensité plus importante et impactant potentiellement des personnes autour de l'éolienne*. La présence de la canalisation de gaz n'implique pas d'augmentation du nombre de personnes sur la zone. Le risque des différentes zones d'effet, est étudié dans le cadre de l'étude détaillée des risques en fonction de la fréquentation des terrains par les personnes.

Il est à rappeler que l'étude de dangers a pour objectif d'établir l'acceptabilité des différents risques pour les personnes et ne se prononce pas sur un niveau de risque pour les infrastructures. Le risque de projection de pale ou d'élément, considéré (ici vis-à-vis de la canalisation de Gaz), a une classe de probabilité de l'accident « D » : « *S'est produit mais a fait l'objet de mesures correctrices réduisant significativement la probabilité* ».

Enfin, le paragraphe « VII.2 Le recensement des événements exclus de l'analyse des risques », page 37, il est mentionné que « le risque de sur-accident lié à l'éolienne est considéré comme négligeable dans le cas des événements comme les explosions ou incendies générés par un accident sur une activité voisine de l'éolienne. » D'une manière générale, le risque est considéré comme négligeable (Selon Guide INERIS).

Aucune installation classée pour l'environnement (ICPE) n'est recensée dans un périmètre de 100 m autour des éoliennes, aucun effet domino n'est donc attendu.

VII.6. LA MISE EN PLACE DES MESURES DE SECURITE

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

Les tableaux suivants ont pour objectif de synthétiser les fonctions de sécurité identifiées sur les éoliennes.

Dans le cadre de l'étude de dangers des parcs éoliens, les aspects relatifs aux fonctions de sécurité qui seront détaillés sont donc les suivants :

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

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

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

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 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	Quelques minutes (<60 min.) conformément à l'article 25 de l'arrêté du 26 août 2011		
Efficacité	100 %		
Tests	Tests menés par le concepteur au moment de la construction de l'éolienne		
Maintenance	Vérification du système au bout de 3 mois de fonctionnement puis maintenance de remplacement en cas de dysfonctionnement de l'équipement		

Fonction de sécurité	Prévenir l'atteinte des personnes par la chute de glace	N° de la fonction de sécurité	2
Mesures de sécurité	Panneautage en pied de projet Éloignement 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		
Description	/		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	NA		
Efficacité	100 %		
Tests	/		
Maintenance	Vérification du système au bout de 3 mois de fonctionnement puis contrôle annuel conformément à l'article 18 de l'arrêté du 26 août 2011. Maintenance de remplacement en cas de dysfonctionnement de l'équipement.		

Fonction de sécurité	Prévenir la survitesse	N° de la fonction de sécurité	4
Mesures de sécurité	Détection de survitesse et système de freinage.		
Description	Systèmes de coupure s'enclenchant en cas de dépassement des seuils de vitesse prédéfinis, 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	Temps de détection < 1 minute L'exploitant ou l'opérateur désigné sera en mesure de transmettre l'alerte aux services d'urgence compétents dans un délai de 15 minutes suivant l'entrée en fonctionnement anormal de l'aérogénérateur conformément aux dispositions de l'arrêté du 26 août 2011.		
Efficacité	100 %		
Tests	Test d'arrêt simple, d'arrêt d'urgence et de la procédure d'arrêt en cas de survitesse avant la mise en service des aérogénérateurs conformément à l'article 15 de l'arrêté du 26 août 2011.		
Maintenance	Vérification du système au bout de 3 mois de fonctionnement puis contrôle annuel conformément à l'article 18 de l'arrêté du 26 août 2011 (notamment de l'usure du frein et de pression du circuit de freinage d'urgence.) Maintenance de remplacement en cas de dysfonctionnement de l'équipement.		

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

Fonction de sécurité	Prévenir les effets de la foudre	N° de la fonction de sécurité	6
Mesures de sécurité	Mise à la terre et protection des éléments de l'aérogénérateur.		
Description	Respect de la norme IEC 61 400 – 24 (juin 2010) Dispositif de capture + mise à la terre Parasurtenseurs sur les circuits électriques		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	Immédiat dispositif passif		
Efficacité	100 %		
Tests	/		
Maintenance	Contrôle visuel des pales et des éléments susceptibles d'être impactés par la foudre inclus dans les opérations de maintenance, conformément à l'article 9 de l'arrêté du 26 août 2011.		

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

Fonction de sécurité	Prévention et rétention des fuites	N° de la fonction de sécurité	8
Mesures de sécurité	Détecteurs de niveau d'huiles Procédure d'urgence Kit antipollution		
Description	Nombreux détecteurs de niveau d'huile permettant de détecter les éventuelles fuites d'huile et d'arrêter l'éolienne en cas d'urgence. Les opérations de vidange font l'objet de procédures spécifiques. Dans tous les cas, le transfert des huiles s'effectue de manière sécurisée via un système de tuyauterie et de pompes directement entre l'élément à vidanger et le camion de vidange. Des kits de dépollution d'urgence composés de grandes feuilles de textile absorbant pourront être utilisés afin : − de contenir et arrêter la propagation de la pollution ; − d'absorber jusqu'à 20 litres de déversements accidentels de liquides (huile, eau, alcools ...) et produits chimiques (acides, bases, solvants ...) ; − de récupérer les déchets absorbés. Si ces kits de dépollution s'avèrent insuffisants, une société spécialisée récupérera et traitera le gravier souillé via les filières adéquates, puis le remplacera par un nouveau revêtement.		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	Dépendant du débit de fuite		
Efficacité	100 %		
Tests	/		
Maintenance	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
Mesures de sécurité	Contrôles réguliers des fondations et des différentes pièces d'assemblages (ex : brides ; joints, etc.) Procédures qualités Attestation du contrôle technique (procédure permis de construire)		
Description	La norme IEC 61 400-1 « Exigence pour la conception des aérogénérateurs » fixe les prescriptions propres à fournir « un niveau approprié de protection contre les dommages résultant de tout risque durant la durée de vie » de l'éolienne. Ainsi la nacelle, le nez, les fondations et la tour répondent au standard IEC 61 400-1. Les pales respectent le standard IEC 61 400-1 ; 12 ; 23. Les éoliennes sont protégées contre la corrosion due à l'humidité de l'air, selon la norme ISO 9223.		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	NA		
Efficacité	100 %		
Tests	NA		
Maintenance	Les couples de serrage (brides sur les diverses sections de la tour, bride de raccordement des pales au moyeu, bride de raccordement du moyeu à l'arbre lent, éléments du châssis, éléments du pitch system, couronne du 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.		

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

Fonction de sécurité	Prévenir les risques de dégradation de l'éolienne en cas de vent fort	N° de la fonction de sécurité	11
Mesures de sécurité	Classe d'éolienne adaptée au site et au régime de vents. Détection et prévention des vents forts et tempêtes Arrêt automatique et diminution de la prise au vent de l'éolienne (mise en drapeau progressive des pâles) par le système de conduite		
Description	L'éolienne est mise à l'arrêt si la vitesse de vent mesurée dépasse la vitesse maximale pour laquelle elle a été conçue.		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	< 1 min		
Efficacité	100 %. NB : En fonction de l'intensité attendue des vents, d'autres dispositifs de diminution de la prise au vent de l'éolienne peuvent être envisagés.		
Tests	/		
Maintenance	/		

Tableau 16 : les fonctions de sécurité de l'installation

L'ensemble des procédures de maintenance et des contrôles d'efficacité des systèmes sera conforme à l'arrêté du 26 août 2011.

Notamment, suivant une périodicité qui ne peut excéder un an, l'exploitant réalise une vérification de l'état fonctionnel des équipements de mise à l'arrêt, de mise à l'arrêt d'urgence et de mise à l'arrêt depuis un régime de survitesse en application des préconisations du constructeur de l'aérogénérateur.

VII.7. LA CONCLUSION DE L'ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES

À l'issue de l'analyse préliminaire des risques (APR), l'étude de dangers doit préciser quels scénarios sont retenus en vue de l'analyse détaillée des risques.

Dans le cadre de l'APR générique, trois catégories de scénarios sont a priori exclues de l'étude détaillée, en raison de leur faible intensité.

Tableau 17 : les catégories de scénarios exclus

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. 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	En cas d'incendie du poste de livraison, les effets ressentis à l'extérieur des bâtiments (poste de livraison) seront mineurs ou inexistants du fait notamment de la structure en béton des postes de livraison. Il est également noté que la réglementation encadre déjà largement la sécurité de ces installations (l'arrêté du 26 Août 2011 impose le respect des normes NFC 15-100, NFC 13-100 et NFC 13-200)
Infiltration d'huile dans le sol	En cas d'infiltration d'huiles dans le sol, les volumes de substances libérés dans le sol restent mineurs. Par ailleurs le transformateur est installé dans le mât et une goulotte en acier assure la collecte de toute l'huile du transformateur. Les bacs de rétention d'huile dans les postes et les sous-sols de mâts sont étanches à l'huile.

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

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

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

VIII. L'ETUDE DETAILLEE DES RISQUES

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

VIII.1. RAPPEL DES DEFINITIONS

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

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

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

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

Force est néanmoins de constater que ce sont les seuls phénomènes dangereux susceptibles de se produire sur des éoliennes.

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

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

VIII.1.1. LA CINETIQUE

La cinétique d'un accident est la vitesse d'enchaînement des événements constituant une séquence accidentelle, de l'événement initiateur aux conséquences sur les éléments vulnérables. La cinétique peut être lente ou rapide. Dans le cas d'une cinétique lente, les personnes ont le temps d'être mises à l'abri. La cinétique est rapide dans le cas contraire.

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.

VIII.1.2. L'INTENSITE

L'intensité des effets des phénomènes dangereux est définie par rapport à des valeurs de référence exprimées sous forme de seuils d'effets toxiques, d'effets de surpression, d'effets thermiques et d'effets liés à l'impact d'un projectile, pour les hommes et les structures (article 9 de l'arrêté du 29 septembre 2005 [13]).

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

Or, les seuils d'effets proposés dans l'arrêté du 29 septembre 2005 [13] caractérisent des phénomènes dangereux dont l'intensité s'exerce dans toutes les directions autour de l'origine du phénomène, pour des effets de surpression, toxiques ou thermiques. Ces seuils ne sont donc pas adaptés aux accidents générés par les aérogénérateurs.

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

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

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

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

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

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

VIII.1.3. LA GRAVITE

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

Tableau 18 : les niveaux de gravité

Intensité / Gravité	Zone d'effet d'un événement accidentel engendrant une exposition très forte	Zone d'effet d'un événement accidentel engendrant une exposition forte	Zone d'effet d'un événement accidentel engendrant une exposition modérée
5. Désastreux	Plus de 10 personnes exposées	Plus de 100 personnes exposées	Plus de 1 000 personnes exposées
4. Catastrophique	Moins de 10 personnes exposées	Entre 10 et 100 personnes exposées	Entre 100 et 1 000 personnes exposées
3. Important	Au plus 1 personne exposée	Entre 1 et 10 personnes exposées	Entre 10 et 100 personnes exposées
2. Sérieux	Aucune personne exposée	Au plus 1 personne exposée	Moins de 10 personnes exposées
1. Modéré	Pas de zone de létalité hors établissement		Présence humaine exposée à des effets irréversibles inférieure à « une personne »

Au regard de l'occupation du sol dans le périmètre de l'étude de dangers et des éléments fournis par la fiche n°1 de la circulaire du 10 mai 2010 relatives aux règles méthodologiques applicables aux études de dangers, il est possible d'estimer une présence humaine de l'ordre de :

- 1 personne par tranche de 100 ha dans les terrains non aménagés et très peu fréquentés (parcelles agricoles),
- 1 personne par tranche de 10 ha dans les terrains aménagés mais très peu fréquentés (voies de communications locales et chemins d'exploitation).

VIII.1.4. LA PROBABILITE

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

Tableau 19 : les niveaux de probabilité

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

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

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

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

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

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

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

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

$P_{orientation}$ = 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)

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

$P_{atteinte}$ = 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)

$P_{présence}$ = 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 ($P_{accident}$) à la probabilité de l'événement redouté central (P_{ERC}) a été retenue.

VIII.2. LA CARACTERISATION DES SCENARIOS RETENUS

Dans l'ensemble de l'étude, les valeurs utilisées pour les calculs des zones d'effet sont basées sur les dimensions suivantes, correspondant au gabarit d'éoliennes envisagé :

Élément	Mesure
Hauteur Totale maximale (HT)	180 m
Hauteur du Moyeu maximale (HM)	122 m
Hauteur du mât maximale (H)	120 m
Diamètre du rotor maximal (D)	117 m
Longueur de pale maximale = 1/2 rotor (R)	58,5 m
Largeur de Base de la pale (LB)	3,67 m
Largeur de base du mât (L)	10,73 m

Les valeurs prises sont celles d'un « gabarit maximal ». Elles correspondent aux dimensions maximales des différents éléments des éoliennes existantes ayant un gabarit similaire.

VIII.2.1. L'EFFONDREMENT D'UNE EOLIENNE

VIII.2.1.1. LA ZONE D'EFFET DE L'EFFONDREMENT D'UNE EOLIENNE

La zone d'effet de l'effondrement d'une éolienne correspond à une surface circulaire de rayon égal à la hauteur totale maximale de l'éolienne en bout de pale, soit 180 m dans le cas du gabarit d'éoliennes du parc éolien de la Butte Noire.

Cette méthodologie se rapproche de celles utilisées dans la bibliographie (références [5] et [6], voir Annexe 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.

VIII.2.1.2. L'INTENSITE DE L'EFFONDREMENT D'UNE EOLIENNE

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.

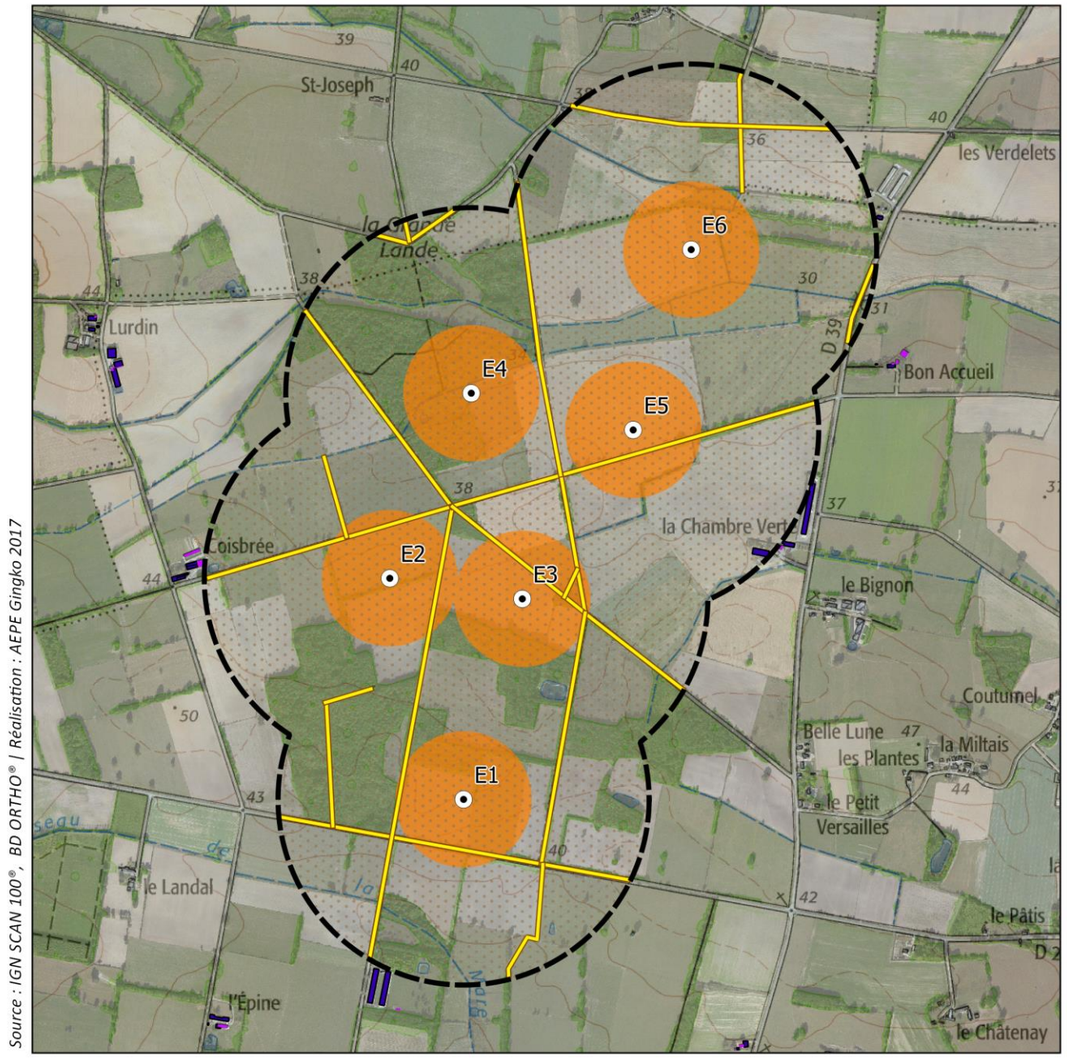
Le tableau ci-dessous permet d'évaluer l'intensité du phénomène d'effondrement de l'éolienne dans le cas du parc éolien de la Butte Noire. R est la longueur de pale maximale (R= 58,5 m), H la hauteur du mât maximale (H= 120 m), la largeur maximale de la base du mât (L = 10,73 m), la largeur de la base de la pale maximale (LB = 3,67 m).

La hauteur totale HT considérée pour la zone d'effet du phénomène est la hauteur totale d'éolienne : 180 m.

Tableau 20 : l'évaluation de l'intensité pour le risque d'effondrement des éoliennes

Effondrement de l'éolienne (dans un rayon inférieur ou égal à 180 m)			
Zone d'impact en m²	Zone d'effet du phénomène étudié en m²	Degré d'exposition du phénomène étudié en %	Intensité
Z_I = H x L x 3 x R x (LB / 2) Soit 1 609 m²	Z_E= π x (HT)² soit 101 736 m²	D = Z_I / Z_E Soit 1,6%	Exposition forte

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



Carte 13 : la zone d'effet du risque d'effondrement de l'éolienne

VIII.2.1.3. LA GRAVITE DE L'EFFONDREMENT D'UNE EOLIENNE

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

Pour les terrains non aménagés et très peu fréquentés (parcelles agricoles), la zone d'effet est d'environ 10 ha par éolienne. Ce chiffre est à mettre en relation avec l'estimation d'une personne pour 100 ha. La fréquentation par éolienne est donc estimée à 0,1 personnes.

Pour les terrains aménagés mais peu fréquentés (voies de communication et chemins d'exploitation), la superficie concernée par le risque d'effondrement est le suivant :

- De 3 155 m² pour l'éolienne 1, soit 0,315 ha,
- De 2 635 m² pour l'éolienne 2, soit 0,263 ha,
- De 3 140 m² pour l'éolienne 3, soit 0,314 ha,
- De 0 m² pour l'éolienne 4, soit 0,0 ha,
- De 1 740 m² pour l'éolienne 5, soit 0,174 ha,
- De 0 m² pour l'éolienne 6, soit 0,0 ha,

Pour ces terrains, la fiche n°1 de la circulaire du 10 mai 2010 relatives aux règles méthodologiques applicables aux études de dangers recommande d'estimer la fréquentation à 1 personne par 10 ha. Sur cette base, il est donc possible d'estimer que la présence humaine est très faible (entre 0,0174 et 0,0315 personne estimée selon l'éolienne) et peut être évaluée à « au plus 1 personne exposée » par éolienne.

- soit 0,03155 équivalent personnes permanentes pour E1 ;
- soit 0,02635 équivalent personnes permanentes pour E2 ;
- soit 0,0314 équivalent personnes permanentes pour E3 ;
- soit 0,0 équivalent personnes permanentes pour E4 ;
- soit 0,0174 équivalent personnes permanentes pour E5 ;
- soit 0,0 équivalent personnes permanentes pour E6 ;

La canalisation de Gaz est située en dehors des zones d'effet du risque d'effondrement de l'éolienne.

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

Tableau 21 : l'évaluation de la gravité pour le risque d'effondrement d'une éolienne

Effondrement de l'éolienne (dans un rayon inférieur ou égal à 180 m)		
Éolienne	Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)	Gravité
E1	0,1394	Sérieux
E2	0,1342	Sérieux
E3	0,1393	Sérieux
E4	0,1079	Sérieux
E5	0,1253	Sérieux
E6	0,1079	Sérieux

VIII.2.1.4. LA PROBABILITE DE L'EFFONDREMENT D'UNE EOLIENNE

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]	$4,5 \times 10^{-4}$	Retour d'expérience
Specification of minimum distances [6]	$1,8 \times 10^{-4}$ (effondrement de la nacelle et de la tour)	Retour d'expérience

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

Le retour d'expérience français montre également une classe de probabilité « C ». En effet, il a été recensé seulement 7 événements pour 15 667 années d'expérience[4], soit une probabilité de $4,47 \times 10^{-4}$ par éolienne et par an.

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

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

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

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

VIII.2.1.5. L'ACCEPTABILITE DE L'EFFONDREMENT D'UNE EOLIENNE

Le tableau suivant rappelle, pour chaque aérogénérateur du parc éolien de la Butte Noire, 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)		
Éolienne	***Gravité***	***Niveau de risque***
E1	Sérieux	Acceptable
E2	Sérieux	Acceptable
E3	Sérieux	Acceptable
E4	Sérieux	Acceptable
E5	Sérieux	Acceptable
E6	Sérieux	Acceptable

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

VIII.2.2. LA CHUTE DE GLACE

VIII.2.2.1. CONSIDERATIONS GENERALES

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

Selon l'étude WECO [15], une grande partie du territoire français (hors zones de montagne) est concernée par moins d'un jour de formation de glace par an. Certains secteurs du territoire comme les zones côtières affichent des moyennes variant entre 2 et 7 jours de formation de glace par an. Les données issues de la station météorologique de Rostrenen indiquent en moyenne environ 2 jours par an de forte gelée (température inférieure à -5°C).

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.

VIII.2.2.2. LA ZONE D'EFFET DE LA CHUTE DE GLACE

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 la Butte Noire, la zone d'effet a donc un rayon maximal de 58,5 m (rayon maximal du gabarit d'éolienne envisagé). Cependant, il convient de noter que, lorsque l'éolienne est à l'arrêt, les pales n'occupent qu'une faible partie de cette zone.

VIII.2.2.3. L'INTENSITE DE LA CHUTE DE GLACE

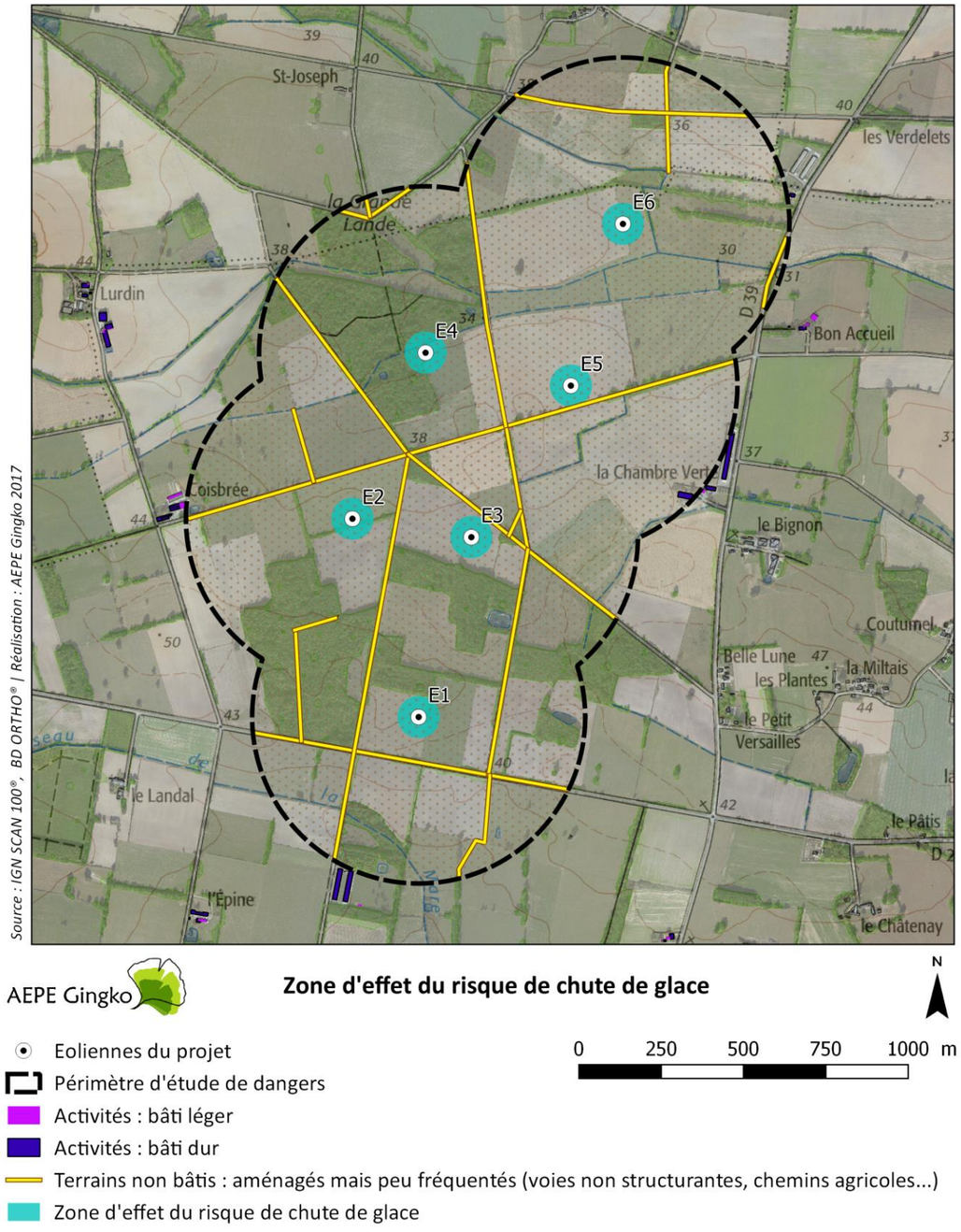
Pour le phénomène de chute de glace, le degré d'exposition correspond au ratio entre la surface d'un morceau de glace et la superficie de la zone d'effet du phénomène (zone de survol).

Le tableau ci-dessous permet d'évaluer l'intensité du phénomène de chute de glace dans le cas du parc éolien de la Butte Noire. Z_I est la zone d'impact, Z_E est la zone d'effet, R est la longueur de pale (R= 58,5 m), SG est la surface du morceau de glace majorant (SG= 1 m²).

Tableau 22 : l'évaluation de l'intensité du risque de chute de glace

Chute de glace (dans un rayon maximal inférieur ou égal à 58,5 m)			
Zone d'impact en m²	Zone d'effet du phénomène étudié en m²	Degré d'exposition du phénomène étudié en %	Intensité
Z_I = SG Soit 1 m²	$Z_E = \pi \times R^2$ Soit 10 745 m²	$D = Z_I / Z_E$ Soit 0,009 % (< 1 %)	Exposition modérée

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



Carte 14 : la zone d'effet du risque de chute de glace

VIII.2.2.4. LA GRAVITE DE LA CHUTE DE GLACE

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

La zone d'effet concerne :

- des terrains non aménagés et très peu fréquentés. Elle est de l'ordre de 1 ha par éolienne.
- des terrains aménagés mais peu fréquentés (voies de communication et chemins d'exploitation). La superficie concernée par le risque de chute de glace sur ce type de terrains ne concerne aucune éolienne.

La zone d'effet est nettement inférieure à 100 ha par éolienne, il est donc possible d'estimer que la présence humaine est « *inférieure à 1 personne* ».

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

Tableau 23 : l'évaluation de la gravité du risque de chute de glace

Chute de glace (dans un rayon inférieur ou égal à 58,5 m maximum)			
Éolienne	Calcul Nombre de personnes	Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)	Gravité
E1	0,011	Inférieur à 1 personne	Modérée
E2	0,011	Inférieur à 1 personne	Modérée
E3	0,011	Inférieur à 1 personne	Modérée
E4	0,011	Inférieur à 1 personne	Modérée
E5	0,011	Inférieur à 1 personne	Modérée
E6	0,011	Inférieur à 1 personne	Modérée

La canalisation de Gaz est située en dehors des zones d'effet du risque de chute de glace.

Le projet n'induit aucun survol des routes départementales : Les éoliennes du projet sont situées à plus d'une longueur de pale maximale des éoliennes les plus proches (E3 et E6) de la RD 1 et la RD 29.

VIII.2.2.5. LA PROBABILITE DE LA CHUTE DE GLACE

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

VIII.2.2.6. L'ACCEPTABILITE DE LA CHUTE DE GLACE

Le tableau suivant rappelle, pour chaque aérogénérateur du parc Butte Noire, 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 = 58,5 m maximum)		
Éolienne	Gravité	Niveau de risque
E1	Modérée	Acceptable
E2	Modérée	Acceptable
E3	Modérée	Acceptable
E4	Modérée	Acceptable
E5	Modérée	Acceptable
E6	Modérée	Acceptable

Ainsi, pour le parc éolien de la Butte Noire, 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.

VIII.2.3. LA CHUTE D'ELEMENTS D'UNE EOLIENNE

VIII.2.3.1. LA ZONE D'EFFET DE LA CHUTE D'ELEMENTS D'UNE EOLIENNE

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

Le risque de chute d'élément est cantonné à la zone de survol des pales, c'est-à-dire une zone d'effet correspondant à un disque de rayon égal à un demi-diamètre de rotor (58,5 m dans le cas du gabarit maximal d'éoliennes envisagé).

VIII.2.3.2. L'INTENSITE DE LA CHUTE D'ELEMENTS D'UNE EOLIENNE

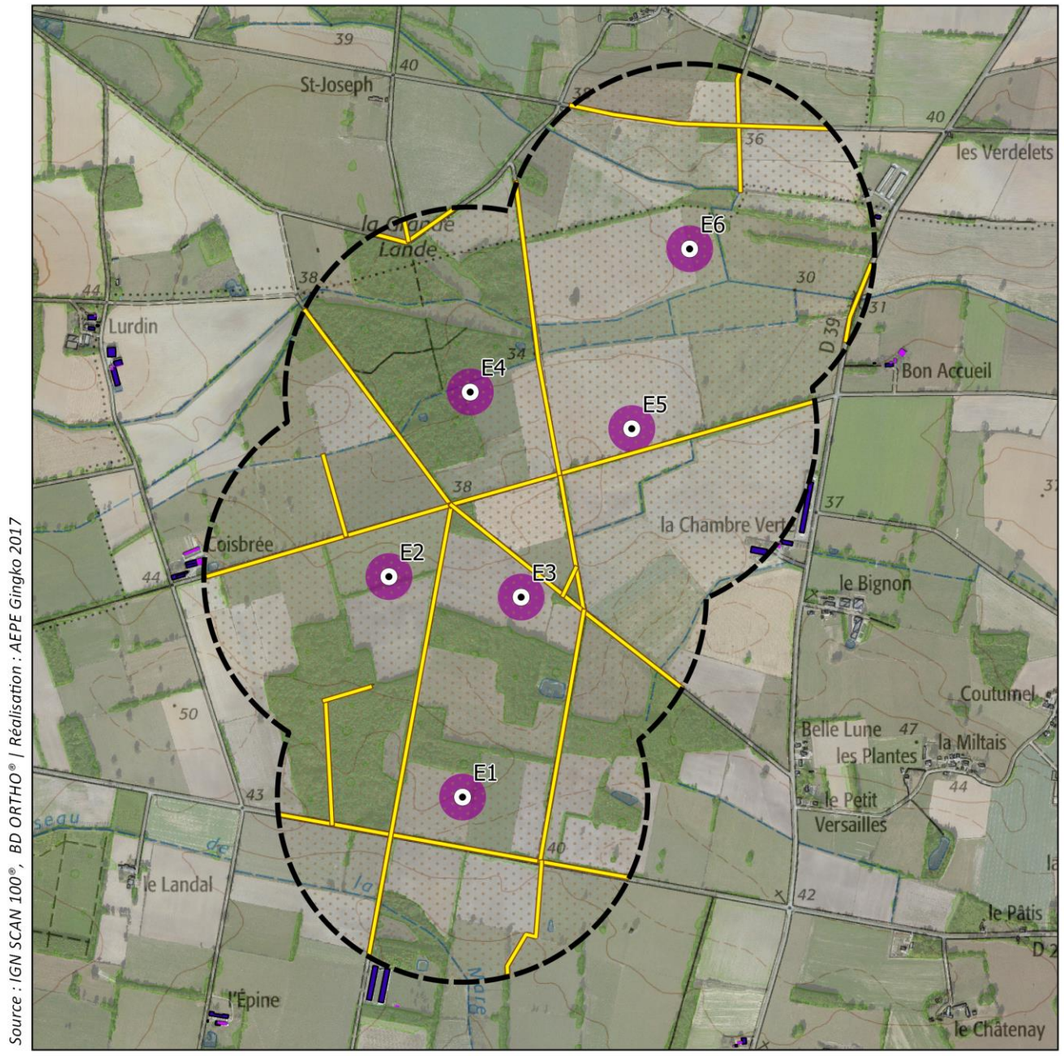
Pour le phénomène de chute d'éléments, le degré d'exposition correspond au ratio entre la surface d'un élément (cas majorant d'une pale entière se détachant de l'éolienne) et la superficie de la zone d'effet du phénomène (zone de survol).

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 la Butte Noire. D est le degré d'exposition, Z_I la zone d'impact, Z_E la zone d'effet, R la longueur de pale maximale (R= 58,5m) et LB la largeur de la base de la pale maximale (LB= 3,67 m).

Tableau 24 : l'évaluation de l'intensité du risque de chute d'éléments de l'éolienne

Chute d'éléments de l'éolienne (dans un rayon inférieur ou égal à 58,5 m maximum)			
Zone d'impact en m²	Zone d'effet du phénomène étudié en m²	Degré d'exposition du phénomène étudié en %	Intensité
$Z_I = R \times LB / 2$ Soit 107,35 m²	$Z_E = \pi \times R^2$ Soit 10 745 m²	$D = Z_I / Z_E$ Soit 0,99% x <1 %	Exposition modérée

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



Carte 15 : la zone d'effet du risque de chute d'éléments

VIII.2.3.3. LA GRAVITE DE LA CHUTE D'ELEMENTS D'UNE EOLIENNE

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

La zone d'effet concerne :

- des terrains non aménagés et très peu fréquentés. Elle est de l'ordre de 1 ha par éolienne.
- des terrains aménagés mais peu fréquentés (voies de communication et chemins d'exploitation). La superficie concernée par le risque de chute d'éléments sur ce type de terrains ne concerne aucune éolienne.

La zone d'effet est nettement est inférieure à 100 ha par éolienne, il est donc possible d'estimer que la présence humaine est « au plus 1 personne exposée ».

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

Tableau 25 : l'évaluation de la gravité du risque de chute d'éléments de l'éolienne

Chute d'éléments de l'éolienne (dans un rayon inférieur ou égal à 58,5 m maximum)			
Éolienne	Calcul Nombre de personnes	Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)	Gravité
E1	0,011	Au plus 10 personnes	Sérieux
E2	0,011	Au plus 10 personnes	Sérieux
E3	0,011	Au plus 10 personnes	Sérieux
E4	0,011	Au plus 10 personnes	Sérieux
E5	0,011	Au plus 10 personnes	Sérieux
E6	0,011	Au plus 10 personnes	Sérieux

La canalisation de Gaz est située en dehors des zones d'effet du risque de chute d'éléments de l'éolienne.

Le projet n'induit aucun survol des routes départementales : Les éoliennes du projet sont situées à plus d'une longueur de pale maximale des éoliennes les plus proches (E3 et E6) de la RD 1 et la RD 29.

VIII.2.3.4. LA PROBABILITE DE LA CHUTE D'ELEMENTS D'UNE EOLIENNE

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^{-4}événement par éolienne et par an).

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

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

VIII.2.3.5. L'ACCEPTABILITE DE LA CHUTE D'ELEMENTS D'UNE EOLIENNE

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

Chute d'éléments de l'éolienne (dans un disque de rayon inférieur ou égal à D/2 = zone de survol 58,5 m maximum)		
Éolienne	Gravité	Niveau de risque
E1	Sérieux	Acceptable
E2	Sérieux	Acceptable
E3	Sérieux	Acceptable
E4	Sérieux	Acceptable
E5	Sérieux	Acceptable
E6	Sérieux	Acceptable

Ainsi, pour le parc éolien de la Butte Noire, le phénomène de chute d'éléments de l'éolienne constitue un risque acceptable pour les personnes.

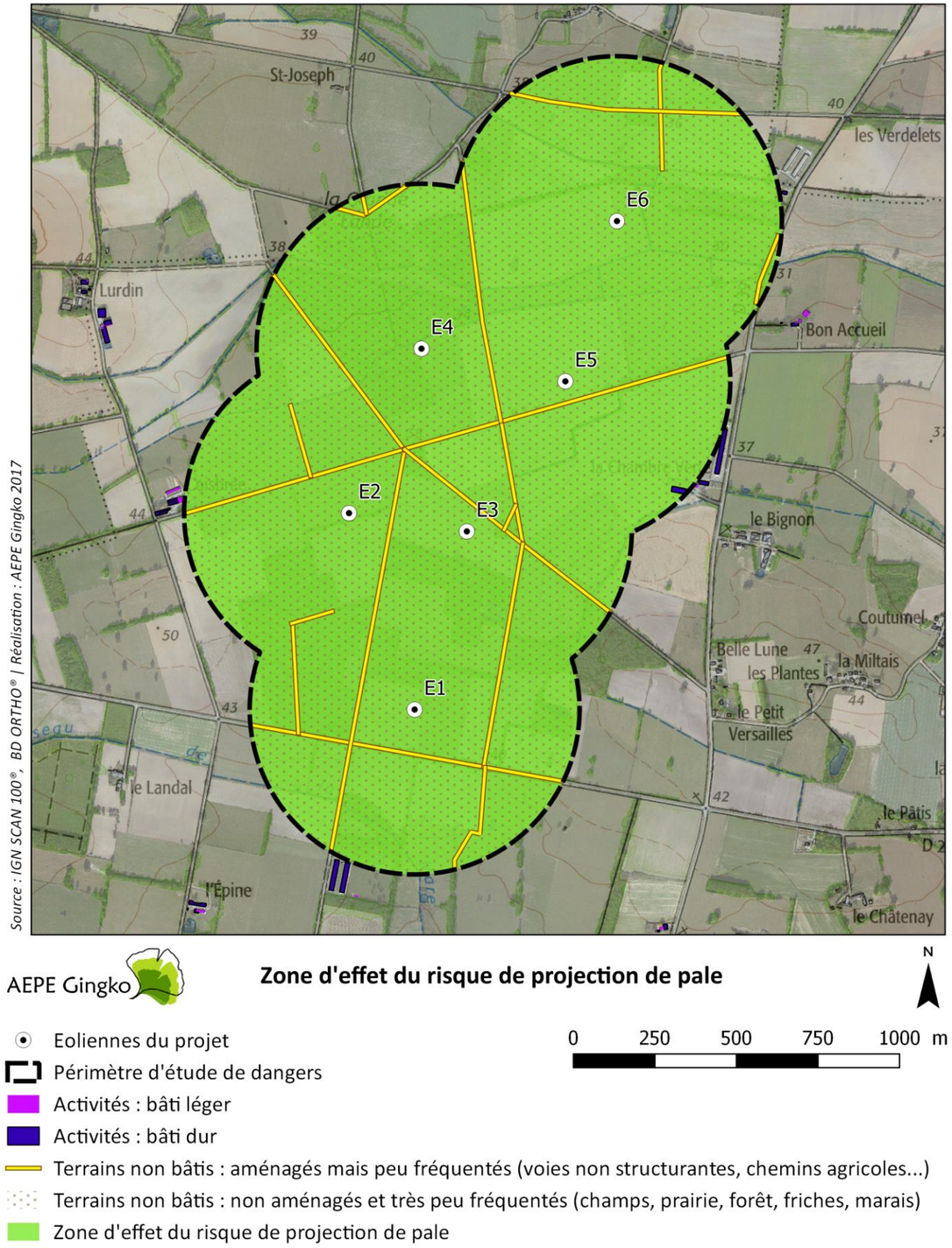
VIII.2.4. LA PROJECTION DE PALES OU DE FRAGMENTS DE PALES

VIII.2.4.1. LA ZONE D'EFFET DE LA PROJECTION DE PALES OU DE FRAGMENTS DE PALES

Dans l'accidentologie française rappelée en annexe 2, la distance maximale relevée et vérifiée par le groupe de travail précédemment mentionné pour une projection de fragment de pale est de 380 m 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] (cf. référence en annexe 6). Pour autant, des études de risques déjà réalisées dans le monde ont utilisé une distance de 500 m, en particulier les études [5] et [6].

Sur la base de ces éléments et de façon conservatrice, une distance d'effet de 500 m 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.



Carte 16 : la zone d'effet du risque de projection de pale ou de fragment de pale

VIII.2.4.2. L'INTENSITE DE LA PROJECTION DE PALES OU DE FRAGMENTS DE PALES

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 projection de pales ou de fragments de pale dans le cas du parc éolien de la Butte Noire. D est le degré d'exposition, Z_I la zone d'impact, ZE la zone d'effet, R la longueur maximale de pale (R = 58,5 m), LB la largeur de la base de la pale maximale (LB = 3,67 m) et r le rayon de projection maximale (r = 500m).

Tableau 26 : l'évaluation de l'intensité du risque de projection de pale ou de fragment de pale

Projection de pale ou de fragment de pale (zone de 500 m autour de chaque éolienne)			
Zone d'impact en m²	Zone d'effet du phénomène étudié en m²	Degré d'exposition du phénomène étudié en %	Intensité
$Z_I = R \times LB / 2$ Soit 107,35 m²	$Z_E = \pi \times r^2$ Soit 785 000 m²	$D = Z_I / Z_E$ Soit 0,01 % (< 1 %)	Exposition modérée

VIII.2.4.3. LA GRAVITE DE LA PROJECTION DE PALES OU DE FRAGMENTS DE PALES

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

Pour les terrains non aménagés et très peu fréquentés (parcelles agricoles), la zone d'effet est d'environ 78,5 ha par éolienne. Ce chiffre est à mettre en relation avec l'estimation d'une personne pour 100 ha. Cela signifie que l'on peut estimer la présence d'un équivalent de 0,78 personnes concernées par éolienne

Pour les terrains aménagés mais peu fréquentés (voies de communication et chemins d'exploitation), la superficie concernée par le risque de projection de pales ou de fragments de pales est la suivante :

- De 2,14 ha pour l'éolienne 1,
- De 1,52 ha pour l'éolienne 2,
- De 1,79 ha pour l'éolienne 3,
- De 1,69 ha pour l'éolienne 4,
- De 1,18 ha pour l'éolienne 5,
- De 0,99 ha pour l'éolienne 6,

(Note : Pour le calcul de la superficie de ces terrains, ont été considérées de manière maximisante : 10 m de largeur pour les RD, 5 m de largeur pour les voies communales et pour les chemins agricoles).

Pour ces terrains, la fiche n°1 de la circulaire du 10 mai 2010 relatives aux règles méthodologiques applicables aux études de dangers recommande d'estimer la fréquentation à 1 personne par 10 ha.

Une exploitation agricole est recensée dans la zone d'effet du risque de projection de pale ou de fragment de pale pour chacune des éoliennes E2, E5 et E6. Sont considérées 2 personnes permanentes sur chaque exploitation.

Le tableau ci-après recense le nombre de personnes permanentes concernées dans la zone d'effet du risque de projection de pale ou de fragment de pale pour chaque éolienne.

Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)						
Éolienne	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	Terrains aménagés mais peu fréquentés	Voies automobiles trafic > 2000 véh./j	Habitations (Garages, hangars)	Industries / activités	Total
E1	0,785	0,214	0	0	2	3,000
E2	0,785	0,152	0	0	2	2,938
E3	0,785	0,179	0	0	0	0,965
E4	0,785	0,169	0	0	0	0,954
E5	0,785	0,118	0	0	2	2,903
E6	0,785	0,099	0	0	2	2,884

Il est donc possible d'estimer que la présence humaine est de « Moins de 10 personnes exposées » autour des éoliennes du projet.

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

Tableau 27 : l'évaluation de la gravité du risque de projection de pale ou de fragment de pale

Projection de pale ou de fragment de pale (dans un rayon de 500m)		
Éolienne	Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)	Gravité
E1	3,000	Sérieux
E2	2,938	Sérieux
E3	0,965	Modéré
E4	0,954	Modéré
E5	2,903	Sérieux
E6	2,884	Sérieux

Une canalisation de Gaz traverse la zone d'effet du risque de projection de pale pour les éoliennes E1, E3, E4, E5, E6. Le guide de l'étude de dangers n'apporte pas de précision particulière par rapport à ce type d'infrastructure.

La présence de la canalisation ne fait pas augmenter significativement le nombre de personnes permanentes présentes sur le site.

Ci-dessous sont décrits les linéaires de canalisation présents dans les zone d'effet de projection de pale pour chaque éolienne.

Éolienne	Linéaire de canalisation concerné (en m) Dans la zone d'effet du risque de projection de pale ou fragment de pale (500 m)
E1	860
E2	0
E3	1320
E4	920
E5	942
E6	496

VIII.2.4.4. LA PROBABILITE DE LA PROJECTION DE PALES OU DE FRAGMENTS DE PALES

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

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

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

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

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* ».

VIII.2.4.5. L'ACCEPTABILITE DE LA PROJECTION DE PALES OU DE FRAGMENTS DE PALES

Le tableau suivant rappelle, pour chaque aérogénérateur du parc Butte Noire, la gravité associée et le niveau de risque (acceptable/inacceptable) : Le niveau de risque est acceptable si le nombre de personnes dans la zone d'effet est inférieur à 1000.

Projection de pale ou de fragment de pale (zone de 500 m autour de chaque éolienne)		
Éolienne	Gravité	Niveau de risque
E1	Sérieux	Acceptable
E2	Sérieux	Acceptable
E3	Modéré	Acceptable
E4	Modéré	Acceptable
E5	Sérieux	Acceptable
E6	Sérieux	Acceptable

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

VIII.2.5. LA PROJECTION DE GLACE

VIII.2.5.1. LA ZONE D'EFFET DE LA PROJECTION DE GLACE

L'accidentologie rapporte quelques cas de projection de glace. Ce phénomène est connu et possible, mais 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 maximale + diamètre de rotor maximal)

Cette distance de projection est jugée conservative dans des études postérieures [17]. À défaut de données fiables, Les études menées par l'INERIS dans le cadre de l'élaboration d'une étude de dangers commune validée par la Direction Générale de la Prévention des Risques proposent de considérer cette formule pour le calcul de la distance d'effet pour les projections de glace.

Concernant le parc éolien de la Butte Noire, la distance d'effet est donc évaluée à un rayon de 358,5 m autour des éoliennes.

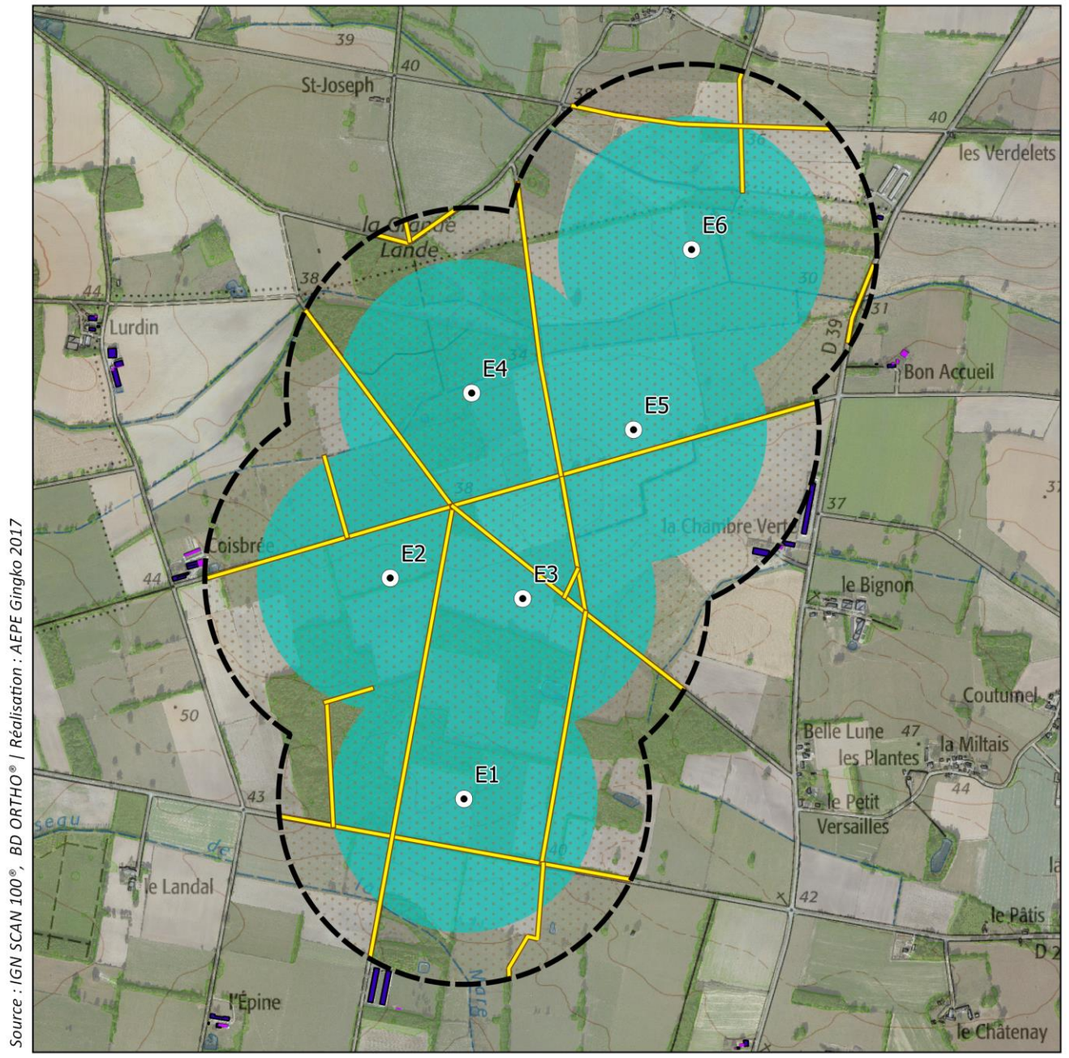
VIII.2.5.2. L'INTENSITE DE LA PROJECTION DE GLACE

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 m²) 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 la Butte Noire. D est le degré d'exposition, ZI la zone d'impact, ZE la zone d'effet, R la longueur de pale maximale (R= 58,5 m), H la hauteur maximale au moyeu (Hmoyeu= 122 m), et SG la surface majorante d'un morceau de glace.

Tableau 28 : l'évaluation de l'intensité du risque de projection de morceaux de glace pour les éoliennes

Projection de morceaux de glace (dans un rayon de 358,5 m autour de l'éolienne)			
Zone d'impact en m²	Zone d'effet du phénomène étudié en m²	Degré d'exposition du phénomène étudié en %	Intensité
Z_I= SG soit 1 m²	$Z_E = \pi \times (1,5 \times (Hmoyeu + 2 \times R))^2$ Soit 403 560 m²	$D = Z_I / Z_E$ Soit 0,0002 % (< 1 %)	Exposition modérée



Carte 17 : la zone d'effet des risques de projection de glace

VIII.2.5.3. LA GRAVITE DE LA PROJECTION DE GLACE

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

Pour les terrains non aménagés et très peu fréquentés (parcelles agricoles), la zone d'effet est d'environ 40,36 ha par éolienne. Ce chiffre est à mettre en relation avec l'estimation d'une personne pour 100 ha. Cela signifie que l'on peut estimer la présence d'un équivalent de 0,40 personnes concernées par éolienne

Pour les terrains aménagés mais peu fréquentés (voies de communication et chemins d'exploitation),

La superficie de voies de communication concernées par le risque de projection de glace de chaque éolienne est la suivante :

- De 1,31 ha pour l'éolienne 1,
- De 1,17 ha pour l'éolienne 2,
- De 1,20 ha pour l'éolienne 3,
- De 0,85 ha pour l'éolienne 4,
- De 0,65 ha pour l'éolienne 5,
- De 0,21 ha pour l'éolienne 6,

Pour ces terrains, la fiche n°1 de la circulaire du 10 mai 2010 relatives aux règles méthodologiques applicables aux études de dangers recommande d'estimer la fréquentation à 1 personne par 10 ha. Ainsi, en fonction des éoliennes l'équivalent de personnes concernées par ce risque équivaut à la somme du nombre de personnes estimé pour les terrains agricoles et du nombre de personne estimé pour les voies de communication. Ce nombre varie entre 0,021 et 0,13 personnes :

- De 0,131 équivalent personnes pour l'éolienne 1,
- De 0,117 équivalent personnes pour l'éolienne 2,
- De 0,012 équivalent personnes pour l'éolienne 3,
- De 0,085 équivalent personnes pour l'éolienne 4,
- De 0,065 équivalent personnes pour l'éolienne 5,
- De 0,021 équivalent personnes pour l'éolienne 6,

Il est donc possible d'estimer, au regard de ces éléments, que la présence humaine est « au plus 1 personne exposée » par éolienne.

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

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

Tableau 29 : l'évaluation de la gravité du risque de projection de morceaux de glace

Projection de morceaux de glace (dans un rayon maximal de 358,5 m autour de l'éolienne)			
Éolienne	Nombre de personnes	Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)	Gravité
E1	0,535	Au plus 1 personne exposée	Modéré
E2	0,521	Au plus 1 personne exposée	Modéré
E3	0,524	Au plus 1 personne exposée	Modéré
E4	0,489	Au plus 1 personne exposée	Modéré
E5	0,469	Au plus 1 personne exposée	Modéré
E6	0,424	Au plus 1 personne exposée	Modéré

Une canalisation de Gaz traverse la zone d'effet du risque de projection de glace pour les éoliennes E1, E3, E4, et E5. Le guide de l'étude de dangers n'apporte pas de précision particulière par rapport à ce type d'infrastructure. Il est à noter que le risque de projection de glace est minime en raison du climat océanique de la région Pays de la Loire.

Éolienne	Linéaire de canalisation concerné (en m) Dans la zone d'effet du risque de projection de pale ou fragment de pale (500 m)
E1	532
E2	0
E3	869
E4	600
E5	615
E6	0

VIII.2.5.4. LA PROBABILITE DE LA PROJECTION DE GLACE

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

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

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

VIII.2.5.5. L'ACCEPTABILITE DE LA PROJECTION DE GLACE

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

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

Projection de morceaux de glace (dans un rayon de R_{PG} = 358,5 m autour de l'éolienne)			
Éolienne	Gravité	Présence de système d'arrêt en cas de détection ou déduction de glace et de procédure de redémarrage	Niveau de risque
E1	Modéré	OUI	Acceptable
E2	Modéré	OUI	Acceptable
E3	Modéré	OUI	Acceptable
E4	Modéré	OUI	Acceptable
E5	Modéré	OUI	Acceptable
E6	Modéré	OUI	Acceptable

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

VIII.3. LA SYNTHESE DE L'ETUDE DETAILLEE DES RISQUES

VIII.3.1. LE TABLEAU DE SYNTHESE DES SCENARIOS ETUDIES

Le tableau suivant récapitule, pour chaque événement redouté central retenu, les paramètres de risques : la cinétique, l'intensité, la gravité et la probabilité. Il concerne les 6 éoliennes du parc Butte Noire qui présentent un même profil de risque.

Tableau 30 : la synthèse de l'évaluation des risques étudiés

Scénario	Zone d'effet	Éolienne	Cinétique	Intensité	Probabilité	Gravité
Effondrement de l'éolienne	Disque dont le rayon correspond à une hauteur totale maximale de la machine en bout de pale, soit 180 m autour des éoliennes	Toutes	Rapide	Exposition forte	D	Sérieux
Chute de glace	Zone de survol soit un rayon de 58,5 maximum autour des éoliennes	Toutes	Rapide	Exposition modérée	A	Modéré
Chute d'élément de l'éolienne	Zone de survol soit un rayon maximal de 58,5 m autour des éoliennes	Toutes	Rapide	Exposition modérée	C	Sérieux
Projection de pales ou de fragments de pales	Rayon de 500 m autour des éoliennes	E1 E2 E5 E6	Rapide	Exposition modérée	D	Sérieux
		E3 E4	Rapide	Exposition modérée	D	Modéré
Projection de glace	Rayon de 358,5 m autour des éoliennes	Toutes	Rapide	Exposition modérée	B	Modéré

VIII.3.2. L'ACCEPTABILITE DES RISQUES

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

Classe de gravité Faible ↔ Forte	Classe de Probabilité Faible ↔ Forte	E	D	C	B	A
	Désastreux					
	Catastrophique					
	Important					
	Sérieux					
	Modéré					

Légende de la matrice :

	Niveau de risque	Acceptabilité
	Risque très faible	acceptable
	Risque faible	acceptable
	Risque important	non acceptable

Scénario	Zone d'effet	Éolienne	Gravité	Probabilité	Risque	Acceptabilité
Effondrement de l'éolienne	Disque dont le rayon correspond à une hauteur totale de la machine en bout de pale, soit 180 m	Toutes	Sérieux	D	Très faible	Acceptable
Chute de glace	Zone de survol soit un rayon de 58,5	Toutes	Modéré	A	Faible	Acceptable
Chute d'élément de l'éolienne	Zone de survol soit un rayon de 58,5 m	Toutes	Sérieux	C	Faible	Acceptable
Projection de pales ou de fragments de pales	Rayon de 500 m autour des éoliennes	E1 E2 E5 E6	Sérieux	D	Très faible	Acceptable
		E3 E4	Modéré	D	Très faible	Acceptable
Projection de glace	Rayon de 358,5 m autour des éoliennes	Toutes	Modéré	B	Très faible	Acceptable

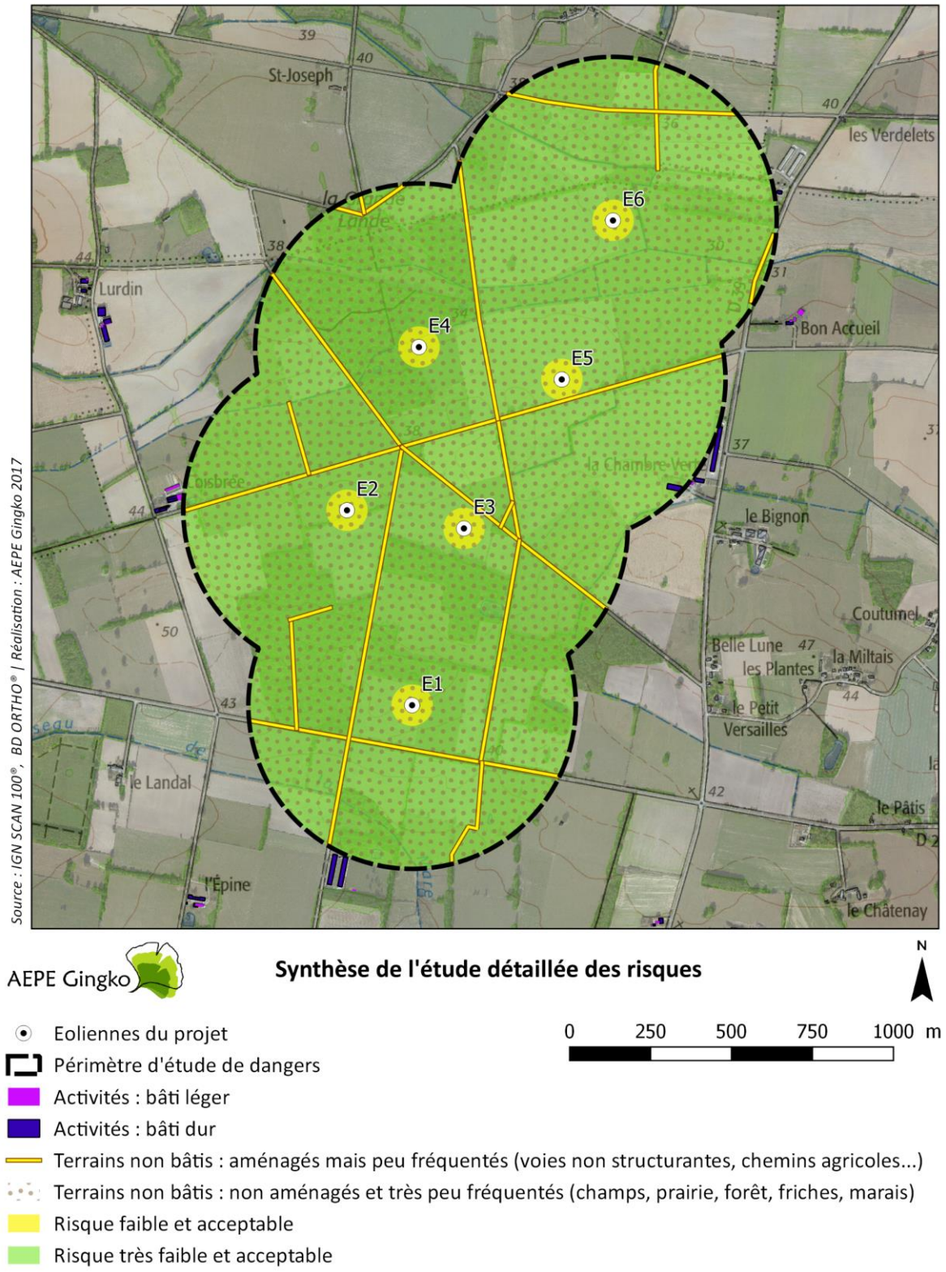
Tous les scénarios d'accident liés aux installations du projet éolien de la Butte Noire engendrent un risque jugé acceptable. Pour les scénarios présentant un niveau de risque très faible, aucune mesure n'est nécessaire. Pour le scénario de chute de glace, et de chute d'éléments de l'éolienne, présentant un niveau de risque faible, des mesures de maîtrise des risques seront mises en place.

Il apparaît au regard de la matrice ainsi complétée qu'aucun scénario d'accident n'est jugé inacceptable.

- Trois scénarios d'accident sont concernés par des risques très faibles (cases bleues) : il s'agit des risques d'effondrement d'une éolienne, de projection de pales et fragments de pales pour l'éolienne, et de projection de glace. Ils ne nécessitent pas de mesures de maîtrise des risques.
- Deux scénarios d'accident induit un risque faible (case jaune). Il s'agit des risques de chute de glace et de chute d'éléments de l'éolienne. Cela nécessite la mise en œuvre de mesures de maîtrise des risques.

VIII.3.3. LA CARTOGRAPHIE DE SYNTHESE DES RISQUES

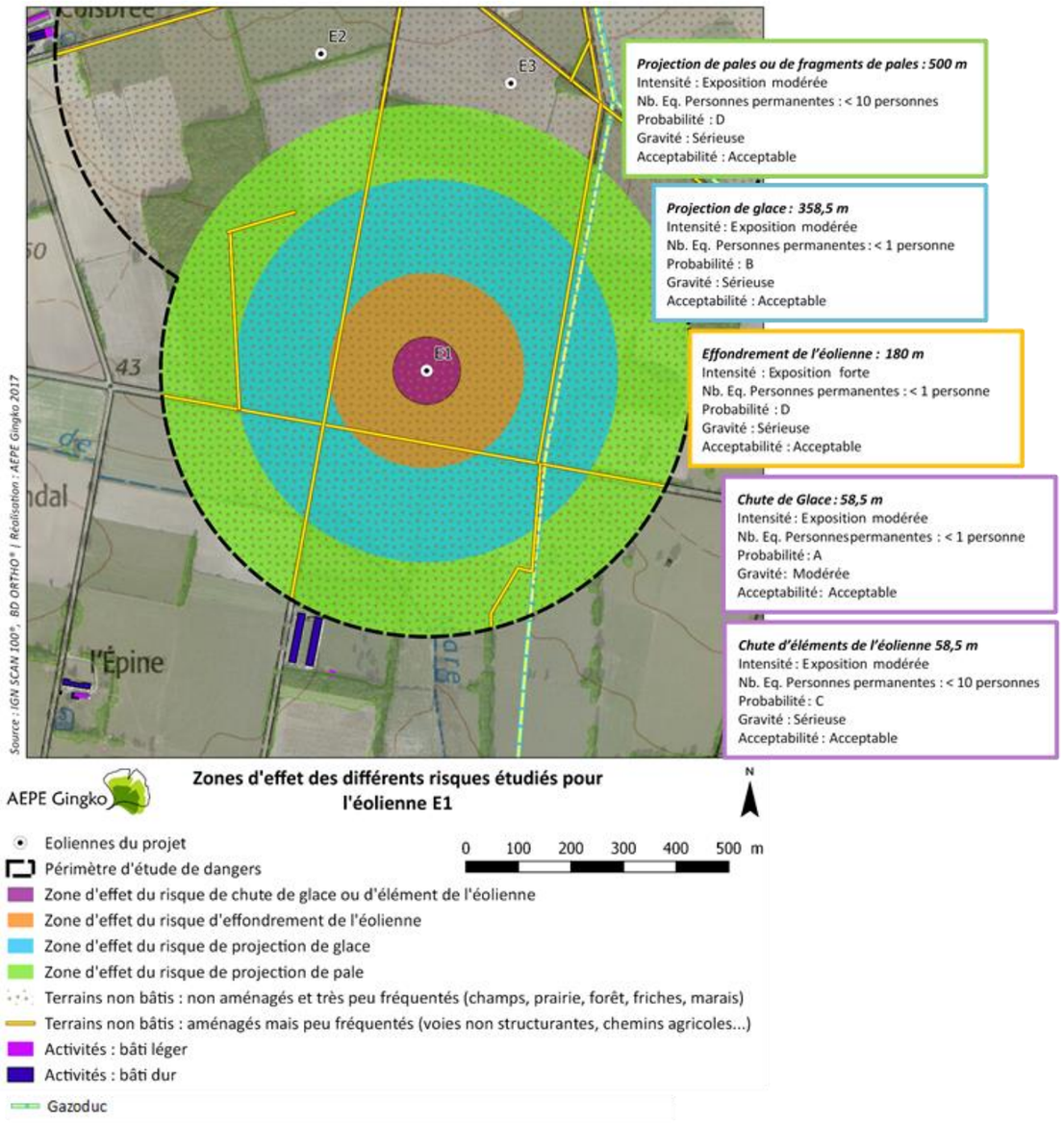
La carte ci-après permet d'illustrer le niveau de risque calculé à partir des différents scénarios envisagés, sachant qu'aucun risque important n'a été recensé :



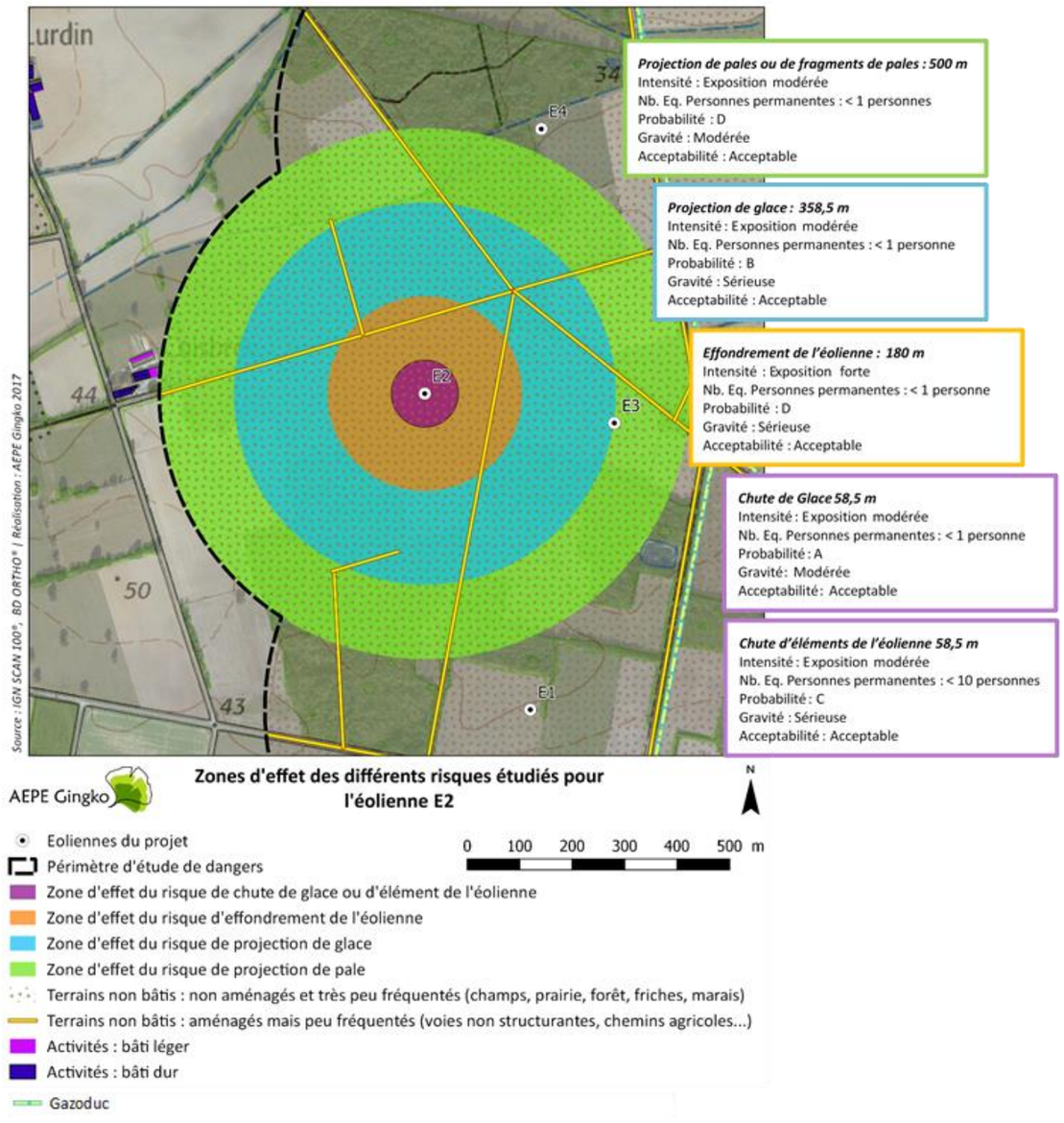
Carte 18 : les niveaux de risques évalués pour le parc éolien

VIII.3.4. CARTOGRAPHIES RECAPITULATIVES PAR EOLIENNE

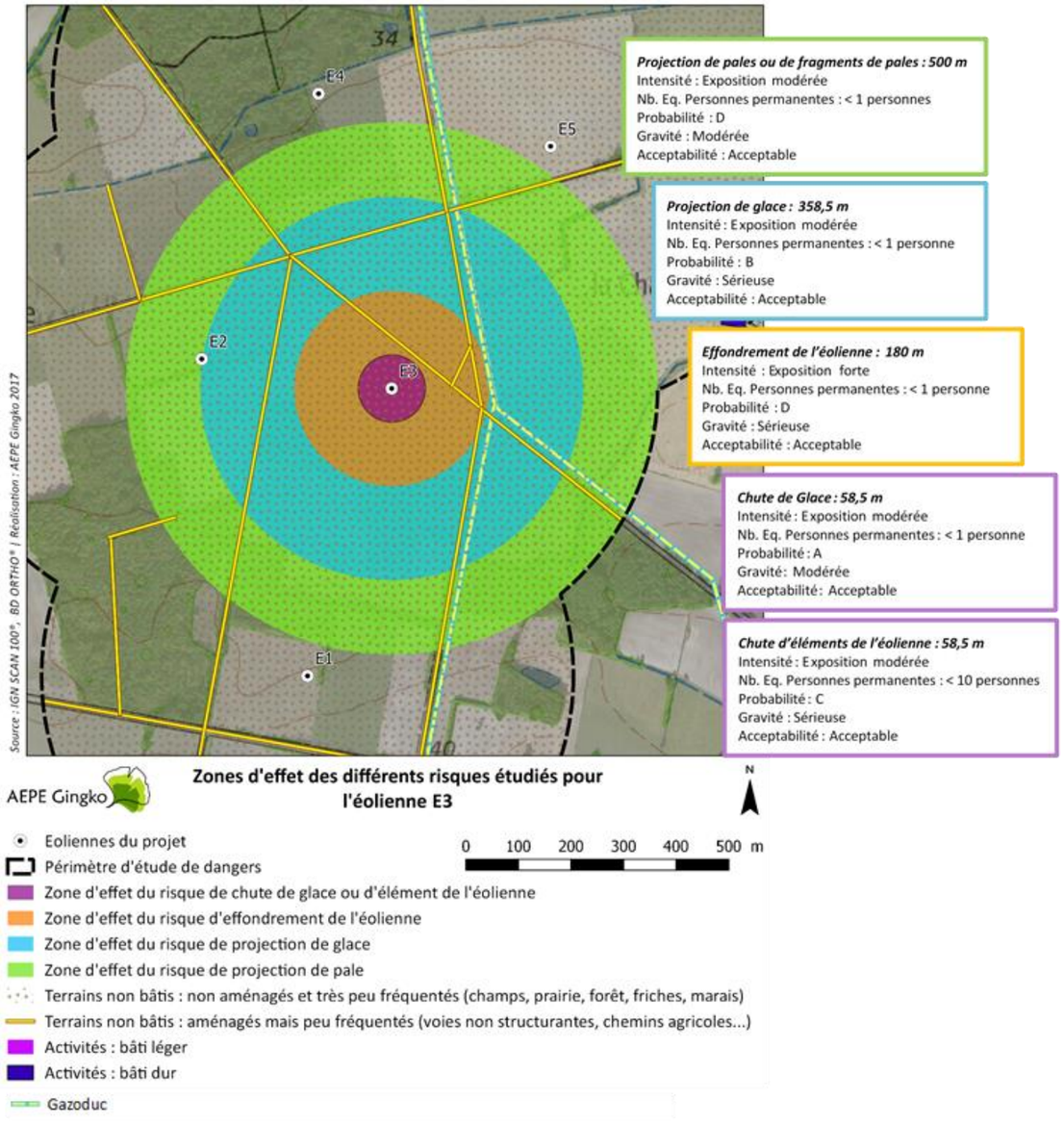
Les cartes ci-après permettent de visualiser plus précisément les zones d'effets et les risques liés aux différents scénarios de risques envisagés pour chaque éolienne du projet de la Butte Noire.



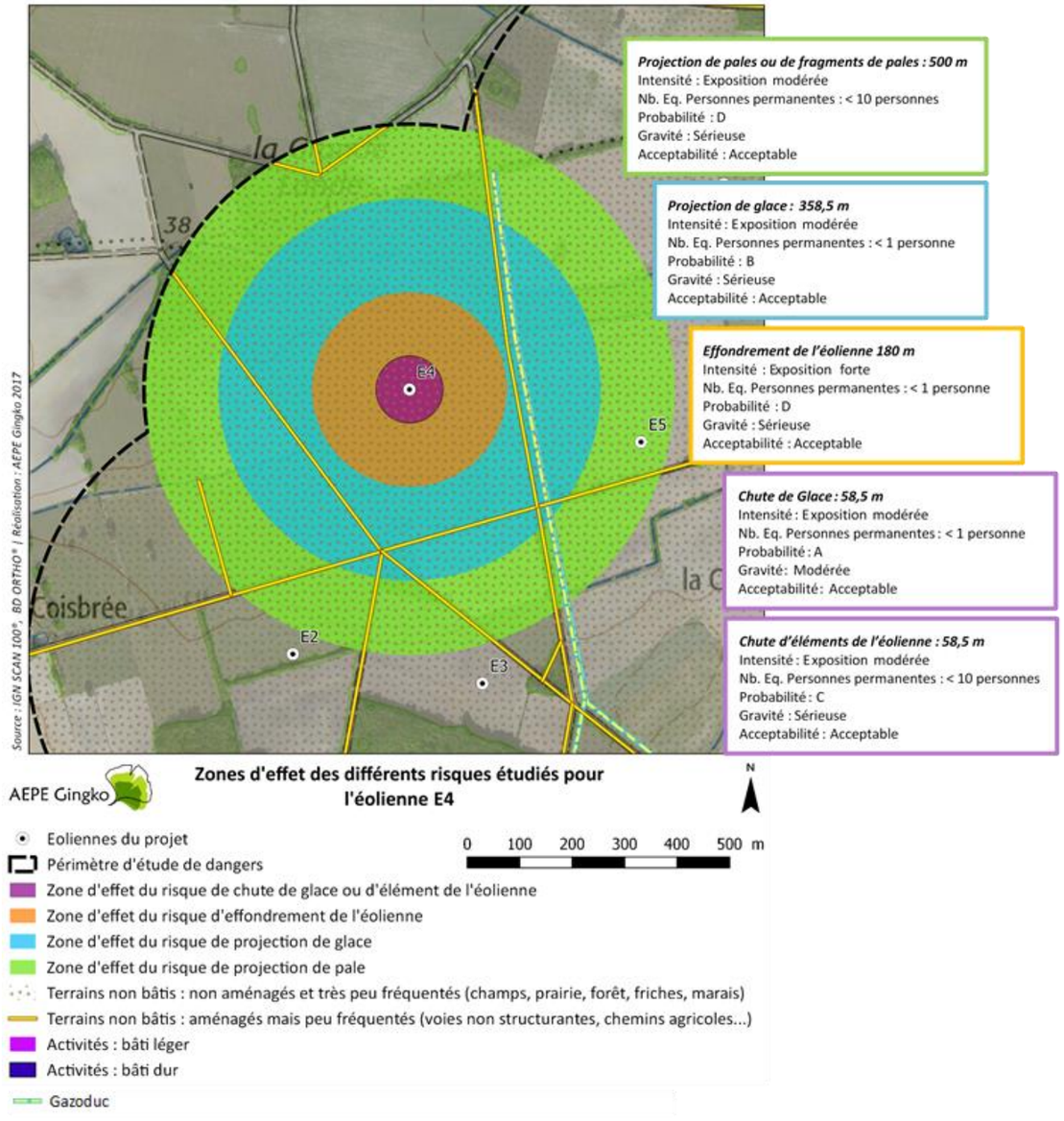
Carte 19 : les zones d'effets des différents risques étudiés pour l'éolienne E1



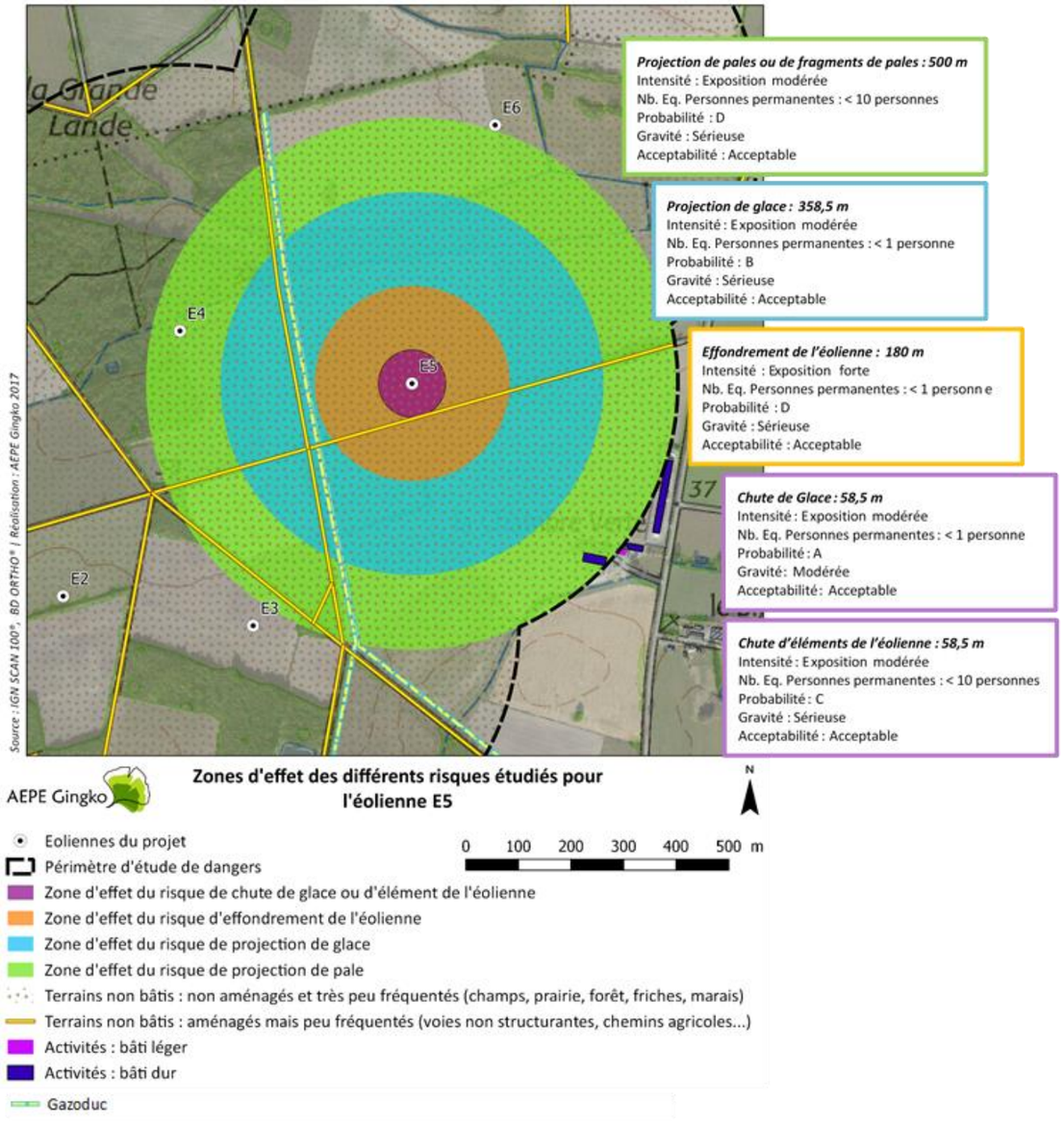
Carte 20 : les zones d'effets des différents risques étudiés pour l'éolienne E2



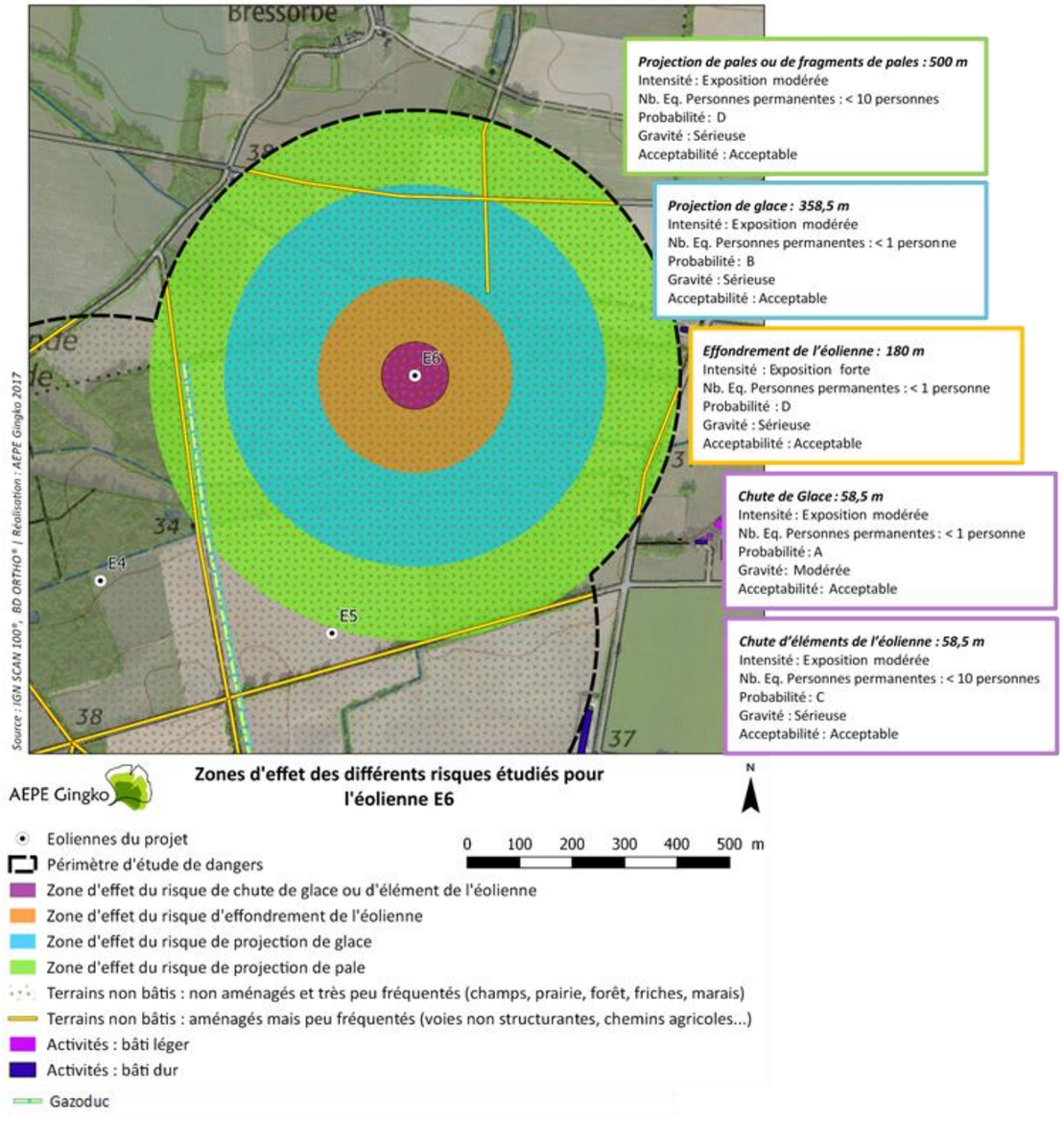
Carte 21 : les zones d'effets des différents risques étudiés pour l'éolienne E3



Carte 22 : les zones d'effets des différents risques étudiés pour l'éolienne E4



Carte 23 : les zones d'effets des différents risques étudiés pour l'éolienne E5



Carte 24 : les zones d'effets des différents risques étudiés pour l'éolienne E6

VIII.4. LES MESURES DE MAITRISE DES RISQUES

Pour les scénarios d'accidents, dont le niveau de risque a été jugé comme faible, il convient de souligner que les fonctions de sécurité et de maitrise des risques suivantes seront prises. Dans le cas du présent projet, ces mesures concernent uniquement les risques de chute de glace et de chute d'éléments de l'éolienne.

Les mesures suivantes sont proposées :

VIII.4.1. LA MAITRISE DU RISQUE LIE A LA CHUTE DE GLACE

Les mesures de maîtrise des risques, présentées dans le tableau ci-dessous, seront prises dans le cadre de l'exploitation du parc éolien afin de limiter le risque de chute de glace.

Tableau 31 : les mesures de maîtrise du risque de chute de glace

Évènement initiateur	Évènement intermédiaire	N° fonction de sécurité	Description de la mesure de maîtrise de risque (MMR)
Conditions climatiques favorables à la formation de glace	Dépôt de glace sur les pales	2	Panneautage en pied de projet Éloignement des zones habitées et fréquentées

Figure 12 : un exemple de panneau de prévention des risques sur un parc éolien

VIII.4.2. LA MAITRISE DU RISQUE LIE A LA CHUTE D'ELEMENTS

Les mesures de maîtrise des risques, présentées dans le tableau ci-dessous seront prises dans le cadre de l'exploitation du parc éolien afin de limiter le risque de chute d'éléments.

Tableau 32 : les mesures de maîtrise du risque de chute d'éléments

Évènement initiateur	Évènement intermédiaire	N° fonction de sécurité	Description de la mesure de maîtrise de risque (MMR)
Fatigue	Chute de fragment de pale	9	Contrôles réguliers des fondations et des différentes pièces d'assemblages (ex : brides, joints, etc.) Procédures qualités
Serrage inapproprié Erreur de maintenance-desserrage	Chute de fragment de pale	10	Procédure maintenance
Erreur maintenance	Chute de trappe	10	Procédure maintenance
Défaillance fixation anémomètre	Chute anémomètre	10	Procédure maintenance
Serrage inappropriée – défaillance de la fixation des pales au moyeu	Chute de pale	10	Procédure maintenance
Erreur maintenance – desserrage – défaillance de la fixation des pales au moyeu	Chute de fragment de pale	10	Procédure maintenance
Corrosion	Dommages sur les dispositifs de fixation des pales sur le moyeu, dommages sur la structure de la pale	/	Inspection régulière des brides de fixations et de la fixation des pales conformément à l'article 18 de l'arrêté du 26 août 2011
Foudre	Fragilisation de la pale	6	Mise à la terre et protection des éléments de l'aérogénérateur
Défaut de la pale	Fragilisation accrue de la pale	/	Inspection régulière des brides de fixations, des brides de mât, de la fixation des pales et contrôle visuel du mât conformément à l'article 18 de l'arrêté du 26 août 2011
Défaut fixation nacelle – pivot central - mât	Chute nacelle	/	Inspection régulière des brides de fixations, des brides de mât, de la fixation des pales et contrôle visuel du mât conformément à l'article 18 de l'arrêté du 26 août 2011

Les mesures de maîtrise de risque mises en œuvre permettront de limiter les risques d'accident liés au phénomène de chute de glace et de chute d'éléments de l'éolienne. Rappelons que ce risque est jugé acceptable au regard de l'étude détaillée menée pour les installations du projet.

VIII.5. LES MOYENS DE SECOURS ET D'INTERVENTION

VIII.5.1. LES MOYENS INTERNES

Des panneaux de signalisation rappelant les consignes de sécurité ainsi que les coordonnées des secours seront placés sur les voies d'accès au site ainsi qu'à l'entrée des différents équipements (mats des éoliennes et poste de livraison).

Un kit de premiers secours sera disposé dans chacune des nacelles, ainsi qu'un extincteur. Un extincteur sera également placé en pied de mât de chaque éolienne ainsi qu'aux postes de livraison. Le personnel sera formé à l'utilisation des extincteurs.

VIII.5.2. LES MOYENS EXTERNES

La caserne d'intervention la plus proche est le centre de secours de Derval (44). Elle est située à environ 8 km (en voiture) au nord-ouest des installations du parc éolien, le temps de route entre les deux est estimé à 10 mn.

CIS DERVAL

Rue : rue du Clos Morin - 44590 DERVAL

Tél. : 02 40 07 71 18

VIII.5.3. LE TRAITEMENT DE L'ALERTE

Les éoliennes font l'objet d'un suivi à distance 24h/24 et 7j/7. Toute défaillance de l'installation fait l'objet d'un message d'alerte transmis à l'exploitant.

Les messages d'alerte tels que définis par l'article 23 de l'Arrêté du 26 août 2011 relatif aux installations de production d'électricité utilisant l'énergie mécanique du vent au sein d'une installation soumise à autorisation au titre de la rubrique 2980 de la législation des installations classées pour la protection de l'environnement seront envoyés en moins d'une minute à l'exploitant qui est à même de contacter les services d'urgence dans un délai de 15 minutes suivant l'entrée en fonctionnement anormal de l'installation.

IX. LA CONCLUSION DE L'ETUDE DE DANGERS

L'analyse préalable des enjeux a permis de montrer que la majorité de la zone d'étude de dangers concerne des « terrains non aménagés et très peu fréquentés ». La RD 29 accueillant un trafic journalier < 2000 véh./j, les voies communales et les chemins d'exploitation du site ont été considérés comme des « terrains aménagés et peu fréquentés ».

Les quatre bâtiments agricoles présents au sein ou en bordure du périmètre d'étude de dangers ont été considérés, avec une fréquentation estimée à 2 personnes permanentes.

Les éoliennes sont éloignées à plus d'une hauteur totale de chute vis-à-vis de la canalisation de gaz, seuls les risques de projections de pale ou de glace pourraient concerner cette canalisation. Le demandeur s'engage à apporter des garanties sur la qualité de conception, de construction, et d'exploitation des éoliennes : plan de maintenance périodique, engagement de prise en charge financière, en cas de chute de l'éolienne, de l'inspection et la réparation éventuelle des ouvrages.

Afin d'évaluer les risques induits par le parc éolien de la Butte Noire, cinq scénarios d'accidents ont été envisagés. Ils concernent tous les 6 éoliennes constituant le parc éolien. Sur ces cinq scénarios, trois présentent un risque très faible (acceptable) :

- L'effondrement de l'éolienne,
- La projection d'une pale ou d'un fragment de pale,
- La projection de glace,

Deux scénarios présentent un risque faible (acceptable) :

- La chute de glace
- La chute d'éléments de l'éolienne.

Ce risque a fait l'objet des mesures de maîtrise des risques suivantes : éloignement des éoliennes des lieux de vie fréquentés, installation d'un panneau d'information au pied des éoliennes.

Tous les scénarios d'accidents liés aux installations du projet de parc éolien de la Butte Noire sont au final jugés acceptables. Le projet de la Butte Noire n'induit donc aucun risque accidentel notable.

X. LES ANNEXES

ANNEXE 1 - METHODE DE COMPTAGE DES PERSONNES POUR LA DETERMINATION DE LA GRAVITE POTENTIELLE D'UN ACCIDENT A PROXIMITE D'UNE EOLIENNE (EDD) 72
ANNEXE 2 - ACCIDENTOLOGIE 73
ANNEXE 3 - SCENARIOS GENERIQUES D'ACCIDENTS POSSIBLES 79
ANNEXE 4 - PROBABILITE D'ATTEINTE ET RISQUE INDIVIDUEL 82
ANNEXE 5 - GLOSSAIRE DES MOTS UTILISES DANS L'ETUDE DE DANGERS 83
ANNEXE 6 - BIBLIOGRAPHIE ET REFERENCES UTILISEES 85
ANNEXE 7 - RECENSEMENT ARIA DES ACCIDENTS SURVENUS EN FRANCE (2017) 86
ANNEXE 8 - RECENSEMENT ARIA DES ACCIDENTS LIES AUX PARC EOLIENS SURVENUS EN REGION PAYS DE LA LOIRE ... 91

Annexe 1 - Méthode de comptage des personnes pour la détermination de la gravité potentielle d'un accident à proximité d'une éolienne (EDD)

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 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.

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 × 0,5 × 20 000/100 = 40 personnes.

Nombre de personnes exposées sur voies de communication structurantes en fonction du linéaire et du trafic

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

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.

Établissements recevant du public (ERP)

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

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

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

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

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

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

Annexe 2 - Accidentologie

- Le tableau ci-dessous a été établi par le groupe de travail constitué pour la réalisation du guide de l'étude de dangers. Il recense l'ensemble des accidents et incidents connus en France concernant la filière éolienne entre 2000 et fin 2011. L'analyse de ces données est présentée dans la partie VI. de la trame type de l'étude de dangers. Il a par la suite été complété par les évènements récents recensés sur le site Aria.

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

Type d'accident	Date	Nom du parc / lieu	Département	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information	Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude de dangers
Effondrement	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
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 + incendie	22/12/2004	Montjoyer-Rochefort	Drôme	0,75	2004	Non	Bris des trois pales et début d'incendie sur une éolienne (survitesse de plus de 60 tr/min)	Survitesse due à une maintenance en cours, problème de régulation, et dysfonctionnement du système de freinage	Base de données ARIA Article de presse (La Tribune du 30/12/2004) Site Vent de Colère	-
Rupture de pale	2005	Wormhout	Nord	0,4	1997	Non	Bris de pale		Site Vent de Colère	Information peu précise
Rupture de pale	08/10/2006	Pleyber-Christ - Site du Télégraphe	Finistère	0,3	2004	Non	Chute d'une pale de 20 m pesant 3 tonnes	Allongement des pales et retrait de sécurité (débridage), pas de REX suite aux précédents accidents sur le même parc	Site FED Articles de presse (Ouest France) Journal FR3	-
Incendie	18/11/2006	Roquetaillade	Aude	0,66	2001	Oui	Acte de malveillance: explosion de bonbonne de gaz au pied de 2 éoliennes. L'une d'entre elles a mis le feu en pieds de mat qui s'est propagé jusqu'à la nacelle.	Malveillance / incendie criminel	Communiqués de presse exploitant Articles de presse (La Dépêche, Midi Libre)	-
Effondrement	03/12/2006	Bondues	Nord	0,08	1993	Non	Sectionnement du mât puis effondrement d'une éolienne dans une zone industrielle	Tempête (vents mesurés à 137Kmh)	Article de presse (La Voix du Nord)	-
Rupture de pale	31/12/2006	Ally	Haute-Loire	1,5	2005	Oui	Chute de pale lors d'un chantier de maintenance visant à remplacer les rotors	Accident faisant suite à une opération de maintenance	Site Vent de Colère	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident pendant la phase chantier)

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

Type d'accident	Date	Nom du parc / lieu	Département	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information	Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude de dangers
Incendie	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)	-
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 entrainant la chute de l'ensemble.	Interne exploitant	-
Incendie	19/09/2010	Montjoyer-Rochefort	Drôme	0,75	2004	Non	Emballement de deux éoliennes et incendie des nacelles.	Maintenance en cours, problème de régulation, freinage impossible, évacuation du personnel, survitesse de +/- 60 tr/min	Articles de presse Communiqué de presse SER-FEE	-
Maintenance	15/12/2010	Pouillé-les-Côteaux	Loire Atlantique	2,3	2010	Oui	Chute de 3 m d'un technicien de maintenance à l'intérieur de l'éolienne. L'homme de 22 ans a été secouru par le GRIMP de Nantes. Aucune fracture ni blessure grave.		Interne SER-FEE	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident sur le personnel de maintenance)
Transport	31/05/2011	Mesvres	Saône-et-Loire	-	-	-	Collision entre un train régional et un convoi exceptionnel transportant une pale d'éolienne, au niveau d'un passage à niveau Aucun blessé		Article de presse (Le Bien Public 01/06/2011)	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident de transport hors site éolien)
Rupture de pale	14/12/2011	Non communiqué	Non communiqué	2,5	2003	Oui	Pale endommagée par la foudre. Fragments retrouvés par l'exploitant agricole à une distance n'excédant pas 300 m.	Foudre	Interne exploitant	Information peu précise sur la distance d'effet
Incendie	03/01/2012	Non communiqué	Non communiqué	2,3	2006	Oui	Départ de feu en pied de tour. Acte de vandalisme : la porte de l'éolienne a été découpée pour y introduire des pneus et de l'huile que l'on a essayé d'incendier. Le feu ne s'est pas propagé, dégâts très limités et restreints au pied de la tour.	Malveillance / incendie criminel	Interne exploitant	Non utilisable directement dans l'étude de dangers (pas de propagation de l'incendie)

Type d'accident	Date	Nom du parc / lieu	Département	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information	Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude de dangers
Rupture de pale	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	-
Oscillation anormale	18/05/2012	Fresnay-L'eveque	Eure-et-Loir	52 MW (26 éoliennes)	2008	/	Arrêt d'une éolienne dû à une oscillation anormale. 5h plus tard, chute d'une pale et du roulement.	Corrosion dues aux conditions de stockage de pièces constitutives du roulement	Aria	/
Chute éolienne (30 m)	30/05/2012	Port-la-Nouvelle	Aude	200 kW	1991	Non (ancien)	Chute du mât treillis d'une éolienne ancienne suite à des rafales de vent à 130 km/h.	Tempête (rafales de vent)	Aria	/
Projection d'élement d'une pale.	01/11/2012	Vieillespesse	Cantal	2,5 MW	2011	/	Projection d'un morceau de pale à 70 m du mât.	inconnu	Aria	/
Incendie, et chute de pale	05/11/2012	Sigean	Aude	660 kW / éolienne	Non connue	/	Incendie et chute de pale des suites de l'incendie. Perte des dispositifs de pilotage, et du système de freinage.	Problème de disjoncteur, court-circuit ayant entrainé un incendie	Aria	/
Chute d'une pale	06/03/2013	Conilhac-de-la-Montagne	Aude	Non connue	Non connue	/	Chute de pale consécutive à un défaut de vibration.	Défaut de vibration…	Aria	/
Incendie de la nacelle et chute de pale	17/03/2013	Euvy	Marne	18 éoliennes.	Non connue	/	Incendie suite à défaillance électrique et chute de pale.	Défaillance électrique	Aria	/
Incendie	29/01/2015	Remigny	Aine	Non connue	Non connue	/	Incendie suite à un arc électrique.	Arc électrique entre deux phases.	Aria	/
Incendie	06/02/2015	Lusseray	Deux-Sèvres	Non connue	Non connue	/	Incendie d'une armoire électrique, maitrisé à l'aide d'extincteurs	Inconue	Aria	/
Incendie	24/05/2015	Santilly	Eure-et-Loir	Non connue	Non connue	/	Incendie d'une éolienne ; Le foyer brule sous surveillance.	Inconue	Aria	/

Type d'accident	Date	Nom du parc / lieu	Département	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information	Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude de dangers
Chute du rotor et de 3 pales	10/11/2015	Menil-la-Horgne	Meuse	/	/	/	Chute au sol du rotor et des 3 pales. Débris disséminés sur 4000 m²	Défaillance de l'arbre lent dûe à un défaut de fabrication de la pièce. Cela a conduit à la rupture de la pièce par fatigue.	Aria	Débris disséminés sur 4000 m²
Chute après défaillance de l'éarofrein	07/02/2016	Conilhac-Corbières	Aude	/	/	/	Chute au sol de l'aérofrein d'une pale après rupture.	Rupture d'un point d'attache du système mécanique de commande de l'aérofrein.	Aria	Informations peu précises sur la technologie défaillante
Rupture et chute de pale	08/02/2016	Dineault	Finistère	1,2 MW	1999	Non	Tempête 160km/h. Chute d'une pale au sol, déchirement d'une pale retrouvée à 40 m au pied du mât.	Tempête	Aria	Non utilisable, gabarits différents. L'accident est survenu sur une éolienne de 29 m de hauteur.
Rupture et chute de pale	07/03/2016	Calanhel	Côtes-d'armor	/	/	/	Rupture d'une pale et chute à 5 m du pied de l'éolienne	Défaillance du système d'orientation de la pale	Aria	/
Ecoulement d'huile	28/05/2016	Janville	28	/	/	/	Écoulement d'huile, récupéré	Défaillance raccord circuit refroidissement	Aria	/
Incendie du rotor	10/08/2016	Hescamps	80	/	/	/	Incendie (départ de feu dans la nacelle), maitrisé par un technicien	Défaillance électrique	Aria	/
Incendie partie haute	18/08/2016	Dargies	60	/	/	/	Éolienne arrêtée, suivi d'un incendie maitrisé par les pompiers	Défaillance électrique au niveau de l'armoire électrique ou le pupitre de commande	Aria	/
Électrisation d'un technicien	14/09/2016	Les Grandes-Chapelles	10 Aube	/	/	/	Un technicien est électrisé lors d'une intervention à l'intérieur de l'éolienne	/	Aria	/

Annexe 3 - Scénarios génériques d'accidents possibles

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

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

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

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

Scénario G01

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

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

- Système de déduction de la formation de glace
- Système de détection de glace sur la nacelle (en option)
- Système de détection de glace sur les pales (en option)
- Arrêt préventif en cas de déséquilibre du rotor
- Arrêt préventif en cas de givrage de l'anémomètre.

Scénario G02

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

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

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

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

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

Dans l'analyse préliminaire des risques seulement quelques exemples vous sont fournis. La méthodologie suivante pourra aider à déterminer l'ensemble des scenarii 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. 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, entrainant l'arrêt des éoliennes ;
- Basculement automatique de l'alimentation principale sur l'alimentation de secours (batteries) pour arrêter les aérogénérateurs et assurer la communication vers le superviseur.
- Concernant la perte de communication entre le parc éolien et le superviseur à distance, celle-ci n'entraîne pas d'action particulière en cas de perte de la communication pendant une courte durée.

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

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

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

Scénarios relatifs aux risques de fuites (F01 à F02)

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

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

Scénario F01

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

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

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

Deux événements peuvent être aggravants :

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

Scénario F02

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

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

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

Ce scénario est à adapter en fonction des produits utilisés.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Scénario P01

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

Scénario P02

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

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

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

Scénarios P03

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

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

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

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

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

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

Annexe 4 - 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 :

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

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

$P_{orientation}$ = 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)

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

$P_{atteinte}$ = 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)

$P_{présence}$ = 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.

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

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

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

Annexe 5 - Glossaire des mots utilisés dans l'étude de dangers

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Attention aux confusions possibles :

1. Assimilation entre probabilité d'un accident et celle du phénomène dangereux correspondant, la première intégrant déjà la probabilité conditionnelle d'exposition des enjeux. L'assimilation sous-entend que les enjeux sont effectivement exposées, ce qui n'est pas toujours le cas, notamment si la cinétique permet une mise à l'abri ;

2. Probabilité d'occurrence d'un accident x sur un site donné et probabilité d'occurrence de l'accident x, en moyenne, dans l'une des N installations du même type (approche statistique).

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

- Réduction de la probabilité : par amélioration de la prévention, par exemple par ajout ou fiabilisation des mesures de sécurité
- Réduction de l'intensité :
    - par action sur l'élément porteur de danger (ou potentiel de danger), par exemple substitution par une substance moins dangereuse, réduction des vitesses de rotation, etc.
    - réduction des dangers: la réduction de l'intensité peut également être accomplie par des mesures de limitation
- La réduction de la probabilité et/ou de l'intensité correspond à une réduction du risque « à la source ».
- Réduction de la vulnérabilité : par éloignement ou protection des éléments vulnérables (par exemple par la maîtrise de l'urbanisation, ou par des plans d'urgence).

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

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

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.

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

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

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

ICPE : Installation Classée pour la Protection de l'Environnement

SER : Syndicat des Energies Renouvelables

FEE : France Energie Eolienne (branche éolienne du SER)

INERIS : Institut National de l'EnviRonnement Industriel et des RisqueS

EDD : Etude de dangers

APR : Analyse Préliminaire des Risques

ERP : Etablissement Recevant du Public

Annexe 6 - Bibliographie et références utilisées

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

[14] Alpine test site Gütsch : monitoring of a wind turbine under icing conditions- R. Cattin etal.

[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., Leteurtrois J.-P. - juillet 2004

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

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

Annexe 7 - Recensement ARIA des accidents survenus en France (2017)

MINISTERE DU DEVELOPPEMENT DURABLE
DIRECTION GENERALE DE LA PREVENTION DES RISQUES
SRT / BARPI

Résultats de recherche d'accidents sur www.aria.developpement-durable.gouv.fr

La base de données ARIA, exploitée par le ministère du développement durable, recense essentiellement les événements accidentels qui ont, ou qui auraient pu porter atteinte à la santé ou la sécurité publiques, l'agriculture, la nature et l'environnement. Pour l'essentiel, ces événements résultent de l'activité d'usines, ateliers, dépôts, chantiers, élevages,... classés au titre de la législation relative aux Installations Classées, ainsi que du transport de matières dangereuses. Le recensement et l'analyse de ces accidents et incidents, français ou étrangers sont organisés depuis 1992. Ce recensement qui dépend largement des sources d'informations publiques et privées, n'est pas exhaustif. La liste des évènements accidentels présentés ci-après ne constitue qu'une sélection de cas illustratifs. Malgré tout le soin apporté à la réalisation de cette synthèse, il est possible que quelques inexactitudes persistent dans les éléments présentés. Merci au lecteur de bien vouloir signaler toute anomalie éventuelle avec mention des sources d'information à l'adresse suivante :
BARPI – DREAL RHONE ALPES 69509 CEDEX 03 / Mel : srt.barpi@developpement-durable.gouv.fr

Nombre d'accidents répertoriés :50 - 01/03/2017

Liste de(s) critère(s) de la recherche
- Date et Lieu : FRANCE
- Résumé : recherche.typeRecherche.tous.mots éolien

N°48588 - 14/09/2016 - FRANCE - 10 - LES GRANDES-CHAPELLES
D35.11 - Production d'électricité
Vers 15 h, un employé est électrisé alors qu'il intervient dans le nez d'une éolienne. Les pompiers spécialisés dans les interventions en hauteur évacuent la victime consciente.

N°48471 - 18/08/2016 - FRANCE - 60 - DARGIES
D35.11 - Production d'électricité
Un technicien de maintenance d'un parc éolien constate vers 9 h qu'une éolienne ne tourne plus. Il découvre que de la fumée s'échappe de la tête de l'éolienne, à 80 m de haut. Des pompiers spécialisés dans les interventions en milieux périlleux effectuent une reconnaissance en partie haute de la machine. Ils ouvrent une trappe de ventilation. Une défaillance électrique serait à l'origine de l'incendie. L'armoire électrique ou le pupitre de commande en serait le point de départ.

N°48426 - 10/08/2016 - FRANCE - 80 - HESCAMPS
D35.11 - Production d'électricité
Vers 15 h, un feu se déclare dans la partie haute d'une éolienne, au niveau du rotor. Un technicien maîtrise l'incendie avant l'arrivée des pompiers. Il redescend seul les 70 m de l'échelle intérieure de l'éolienne. Il est légèrement intoxiqué par les fumées. Les pompiers contrôlent l'extinction complète et procèdent à la ventilation.
Une défaillance électrique serait à l'origine du départ de feu.

N°48264 - 28/05/2016 - FRANCE - 28 - JANVILLE
D35.11 - Production d'électricité
À 15h15, un employé constate un écoulement d'huile sous la nacelle d'une éolienne. Il arrête celle-ci et contacte l'équipe de maintenance. Arrivés à 17 h, les agents mettent en place des absorbants. L'écoulement d'huile est récupéré avant d'avoir atteint le sol. La défaillance d'un raccord sur le circuit de refroidissement de l'huile de la boîte de vitesse de l'éolienne est à l'origine de la fuite. L'installation est réparée 2 jours plus tard. L'exploitant engage une campagne de remplacement des raccords identiques du parc.

N°47763 - 07/03/2016 - FRANCE - 22 - CALANHEL
D35.11 - Production d'électricité
Vers 18 h, une des pales d'une éolienne se rompt et chute à 5 m du pied du mât. La turbine s'arrête automatiquement. L'exploitant est alerté par un agriculteur. Un intervenant se rend sur place et constate les dégâts. Le mât est endommagé dans sa partie haute, causé par un choc avec la pale, sans présenter de risque de chute. Il balise la zone pour prévenir des chutes possibles d'éléments du rotor. 8 autres turbines du parc sont mises à l'arrêt. Les 2 dernières, ayant fait l'objet d'une révision intégrale récente, sont maintenues en fonctionnement.
Le lendemain, le site est sécurisé. La pale est déplacée, en dehors de la zone de culture. Les gros débris composés de matériaux composites et d'éléments mécaniques métalliques, projetés sur 50 m, sont regroupés pour expertise. La totalité des 54 billes de roulement est récupérée. Les débris de petite taille ne pouvant être retirés intégralement, les exploitants des parcelles agricoles concernées sont informés. La zone d'entreposage est balisée.
A l'origine, une rupture du système d'orientation.
L'inspection des éléments mécaniques au sol et du rotor permet d'envisager une défaillance du système d'orientation de la pale. Celle-ci aurait entraîné la rupture de la couronne extérieure du roulement à bille puis la libération de la couronne intérieure solidaire de la pale. L'éolienne avait fait l'objet d'une maintenance complète en septembre 2015. Son roulement ne présentait pas d'usure anormale. Cependant, une série d'alarmes était survenue le matin de l'événement. Une panne sur un groupe hydraulique avait nécessité l'intervention des équipes de maintenance. Après réparation, l'éolienne avait été redémarrée vers 14 h.
L'exploitant prend les mesures immédiates suivantes :
démantèlement de l'éolienne impactée ;réalisation d'un protocole de contrôle, par le fabricant, du roulement et de la boulonnerie de toutes les pales avant redémarrage des unités arrêtées ;inhibition du réarmement automatique de la turbine sur apparition d'une alarme de dysfonctionnement du système d'orientation des pales ;limitation de la puissance produite à 650 kW (au lieu de 800 kW) pour une période d'observation de 7 jours.

N°47680 - 08/02/2016 - FRANCE - 29 - DINEAULT
D35.11 - Production d'électricité
Lors d'une tempête, des vents à 160 km/h endommagent une éolienne : une pale chute au sol, une autre se déchire. La pale rompue est retrouvée à 40 m du pied du mat. Dans les 2 cas, les manchons des pales sont restés arrimés au moyeu. L'exploitant met en sécurité les 4 éoliennes du parc. Les secours établissent un périmètre de sécurité de 350 m.
L'éolienne, de 29 m de hauteur, datait de 1999 (puissance unitaire de 300 kW).

Ministère du développement durable - DGPR / SRT / BARPI - Page 2

Nombre d'accidents répertoriés :50 - 01/03/2017

N°47675 - 07/02/2016 - FRANCE - 11 - CONILHAC-CORBIERES
D35.11 - Production d'électricité
Vers 11h30, l'aérofrein d'une des 3 pales d'une éolienne se rompt et chute au sol. L'exploitant procède à l'arrêt de l'ensemble du parc éolien à distance. Les secours sécurisent les lieux. Les premières investigations indiqueraient qu'un point d'attache du système mécanique de commande de l'aérofrein (système à câble) se serait rompu, ce qui aurait actionné l'ouverture de l'aérofrein. Du fait des fortes charges présentes sur le rotor, l'axe en carbone qui maintient l'aérofrein à la pale et/ou le point d'ancrage de cet axe, se serait alors rompu. Une campagne de contrôle des pales, aérofreins et de la chaîne de sécurité de chaque éolienne est réalisée.

N°47377 - 10/11/2015 - FRANCE - 55 - MENIL-LA-HORGNE
D35.11 - Production d'électricité
Vers 22h30, les 3 pales et le rotor d'une éolienne, dont la nacelle se situe à 85 m de haut, chutent au sol. Le transformateur électrique, à son pied, est endommagé. De l'huile s'en écoule mais reste confinée dans la rétention. Le centre de supervision à distance du parc constate la perte de communication avec l'éolienne. Il la découple du réseau. Le lendemain, les agents de maintenance constatent sur place la rupture du rotor. Ils sécurisent la zone. Les 6 autres éoliennes du parc sont mises à l'arrêt. Les débris, disséminés sur 4 000 m², sont ramassés.
Selon l'exploitant, les premières constations indiqueraient une défaillance de l'arbre lent, qui assure la jonction entre le rotor et la multiplicatrice. Elle trouverait son origine dans un défaut de fabrication de la pièce. Une non-conformité dans le processus de moulage de cette pièce de fonderie en acier est suspectée. Un défaut métallurgique, de type inclusion de laitier, aurait fragilisé la pièce et conduit à sa rupture par fatigue. Les contrôles réalisés sur les autres éoliennes du parc ont mis en évidence que ce type de défaut était présent sur un des autres arbres lents, au même niveau que celui accidenté.
Au total 54 éoliennes du même modèle sont installées en France. Les services du ministère du développement durable demandent au fabriquant d'établir un programme de contrôle adapté. A la suite des contrôles effectués sur les autres arbres lents du même parc d'éolienne, 2 d'entre eux sont remplacés.

N°47062 - 24/08/2015 - FRANCE - 28 - SANTILLY
D35.11 - Production d'électricité
Un feu se déclare vers 13h30 sur le moteur d'une éolienne situé à 90 m de hauteur. La nacelle étant trop haute pour la grande échelle des pompiers, ces derniers décident de laisser brûler le foyer sous surveillance. Les chemins menant à l'éolienne sont interdits à la circulation.

N°46780 - 01/07/2015 - FRANCE - 02 - GRISOLLES
E38.21 - Traitement et élimination des déchets non dangereux
Dans une installation de stockage de déchets non dangereux, une déchirure est constatée au niveau de la géomembrane de la digue séparant une alvéole en cours d'exploitation et une alvéole en cours d'aménagement. Sur cette dernière, barrière passive et géomembrane sont déjà mises en place, mais pas la couche drainante et le géotextile. Une fuite de lixiviats se produit au niveau de l'alvéole en cours d'aménagement. Les lixiviats s'écoulent entre la géomembrane et la couche d'argile constituant la barrière de sécurité passive et stagnent au niveau du point bas.
Etant donné que le terrain naturel situé sous l'alvéole est constitué d'argile (jusqu'à 5 mètres d'épaisseur), la barrière de sécurité passive a une perméabilité encore inférieure à celle prescrite par l'arrêté préfectoral du site. Le risque de pollution des nappes situées sous cette barrière est donc faible.
L'exploitant excave le talus de déchets à l'endroit probable de la fuite afin de la localiser avec précision. Il pompe les lixiviats accumulés au point bas après ouverture de la géomembrane. La perforation de la géomembrane est réparée par soudure par extrusion. Des vérifications sont effectuées dans les jours suivants pour s'assurer de l'absence de récidive de la fuite. Un pompage est réalisé chaque jour pendant une semaine. Un bureau de contrôle indépendant est mandaté pour vérifier la qualité des réparations effectuées sur la géomembrane et pour s'assurer que le contact prolongé des lixiviats avec la barrière de sécurité passive n'a pas remis en cause sa capacité à assurer sa fonction. L'alvéole est remise en exploitation qu'après levée des doutes.
La fuite aurait été causée par un objet qui, en tombant d'une l'éolienne sur la digue, aurait frotté contre le PEHD et provoqué une déchirure de 30 cm.

N°46237 - 06/02/2015 - FRANCE - 79 - LUSSERAY
D35.11 - Production d'électricité
Vers 15h30, un feu se déclare dans une éolienne, au niveau d'une armoire électrique où interviennent 2 techniciens. Ces derniers éteignent l'incendie avec 2 extincteurs. L'éolienne est hors service le temps des réparations.

N°46304 - 29/01/2015 - FRANCE - 02 - REMIGNY
D35.11 - Production d'électricité
A 6h25 un feu se déclare dans une éolienne. Celle-ci est automatiquement mise à l'arrêt sur alarme du détecteur de fumée. Sur place à 7h30, des employés constatent la présence de flammes et de fumée. Ils alertent les pompiers. A cause des fumées, ces derniers ne parviennent pas à approcher de la source de l'incendie. Ils doivent attendre leur dissipation. A 9h20 ils réussissent à progresser dans l'éolienne et éteignent l'incendie.
Les dommages matériels sont estimés à 150 k?. Les 1 500 l d'eau utilisés pour le nettoyage sont pompés.
Un défaut d'isolation au niveau des connexions des conducteurs de puissance serait à l'origine du sinistre. Le câble mis en cause assure la jonction entre la base et le haut de la tour. Ce défaut aurait provoqué un arc électrique entre 2 phases ce qui aurait initié l'incendie.
L'éolienne n'était pas encore en exploitation, mais en phase de test. L'exploitant prévoit de tester la qualité de l'isolation de tous les câbles de puissance avant la mise en service. Il prévoit également de réaliser des mesures thermiques sur tous les câbles de puissance à 80 % de leur charge nominale.

Nombre d'accidents répertoriés :50 - 01/03/2017

N°46030 - 05/12/2014 - FRANCE - 11 - FITOU
D35.11 - Production d'électricité
A leur arrivée dans un parc éolien, des techniciens de maintenance constatent que l'extrémité d'une pale d'une éolienne est au sol. Il s'agit d'une des 2 parties de l'aérofrein de la pale. Cette partie, en fibre de verre, mesure 3 m de long. Elle est retrouvée à 80 m du mât. La seconde partie de l'aérofrein constitue sa partie mécanique interne. Ces éléments-là sont encore en place sur la pale. L'éolienne est arrêtée et mise en sécurité la pale endommagée vers le bas.
L'exploitant effectue une inspection visuelle des pales des 8 autres éoliennes du parc. En première approche, l'exploitant attribue l'incident à une défaillance matérielle ou à un décollage sur les plaques en fibre de verre. Les morceaux récupérés au sol sont envoyés au centre de maintenance de l'exploitant pour expertise.

N°45960 - 14/11/2014 - FRANCE - 07 - SAINT-CIRGUES-EN-MONTAGNE
D35.11 - Production d'électricité
La pale d'une éolienne chute vers 15h10 lors d'un orage. Des rafales de vent atteignent les 130 km/h. L'élément principal chute au pied de l'éolienne. Certains débris sont projetés à 150 m. Les secours établissent un périmètre de sécurité et ferment la voie d'accès. L'exploitant sécurise la pale endommagée et bloque la rotation de la nacelle. L'installation est expertisée et les 8 autres éoliennes du parc sont inspectées.

N°44870 - 20/01/2014 - FRANCE - 11 - SIGEAN
YYY - Activité indéterminée
Une des éoliennes d'un parc s'arrête automatiquement à 3h09 à la suite d'un défaut "vibration". Sur place à 9h30, les techniciens de maintenance (assurée par le fabricant des éoliennes) retrouvent une pale de 20 m au pied du mât. Les 2 autres pales sont toujours en place. Un périmètre de sécurité de 100 m est établi autour de l'éolienne. Une société de gardiennage surveille ce périmètre pour éviter l'intrusion de tiers. L'ensemble des machines du parc est mis à l'arrêt pour inspection puis redémarré, à l'exception de l'éolienne endommagée dont la pale doit être remplacée. L'exploitant informe l'inspection des installations classées ainsi que la mairie et déclare le sinistre auprès de ses assureurs dans l'après-midi. Le morceau de pale détaché est évacué du site en vue d'une expertise. Lors de l'accident le vent soufflait entre 18 m/s et 22 m/s.
L'expertise identifie la cause directe de la chute de la pale : des fissures sont détectées sur la pièce en aluminium appelée "alu ring", située à la base de la pale. Cette pièce sert de jonction entre la pale en fibre de verre et le moyeu métallique. Toutes les éoliennes du parc, sauf une, sont équipées de cette pièce. Avant remise en service du parc (qui avait été mis à l'arrêt suite à l'incident), des contrôles ultrasonores sont réalisées sur l'ensemble des pièces "alu ring". Deux pales sont maintenues à l'arrêt suite à la découverte d'une fissuration avancée de cette pièce.
L'exploitant remplace, courant 2014, les pales des éoliennes à l'arrêt par des pièces faisant l'objet d'un nouveau design. Les autres font l'objet d'un contrôle périodique afin de suivre l'évolution des fissures et de pouvoir programmer, le cas échéant, le remplacement ou la réparation des pales défectueuses.

N°44831 - 09/01/2014 - FRANCE - 08 - ANTHENY
D35.11 - Production d'électricité
Un feu se déclare vers 18 h au niveau de la partie moteur d'une éolienne de 2,5 MW. Le parc éolien est isolé électriquement. Un périmètre de sécurité de 300 m est mis en place. Le feu s'éteint de lui-même vers 20 h.
La nacelle est détruite, le rotor est intact. Le balisage aéronautique de la machine étant hors-service, les services de l'aviation civile sont alertés. La presse évoque un incident électrique pour expliquer le départ de feu.
L'éolienne sinistrée est démantelée le 17/06 par basculement à l'explosif. Cette opération nécessite la mise en place d'un périmètre de sécurité de 1 km.

N°44197 - 03/08/2013 - FRANCE - 56 - MOREAC
D35.11 - Production d'électricité
Une nacelle élévatrice utilisée pour une intervention de maintenance sur une éolienne perd 270 l d'huile hydraulique.
Le produit pollue le sol sur 80 m². 25 t de terres polluées sont excavées et envoyées en filière spécialisée.

Nombre d'accidents répertoriés :50 - 01/03/2017

N°44150 - 01/07/2013 - FRANCE - 34 - CAMBON-ET-SALVERGUES
D35.11 - Production d'électricité
Au cours d'une opération de maintenance dans le hub d'une éolienne (nez qui sert de local technique), un opérateur est blessé par la projection d'une partie amovible de l'équipement sur lequel il intervient. L'intervention porte sur l'appoint en azote d'un accumulateur sous pression. Cet accumulateur est un cylindre de 10 L comportant deux compartiments : l'un contient de l'huile reliée au circuit hydraulique des pâles de l'éolienne et l'autre de l'azote sous environ 100 bar de pression. Alors qu'il a terminé l'opération de remplissage du compartiment azote, pour laquelle il a positionné un outillage spécifique sur un raccord de l'accumulateur, le technicien de maintenance dévisse la vanne d'isolement de l'accumulateur, au lieu de l'embout de l'outillage. Une dépressurisation brutale de l'azote se produit, projetant une partie de la vanne au visage de l'opérateur ce qui lui brise le nez et plusieurs dents. L'inhalation du gaz provoque également un décollement de l'?sophage. L'opérateur est aidé par un collègue pour descendre de la nacelle puis hospitalisé. La gendarmerie place l'accumulateur de gaz sous scellé pour expertise.Le risque que représente le dévissage de cette vanne d'isolement alors que l'accumulateur contient du gaz sous pression a été identifié par le fabriquant. La parade de conception mise en ?uvre consiste a réaliser sur la visserie de la vanne une petite perforation destinée à alerter l'opérateur : un sifflement et une formation de glace liée à l'échappement du gaz se produisent 4 tours et demi avant le dévissage total de la vanne et son éventuelle projection. L'analyse de l'exploitant lui permet de réaliser les constats suivants : le dispositif d'alerte (perforation de la visserie) de l'accumulateur sur lequel s'est produit l'accident était opérationnel cependant la procédure d'intervention ne mentionnait ni l'existence, ni la signification de ce signal d'alerte. L'expertise réalisée sur l'équipement ne fait ressortir aucun constat de dégradation du matériel. Les causes de cet accident semblent donc directement liées des défaillances organisationnelles : la conscience des risques associés aux interventions sur des équipements sous pression, la formation de l'intervenant à sa tâche pression et les procédures opérationnelles n'étaient pas suffisamment robustes.Suite à cet accident l'exploitant modifie ses procédures de maintenance et renforce la formation des techniciens sur les aspects risques. Pour l'heure, il suspend les opérations de remplissage des accumulateurs dans les hub d'éolienne et fait réaliser cette opération en atelier. Une modification des accumulateurs est également envisagée pour utiliser des modèles avec vanne intégrée.

N°45016 - 20/06/2013 - FRANCE - 07 - LABASTIDE-SUR-BESORGUES
D35.11 - Production d'électricité
Un impact de foudre endommage vers 15h30 une éolienne : une pâle est déchirée sur 6 m de longueur, le boîtier basse tension et le parafoudre en tête d'installation au poste de livraison sont détruits. Des installations du réseau électrique et téléphonique sont également endommagées. L'éolienne est mise en sécurité et un périmètre de sécurité est établi. La municipalité, l'aviation civile (défaut de balisage), les services de l'électricité et du téléphone, la société en charge de la maintenance et l'inspection des installations classées sont informés.L'impact enregistré le plus proche de l'éolienne au moment de l'orage est donné avec une intensité de 94 kA. L'exploitant change les 3 pâles et redémarre l'éolienne le 02/08/13. Le fabricant de l'éolienne indique que ce type d'incident est exceptionnel (incursion d'un arc électrique dans la pâle conduisant à une montée en pression de l'air intérieur), aucune dérive fonctionnelle du système parafoudre n'ont été trouvées.

N°43630 - 17/03/2013 - FRANCE - 51 - EUVY
D35.11 - Production d'électricité
Des usagers de la N4 signalent vers 15h30 un feu dans la nacelle d'une éolienne. L'exploitant arrête 7 des 18 aérogénérateurs du parc. Un périmètre de sécurité de 150 m est mis en place. Le sinistre émet une importante fumée. Une des pales tombe au sol, une autre menace de tomber. Des pompiers spécialisés dans l'intervention en milieux périlleux éteignent le feu en 1 h. 450 l d'huile de boîte de vitesse s'écoulent, conduisant l'exploitant à faire réaliser une étude de pollution des sols. Les maires des communes voisines se sont rendus sur place.Au moment du départ de feu, le vent soufflait à 11 m/s. La puissance de l'éolienne était proche de sa puissance nominale. La gendarmerie évoque une défaillance électrique après avoir écarté la malveillance. Le parc, mis en service en 2011, avait déjà connu un incendie quelques mois plus tôt selon la presse. Les 18 machines sont inspectées. A la suite de l'accident, l'exploitant et la société chargée de la maintenance étudient la possibilité d'installer des détecteurs de fumées dans les éoliennes.

N°43576 - 06/03/2013 - FRANCE - 11 - CONILHAC-DE-LA-MONTAGNE
D35.11 - Production d'électricité
A la suite d'un défaut de vibration détecté à 19h05, une éolienne se met automatiquement à l'arrêt. Sur place le lendemain à 9 h, des techniciens du constructeur trouvent au sol l'une des 3 pales qui s'est décrochée avant de percuter le mât. L'éolienne est mise en sécurité (2 pales restantes mises en drapeau, blocage du rotor, inspection du moyeu). Un périmètre de sécurité de 30 m est établi au pied de l'éolienne et la municipalité interdit l'accès à la zone. L'accident est déclaré à l'inspection des installations classées 48 h plus tard.L'une des pales de cette éolienne avait déjà connu un problème de fixation en novembre 2011. Les fixations de cette pale au moyeu avaient été remplacées et le serrage des vis des 2 autres avait été contrôlé en avril 2012. La veille du défaut de vibration, la machine s'était arrêtée après la détection d'un échauffement du frein et d'une vitesse de rotation excessive de la génératrice. Un technicien l'avait remise en service le matin même de l'accident sans avoir constaté de défaut.

Nombre d'accidents répertoriés :50 - 01/03/2017

N°43228 - 05/11/2012 - FRANCE - 11 - SIGEAN
D35.11 - Production d'électricité
Un feu se déclare vers 17 h sur une éolienne de 660 kW au sein d'un parc éolien ; un voisin donne l'alerte à 17h30. Des projections incandescentes enflamment 80 m² de garrigue environnante. Les pompiers éteignent l'incendie vers 21h30. L'exploitant met en place un balisage de sécurité à l'aube le lendemain. A la suite de la chute d'une pale à 15h20, un gardiennage 24 h / 24 est mis en place. Le 08/11, la municipalité interdit par arrêté l'accès au chemin menant à l'éolienne.Le feu s'est déclaré dans l'armoire électrique en pied d'éolienne. Un dysfonctionnement de disjoncteur situé sur l'éolienne a entraîné la propagation de courants de court circuit faisant fondre les câbles et entraînant un départ d'incendie dans la nacelle. Un dysfonctionnement du frein de l'éolienne à la suite de la perte des dispositifs de pilotage résultant de l'incendie en pied pourrait avoir agi comme circonstance aggravante.Cet accident met en question la fiabilité des dispositifs de protection électrique, les possibilités de suraccident (propagation de l'incendie à la végétation environnante, chute de pale) et des pistes d'amélioration dans la détection et la localisation des incendies d'éoliennes, ainsi que dans la réduction des délais d'intervention.

N°43120 - 01/11/2012 - FRANCE - 15 - VIEILLESPESSE
D35.11 - Production d'électricité
Un élément de 400 g constitutif d'une pale d'éolienne est projeté à 70 m du mât, à l'intérieur de la parcelle clôturée du parc de 4 aérogénérateurs de 2,5 MW mis en service en 2011.

N°43110 - 30/05/2012 - FRANCE - 11 - PORT-LA-NOUVELLE
D35.11 - Production d'électricité
Un promeneur signale à 7h30 la chute d'une éolienne. Les rafales de vent à 130 km/h observées durant la nuit ont provoqué l'effondrement de la tour en treillis de 30 m de haut. Construit en 1991, l'aérogénérateur de 200 kW faisait partie des premières installations de ce type en France. Il était à l'arrêt pour réparations au moment des faits. Le site, ouvert au public, est sécurisé.

N°42919 - 18/05/2012 - FRANCE - 28 - FRESNAY-L'EVEQUE
D35.11 - Production d'électricité
Dans un parc de 26 éoliennes de 2 MW mis en service en 2008, un aérogénérateur est mis à l'arrêt vers 3 h suite à la détection d'une oscillation anormale. L'équipe de maintenance d'astreinte constate à 8 h la chute d'une pale (9 t, 46 m) au pied de l'installation et la rupture du roulement qui raccordait la pale au hub. Le pied de mat se situe à 190 m de la D389 et à 400 m de l'A10.L'analyse des relevés des capteurs et des compte-rendus d'entretien ne révèle aucune anomalie ni signe précurseur (contraintes anormales qui auraient pu endommager le roulement, vibration suspecte avant la rupture, différence d'orientation des pales, défaut d'aspect visuel lors des contrôles...). Des traces de corrosion sont détectées dans les trous d'alésages traversant une des bagues du roulement reliant pale et hub. Selon le fabricant, cette corrosion proviendrait des conditions de production et de stockage des pièces constitutives du roulement. L'installation est remise en service fin octobre après remplacement de la pale endommagée et mise en place de nouveaux roulements possédant une protection contre la corrosion.L'exploitant demande à l'entreprise en charge de la maintenance, et fabricante, des éoliennes du parc de: procéder au contrôle visuel des roulements de l'ensemble des éoliennes tous les 3 mois. procéder au contrôle acoustique des roulements et de mesurer le niveau de corrosion. supprimer la corrosion des alésages à risque. contrôler l'absence de fissures résiduelles par courant de Foucault.

N°43841 - 11/04/2012 - FRANCE - 11 - SIGEAN
D35.11 - Production d'électricité
Une éolienne se met en arrêt automatique suite à l'apparition d'un défaut à 10 h. Des agents de maintenance la réarment à 12h14. Un défaut de vibration apparaît 11 minutes plus tard. Sur place, les techniciens constatent la présence d'un impact sur le mât et la projection à 20 m d'un débris de pale long de 15 m. Un périmètre de sécurité de 100 m est mis en place et l'éolienne est mise en sécurité (pales en drapeau). Au moment de l'accident, la vitesse du vent était de 10 à 12 m/s. L'inspection des installations classées a été informée.L'expertise d'assurance attribue l'accident à un impact de foudre sur l'éolienne. Un an plus tard, celle-ci est toujours arrêtée.

N°41628 - 06/02/2012 - FRANCE - 02 - LEHAUCOURT
D35.11 - Production d'électricité
Vers 11 h au cours d'une opération de maintenance dans la nacelle d'une éolienne de 100 m de hauteur, un arc électrique (690 V) blesse deux sous-traitants, l'un gravement (brûlures aux mains et au visage) et l'autre légèrement (brûlures aux mains). Les 2 victimes descendent par leurs propres moyens. Les pompiers hospitalisent l'employé le plus gravement atteint et s'assurent qu'il n'y a plus de risque dans la nacelle. Le maire s'est rendu sur place. La gendarmerie et l'inspection du travail effectuent des enquêtes. Les victimes portaient leurs EPI lors des faits.Un accident similaire s'était produit en 2009 (ARIA 35814).

Nombre d'accidents répertoriés :50 - 01/03/2017

N°41578 - 04/01/2012 - FRANCE - 62 - WIDEHEM
D35.11 - Production d'électricité
Vers 20h50, alors que le vent souffle en rafales à plus de 100 km/h, les 6 éoliennes d'un parc se mettent en arrêt de sécurité. Sur l'une d'elles, une pale se disloque, percute le mât puis une seconde pale. Des débris sont projetés à 160° jusqu'à 380 m sur 4,3 ha. Des usagers de l'A16 voisine signalent l'accident à l'aube. Sur place à 8h30, la force publique met en place un périmètre de sécurité. La vitesse sur l'autoroute est localement réduite à 90 km/h. La dépose des pales endommagées débute le 09/01. Les 5,4 t de déchets industriels banals, soit 35 m³, sont éliminées par la filière adaptée. Un arrêté préfectoral impose le maintien à l'arrêt des installations dans l'attente d'une réparation et d'essais confirmant leur sécurité. Les pertes matérielles sont estimées à 800 kEuros. Le manque à gagner se chiffre à 20 kEuros par semaine d'arrêt.Juste avant l'accident, une perte d'alimentation sur le réseau 20 kV pendant 300 ms a provoqué l'indisponibilité prolongée du poste source alimentant le site. Cette coupure électrique a déclenché la mise en sécurité passive des éoliennes (ouverture des électrovannes commandant le circuit hydraulique de freinage). Selon l'exploitant, les violentes rafales instantanées (150 km/h) enregistrées le 3/01 ont pu endommager la pale en générant des efforts excédant les valeurs admissibles. Les fortes contraintes mécaniques lors de l'arrêt brutal de la rotation auraient alors déclenché sa dislocation. L'intrados de la pale se serait séparé de l'extrados avant de percuter le mât puis l'autre pale.L'éolienne détruite était également la seule du parc dépourvue de dispositif de ralentissement aérodynamique en bout de pale actionné par la force centrifuge. Elle en sera désormais équipée. Ce système protège mécaniquement les pales en réduisant la vitesse de rotation avant l'activation du frein hydraulique. Suite à l'accident, la vitesse de bridage des éoliennes est par ailleurs temporairement abaissée de 25 à 19 m/s.Ce modèle d'éolienne installé au début des années 2000 est impliqué dans au moins 2 autres accidents (ARIA 29385 et 38999).

N°39831 - 10/02/2011 - FRANCE - 76 - GRAND-COURONNE
H52.24 - Manutention
Lors du levage d'éléments d'éoliennes, 1 docker intérimaire est tué, écrasé entre 2 pylônes. La police effectue une enquête. Un magistrat se rend sur place.

N°39464 - 15/12/2010 - FRANCE - 44 - POUILLE-LES-COTEAUX
D35.11 - Production d'électricité
A 10 h, un employé chargé de la maintenance d'une éolienne fait une chute de 3 m à l'intérieur de la nacelle, située à 98 m du sol. Le technicien est gravement blessé au dos mais ne présente ni fracture ni atteinte de la moelle épinière. Une équipe du GRIMP l'évacue par l'extérieur de l'éolienne et le transfère dans un hôpital à Nantes.

N°38999 - 19/09/2010 - FRANCE - 26 - ROCHEFORT-EN-VALDAINE
D35.11 - Production d'électricité
Vers 10 h un feu se déclare simultanément sur 2 éoliennes hautes de 45 m et distantes de 3 km. L'une se disloque et projette des débris entrainant 2 incendies de végétation sur 3 500 et 1 500 m². Les pompiers établissent un périmètre de sécurité et éteignent les flammes vers 11 h. Des techniciens de maintenance se rendent sur place. 2 éoliennes supplémentaires sont mises à l'arrêt.Selon les secours qui ont constaté de forts coups de vent ce jour-là, le dysfonctionnement des freins hydrauliques automatiques sur 2 éoliennes aurait conduit à leur emballement et à l'incendie. Ce dispositif de sécurité a fonctionné correctement sur les 23 autres appareils du parc. Une projection de pales à la suite d'une survitesse s'était déjà produite sur ce site le 22/12/2004 (ARIA 29385).Les pompiers font état d'un éloignement important des points d'eau (8km), de l'inadéquation de leurs moyens urbains ne permettant pas l'accès aux principaux éléments situés en hauteur et de la nécessité de procédures et de consignes opérationnelles adaptées à ce type d'installations.

N°37601 - 30/10/2009 - FRANCE - 07 - FREYSSENET
D35.11 - Production d'électricité
Un feu se déclare vers 18h20 au sommet du rotor d'une éolienne de 70 m de haut mise en service en 2005. Les secours n'engagent pas de moyens d'extinction mais mettent en place un périmètre de sécurité de 250 m et surveillent l'évolution du sinistre. Le matériel, en fibre de carbone et de verre, fond sous l'effet de la chaleur en dégageant de la fumée et en générant des nuisances olfactives perceptibles dans la vallée de l'Ouvèze. Devant le risque de détachement des pales, le lieu est sécurisé et la circulation interrompue sur la route proche pendant une semaine. Le réseau électrique de l'ensemble du parc éolien (5 aérogénérateurs) est coupé, empêchant le fonctionnement des signaux lumineux préventifs pour les aéronefs.Selon l'exploitant, un court-circuit faisant suite à une opération de maintenance serait à l'origine du sinistre.

N°42906 - 21/10/2009 - FRANCE - 85 - FROIDFOND
D35.11 - Production d'électricité
Un feu se déclare vers 20 h sur l'une des 9 éoliennes de 2 MW d'un parc mis en service 3 ans plus tôt. Les aérogénérateurs sont mis à l'arrêt par le système de contrôle automatique. Les pompiers éteignent l'incendie à 23 h. L'exploitant précise dans un communiqué de presse qu'à l'exception de l'éolienne détruite, aucun autre dommage n'a été observé. Un court-circuit dans le transformateur sec embarqué en nacelle serait à l'origine du sinistre.

N°35814 - 26/01/2009 - FRANCE - 02 - CLASTRES
M74.90 - Autres activités spécialisées, scientifiques et techniques n.c.a.
Deux techniciens sont électrisés vers 19 h lors de la maintenance de compteurs électriques implantés au 1er niveau d'une éolienne. Gravement brûlés au 3ème degré et sur plus de 50 % du corps, ils sont transportés à l'hôpital en ambulance escortée par la gendarmerie, l'hélicoptère des secours ne pouvant décoller en raison des conditions météorologiques. Les 2 employés portaient leur harnais de sécurité et les compteurs étaient accessibles par un escalier extérieur. Une enquête est effectuée pour déterminer les conditions de l'accident.

Nombre d'accidents répertoriés :50 - 01/03/2017

N°43109 - 21/08/2008 - FRANCE - 80 - VAUVILLERS
D35.11 - Production d'électricité
Un incendie se déclare dans la matinée sur des éléments électroniques dans la nacelle d'une éolienne. Par manque de combustible, les flammes s'éteignent avant l'arrivée des secours. L'éolienne dont le mât mesure 100 m de haut est détruite mais la vingtaine d'autres générateurs du parc continue à fonctionner sans incidence sur le réseau de distribution d'électricité.

N°42904 - 19/07/2008 - FRANCE - 55 - ERIZE-LA-BRULEE
D35.11 - Production d'électricité
En fin d'après-midi, une trentaine de débris en fibre de verre est retrouvée au sol à 150 m d'une éolienne. Le maire prévient la préfecture de la Meuse et la Protection civile vers 19h15 et l'équipe de permanence de la société exploitant le parc arrête l'éolienne à 19h45. Les projectiles, dont le plus gros mesure 5 m de long et pèse 50 kg, proviennent de l'extrémité d'une pale touchée par la foudre.

N°42884 - 04/04/2008 - FRANCE - 29 - PLOUGUIN
D35.11 - Production d'électricité
Dans l'après-midi, l'aile d'un bimoteur de tourisme léger heurte une pale d'éolienne. Aucun blessé n'est à déplorer. Le pilote, unique passager de l'appareil, réussit à atterrir sur l'aéroport de Brest-Guivapas et déclare l'incident aux autorités de l'aviation civile. Les gendarmes localisent l'éolienne et l'entreprise chargée de sa maintenance est contactée pour l'arrêter et pratiquer une expertise.Les mauvaises conditions météos (selon la préfecture, des "entrées maritimes" rendaient les conditions de vol difficile) ont conduit le pilote à voler au-dessous de l'altitude autorisée.

N°34340 - 10/03/2008 - FRANCE - 29 - DINEAULT
D35.11 - Production d'électricité
Au cours de fortes bourrasques soufflant à plus 100 km/h, l'une des 4 éoliennes installées depuis les années 2000 sur les hauteurs de Dinéault ne se met pas en sécurité. L'hélice tourne bien au-delà de sa vitesse de fonctionnement nominale. Un bruit assourdissant est relevé, mais toute intervention humaine se révèle trop risquée tant que la tempête ne s'est pas calmée. En accord avec les services préfectoraux et la gendarmerie, la municipalité prend un arrêté pour établir un large périmètre de sécurité autour de l'installation et interdire les accès piéton et la circulation, aucune habitation n'étant implantée à proximité immédiate de ce site de production d'électricité. Au cours d'une accalmie, l'exploitant parvient à consigner l'éolienne.Une défaillance du système de freinage est à l'origine de l'accident.

N°42896 - 11/10/2007 - FRANCE - 29 - PLOUVIEN
D35.11 - Production d'électricité
Dans la matinée, un chasseur traversant un parc d'aérogénérateurs découvre une pièce métallique de 50 cm de diamètre. Il alerte un voisin puis la gendarmerie en fin de journée. Il s'agit d'une trappe de visite de 50 cm de diamètre tombée de la nacelle d'une éolienne située 70 m plus haut. Celle-ci est mise à l'arrêt. L'exploitant identifie une défaillance de la charnière de la trappe et modifie l'ensemble des charnières du parc.

N°43107 - 02/03/2007 - FRANCE - 50 - CLITOURPS
D35.11 - Production d'électricité
Une pale d'aérogénérateur se brise. Un débris long de 5 m est projeté dans un champ à 200 m du mât. Averti en fin de matinée par un riverain, le maire contacte l'exploitant du parc éolien dont les bureaux sont situés à Montpellier. Celui-ci dépêche sur site son agent de maintenance local afin d'arrêter l'éolienne endommagée qui a continué à fonctionner.

N°42895 - 03/12/2006 - FRANCE - 59 - BONDUES
L68.20 - Location et exploitation de biens immobiliers propres ou loués
Une éolienne de 30 m de haut s'effondre sur la grille d'entrée d'une zone industrielle peu avant midi. L'accident ayant eu lieu un week-end, aucune victime n'est à déplorer. La machine installée depuis 13 ans avait fait l'objet d'un contrôle approfondi 5 mois plus tôt. Sectionnée à la base, elle doit être démontée et évacuée. Selon l'exploitant, la rupture se serait produite au cours de violentes rafales de vent.

N°42909 - 18/11/2006 - FRANCE - 11 - ROQUETAILLADE
D35.11 - Production d'électricité
Vers minuit, un incendie sur deux aérogénérateurs provoque la mise à l'arrêt de l'ensemble du parc éolien (par le système de contrôle automatique). Des chasseurs passant sur place le lendemain donnent l'alerte. Le feu est d'origine criminelle : des saboteurs sont entrés par effraction dans les mâts pour y placer des bouteilles de gaz de 13 kg, des pneus et des hydrocarbures. L'une des nacelles est totalement détruite. Sur l'autre, l'explosion de bouteille de gaz a propulsé une tôle de protection de la nacelle à 50 m et aurait soufflé les flammes. Les dégâts sont estimés à 2 millions d'€. Suite à l'accident, de nombreux détecteurs de présence sont installés sur le site. Les deux éoliennes sont reconstruites 2 ans plus tard dans le cadre de travaux d'extension du parc.

N°42891 - 07/10/2006 - FRANCE - 29 - PLEYBER-CHRIST
D35.11 - Production d'électricité
Une pale d'une des 5 éoliennes d'un parc se décroche et chute au sol, sans faire de victime. Deux autres évènements de ce type ont déjà affecté ces aérogénérateurs en 2004 (ARIA 42887 et 42889). L'accident se produit alors que le permis de construire du site a été annulé et qu'une nouvelle demande est en cours d'instruction. Le parc sera finalement démantelé en 2011.

Nombre d'accidents répertoriés :50 - 01/03/2017

N°29385 - 22/12/2004 - FRANCE - 26 - MONTJOYER
D35.11 - Production d'électricité
Dans un parc d'aérogénérateurs de 750 kW, de la fumée et un bruit inhabituel provenant de la nacelle d'une éolienne sont signalés aux secours. Sur place, les pompiers constatent que les 3 pales d'une éolienne se sont brisées : 2 sont tombées au sol et se sont disloquées, la troisième pend du hub. La mise en sécurité est effective après l'arrêt de toutes les éoliennes par l'exploitant. Une défaillance du système de freinage, régulant la vitesse du rotor et l'immobilisant lorsque le vent est trop fort, est à l'origine d'une vitesse de rotation excessive ayant conduit au bris de pales.

N°42889 - 08/07/2004 - FRANCE - 29 - PLEYBER-CHRIST
D35.11 - Production d'électricité
Par une matinée de vent fort, 3 morceaux de pales d'éolienne (2 de 2,5 m et 1 de 1,5 m) sont retrouvés dans un champ. Aucun blessé n'est déplorer.L'enchaînement de cet accident et d'un autre similaire survenu 2 semaines plus tôt (ARIA 42887) conduit le tribunal administratif de Rennes à annuler en 2005 le permis de construire délivré en 2001. Le site est démantelé en novembre 2011.

N°42887 - 22/06/2004 - FRANCE - 29 - PLEYBER-CHRIST
D35.11 - Production d'électricité
Par une nuit de vent fort, une pale de l'une des 5 éoliennes d'un parc se brise en heurtant le mat. Après d'autres désordres similaires (ARIA 42889), le tribunal administratif de Rennes annule en 2005 le permis de construire délivré en 2001. Le site est démantelé en novembre 2011.

N°29388 - 20/03/2004 - FRANCE - 59 - DUNKERQUE
D35.11 - Production d'électricité
Le vent abat une des 9 éoliennes d'un parc. Une expertise établit un dimensionnement insuffisant des fondations. L'exploitant démantèle entièrement l'installation.

N°26119 - 01/01/2004 - FRANCE - 62 - LE PORTEL
D35.11 - Production d'électricité
Au cours de la nuit, une des 4 aérogénératrices d'une ferme éolienne inaugurée en mai 2002 perd une pale puis les deux autres. Le mât se brise à mi hauteur et la nacelle chute. Une pale est retrouvée à proximité, les deux autres dérivent en mer jusqu'à Wimereux (à 8 km). L'exploitant évoque dans la presse la défaillance d'un sous-traitant qui n'aurait pas réalisé le resserrage mensuel des goujons de fixation des pales. Une expertise technique établit un défaut de conception. Les pales installées différaient de celles prévues par le constructeur du moyeu : l'insuffisance de la liaison au sein de la pale entre le matériau composite et les tire-fonds de fixation a entraîné une fissuration pales éjectées. Ce phénomène est décelé à l'état d'amorce sur les pales des trois autres éoliennes du parc. L'ensemble des pales est remplacé par un modèle adéquat et l'éolienne détruite est intégralement reconstruite.Le montant des dommages s'élèverait à plus de 450 kEuros selon l'exploitant.

N°24274 - 19/03/2003 - FRANCE - 46 - CAMBAYRAC
C28.99 - Fabrication d'autres machines d'usage spécifique n.c.a.
Un incendie se déclare dans le bâtiment de 1 200 m² d'une entreprise de fabrication de pales d'éoliennes. Les produits chimiques et résines présents attisent le sinistre que 45 pompiers maîtrisent en 2 h. Les outils et moules de fabrication sont détruits.

N°42882 - 28/12/2002 - FRANCE - 11 - NEVIAN
D35.11 - Production d'électricité
Dans un parc de 18 aérogénérateurs en construction, l'une des pales d'une éolienne se détache et entraîne l'effondrement du mât de 40 m. Aucun blessé n'est à déplorer, le technicien supervisant le fonctionnement du parc ne se trouvait pas à proximité. Selon l'exploitant qui n'avait pas encore pris possession de l'installation, une défaillance du système de freinage du rotor serait à l'origine du sinistre. Le vent soufflant à plus de 100 km/h ce jour-là, celui-ci aurait dû bloquer l'hélice.

Ministère du développement durable - DGPR / SRT / BARPI - Page 9

Annexe 8 - Recensement ARIA des accidents liés aux parc éoliens survenus en région Pays de la Loire

MINISTERE DU DEVELOPPEMENT DURABLE
DIRECTION GENERALE DE LA PREVENTION DES RISQUES
SRT / BARPI

Résultats de recherche d'accidents sur www.aria.developpement-durable.gouv.fr

La base de données ARIA, exploitée par le ministère du développement durable, recense essentiellement les événements accidentels qui ont, ou qui auraient pu porter atteinte à la santé ou la sécurité publiques, l'agriculture, la nature et l'environnement. Pour l'essentiel, ces événements résultent de l'activité d'usines, ateliers, dépôts, chantiers, élevages,... classés au titre de la législation relative aux Installations Classées, ainsi que du transport de matières dangereuses. Le recensement et l'analyse de ces accidents et incidents, français ou étrangers sont organisés depuis 1992. Ce recensement qui dépend largement des sources d'informations publiques et privées, n'est pas exhaustif. La liste des évènements accidentels présentés ci-après ne constitue qu'une sélection de cas illustratifs. Malgré tout le soin apporté à la réalisation de cette synthèse, il est possible que quelques inexactitudes persistent dans les éléments présentés. Merci au lecteur de bien vouloir signaler toute anomalie éventuelle avec mention des sources d'information à l'adresse suivante :
BARPI – DREAL RHONE ALPES 69509 CEDEX 03 / Mel : srt.barpi@developpement-durable.gouv.fr

Nombre d'accidents répertoriés :2 - 01/03/2017

Liste de(s) critère(s) de la recherche
- Date et Lieu : PAYS DE LA LOIRE
- Résumé : recherche.typeRecherche.tous.mots éolien

N°39464 - 15/12/2010 - FRANCE - 44 - POUILLE-LES-COTEAUX
D35.11 - Production d'électricité
A 10 h, un employé chargé de la maintenance d'une éolienne fait une chute de 3 m à l'intérieur de la nacelle, située à 98 m du sol. Le technicien est gravement blessé au dos mais ne présente ni fracture ni atteinte de la moelle épinière. Une équipe du GRIMP l'évacue par l'extérieur de l'éolienne et le transfère dans un hôpital à Nantes.

N°42906 - 21/10/2009 - FRANCE - 85 - FROIDFOND
D35.11 - Production d'électricité
Un feu se déclare vers 20 h sur l'une des 9 éoliennes de 2 MW d'un parc mis en service 3 ans plus tôt. Les aérogénérateurs sont mis à l'arrêt par le système de contrôle automatique. Les pompiers éteignent l'incendie à 23 h. L'exploitant précise dans un communiqué de presse qu'à l'exception de l'éolienne détruite, aucun autre dommage n'a été observé. Un court-circuit dans le transformateur sec embarqué en nacelle serait à l'origine du sinistre.

Ministère du développement durable - DGPR / SRT / BARPI - Page 2