

Extension du parc éolien des Raffauds (Gournay-Loizé, 79)



Extension du parc éolien des Raffauds (commune de Gournay-Loizé) Etude de dangers

Novembre 2015



Cette étude de dangers a été rédigée sur la base de la « Trame type de l'étude de l'étude de dangers spécifique aux parcs éoliens » de l'Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques (INERIS), examinée par la Direction Générale de la Prévention des Risques (DGPR), version mai 2012.

Intervenants Abies :

- Paul Neau : Contrôle qualité
- Valérie Venzac : Coordination et rédaction
- Christelle Marty : Cartographie

Pour :



14 Grand Rue Notre-Dame
79 000 NIORT

Sommaire



1	Préambule et méthodes	3		
1.1	Objectifs de l'étude de dangers	5		
1.2	Contexte législatif et réglementaire	5		
1.3	Nomenclature des installations classées	6		
1.4	Cas des éoliennes et méthodologie	6		
2	Informations générales concernant l'installation	7		
2.1	Localisation du site éolien	9		
2.2	Définition de la zone d'étude	10		
3	Description de l'environnement de l'installation	11		
3.1	Environnement humain	13		
3.2	Environnement naturel	17		
4	Description de l'installation	21		
4.1	Caractéristiques des parcs éoliens	23		
4.2	Caractéristiques du projet éolien	24		
4.3	Fonctionnement des éoliennes	28		
4.4	Durée de vie	29		
4.5	Organisation du de l'extension du parc éolien des Raffauds	29		
4.6	Puissance électrique	33		
4.7	Evacuation de l'électricité produite	33		
4.8	Production estimée.....	33		
4.9	Les équipements annexes.....	33		
4.10	Fonctionnement des réseaux de l'installation.....	34		
	4.11 Dispositions constructives.....	34		
5	Identification des potentiels de dangers de l'installation	37		
5.1	Potentiel de dangers liés aux produits	39		
5.2	Potentils de dangers liés aux équipements et aux opérations	40		
5.3	Réduction des potentiels de danger à la source.....	40		
6	Analyse des retours d'expérience.....	41		
6.1	Accidentologie externe	43		
6.2	Analyse détaillée des incidents et accidents survenus en France .	50		
6.3	Autres accidents et incidents dans le monde	50		
6.4	Synthèse des phénomènes dangereux survenus issus du retour d'expériences	51		
6.5	Limites de l'étude d'accidentologie	52		

Sommaire



7	Analyse préliminaire des risques	53
7.1	Objectif de l'analyse préliminaire des risques	55
7.2	Recensement des événements initiateurs exclus de l'analyse des risques	55
7.3	Recensement des agressions externes potentielles	55
7.4	Analyse générique des risques	56
7.5	Effets dominos.....	59
7.6	Mise en place de mesures de sécurité.....	59
7.7	Conclusion de l'analyse préliminaire des risques	63
8	Etude détaillée des risques	65
8.1	Rappel des définitions	67
8.2	Caractérisation des scénarios retenus.....	68
8.3	Synthèse de l'étude détaillée des risques	79
9	Conclusions	83
10	Annexes.....	87
10.1	Annexe 1 : Méthode de comptage des personnes pour la détermination de la gravité potentielle d'un accident à proximité d'une éolienne	89
10.2	Annexe 2 : Scénarios génériques issus de l'analyse préliminaire des risques	90
10.3	Annexe 3 - Glossaire	92
10.4	Annexe 4 - Bibliographie et références utilisées.....	93

Sommaire de l'iconographie



Cartes

Carte 1 : Localisation des éoliennes du site des Raffauds	9
Carte 2 : Zones d'études de dangers	10
Carte 3 : Situation du parc éolien vis-à-vis de l'habitat.....	13
Carte 4 : Situation du parc éolien vis-à-vis des ERP proches.....	14
Carte 5 : Localisation des ICPE	15
Carte 6 : Situation du parc éolien vis-à-vis des infrastructures proches	16
Carte 7 : carte des aléas sismiques en France	18
Carte 8 : Synthèse des enjeux du milieu humain	20
Carte 9 : Localisation des éoliennes sur fond IGN	30
Carte 10 : Localisation des éoliennes sur un orthophotoplan	31
Carte 11 : Plan masse du projet éolien (fond cadastral)	32
Carte 12 : Synthèse des risques.....	81

Tableaux

Tableau 1 : Coordonnées géographiques des éoliennes du projet d'extension des Raffauds	9
Tableau 2 : Eloignement des éoliennes des plus proches habitations	13
Tableau 3 : Liste non exhaustive des commerces et activités à Gournay-Loizé et aux Alleuds ..	14
Tableau 4 : ICPE recensées sur les communes de Gournay-Loizé, Les Alleuds et les communes limitrophes [source : Base des ICPE]	15
Tableau 5 : Rafales de vent enregistrées sur la station de Niort sur la période de 1990-2000 [source : Météo France]	17
Tableau 6 : Données pluviométriques enregistrée sur la commune de Niort.....	17
Tableau 7 : Nombre moyen de jours avec neige	17
Tableau 8 : Potentiels de dangers retenus pour l'analyse préliminaire des risques pour les éoliennes de l'extension des Raffauds	19
Tableau 9 : Caractéristiques des pales de l'éolienne E82 (Source : Enercon).....	25
Tableau 10 : Caractéristiques du mât des éoliennes E82 (source : Enercon).....	26
Tableau 11 : Caractéristiques du système de balisage aéronautique.....	28
Tableau 12 : Caractéristiques des huiles et autres produits présents dans l'éolienne (source : Enercon)	39
Tableau 13 : Potentiels de dangers retenus pour le projet éolien des Raffauds.....	40
Tableau 14 : Accidentologie recensée entre les années 2000 et 2015.....	44
Tableau 15 : Principales agressions externes liées aux activités humaines.....	55

Tableau 16 : Principales agressions externes liées aux phénomènes naturels	56
Tableau 17 : Analyse générique des risques.....	57
Tableau 18 : Scénarii exclus de l'analyse détaillée des risques [source INERIS].....	63
Tableau 19 : Echelle de probabilité quantitative présentée en Annexe 1 de l'arrêté du 29 septembre 2005 (Source : Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable).....	68
Tableau 20 : Identification des scénarios pouvant entraîner des accidents majeurs	68

1 Préambule et méthodes



1.1 Objectifs de l'étude de dangers	5
1.2 Contexte législatif et réglementaire	5
1.3 Nomenclature des installations classées	6
1.4 Cas des éoliennes et méthodologie	6

1.1 Objectifs de l'étude de dangers

L'étude de dangers, clé de voûte de la démarche sécurité, est réalisée par l'industriel sous sa responsabilité comme le reste du dossier de demande d'autorisation d'exploiter et sous le contrôle de l'inspection des installations classées. Elle s'articule autour du recensement des phénomènes dangereux possibles, de l'évaluation de leurs conséquences, de leur probabilité d'occurrence, de leur cinétique ainsi que de leur prévention et des moyens de secours.

L'étude de dangers doit donner une description des installations et de leur environnement ainsi que des produits utilisés, identifier les sources de risques internes (organisation du personnel, processus...) et externes (séismes, foudre, effets dominos...) et justifier les moyens prévus pour en limiter la probabilité et les effets, notamment en proposant des mesures concrètes en vue d'améliorer la sûreté.

La présente étude de dangers a pour objet de rendre compte de l'examen effectué par la société 3D ENERGIES, pour caractériser, analyser, évaluer, prévenir et réduire les risques de l'extension du parc éolien des Raffauds, autant technologiquement réalisable qu'économiquement acceptable, que leurs causes soient intrinsèques aux substances ou matières utilisées, liées aux procédés mis en œuvre ou dues à la proximité d'autres risques d'origine interne ou externe à l'installation.

Cette étude :

- ✓ ne concerne que les trois éoliennes du projet d'extension du parc des Raffauds ;
- ✓ est proportionnée aux risques présentés par les trois éoliennes supplémentaires du parc des Raffauds.

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 l'extension du parc des Raffauds, 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.

Nous rappellerons ici les définitions de danger et de risque retenues dans la présente étude :

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 ». (Glossaire des risques technologiques, circulaire du 10 mai 2010 récapitulant les règles méthodologiques applicables aux études de dangers).

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).

1.2 Contexte législatif et réglementaire

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

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

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 scénarii d'accidents majeurs susceptibles d'intervenir. Ces scénarii sont caractérisés en fonction de leur probabilité d'occurrence, de leur cinétique, de leur intensité et de la gravité des accidents potentiels.

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

Selon le principe de proportionnalité, le contenu de l'étude de dangers doit être en relation avec l'importance des risques engendrés par l'installation, compte tenu de son environnement et de sa vulnérabilité. Ce contenu est défini par la circulaire du 10 mai 2010 :

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

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

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

1.3 Nomenclature des installations classées

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

A. – Nomenclature des installations classées			
N°	DÉSIGNATION DE LA RUBRIQUE	A, E, D, S, C (1)	RAYON (2)
2980	Installation terrestre de production d'électricité à partir de l'énergie mécanique du vent et regroupant un ou plusieurs aérogénérateurs :		
	1. Comprenant au moins un aérogénérateur dont le mât a une hauteur supérieure ou égale à 50 m.....	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	
(1) A : autorisation, E : enregistrement, D : déclaration, S : servitude d'utilité publique, C : soumis au contrôle périodique prévu par l'article L. 512-11 du code de l'environnement. (2) Rayon d'affichage en kilomètres.			

Le projet d'extension du parc éolien des Raffauds 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 d'exploiter.

1.4 Cas des éoliennes et méthodologie

Le cadre juridique de l'activité de la production d'énergie éolienne a été modifié depuis la loi n°2010-788 du 12 juillet 2010 portant Engagement National pour l'Environnement, dite « Loi Grenelle 2 ». En effet, depuis le 14 juillet 2011 les éoliennes sont désormais inscrites à la nomenclature des activités soumises au respect des règles applicables aux Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (ICPE).

Dans la circulaire du 29 août 2011, relative aux conséquences et orientations du classement des éoliennes dans le régime des installations classées (DEVP1119997C), la ministre alors chargée de l'écologie, du développement durable, des transports et du logement précisait que « les études de dangers, désormais exigibles pour les éoliennes soumises à autorisation, pourront présenter un caractère plus léger que bon nombre d'autres installations classées, bien plus dangereuses, dans un souci de proportionnalité ». Elle précise également que le Syndicat des Energies Renouvelables a lancé la réalisation d'une étude de dangers-type, examinée par la DGPR (Direction Générale de la Prévention des Risques), qui pourra constituer le corps principal des études de dangers qui seront remises par les pétitionnaires, même si une partie sera toujours à adapter au contexte local d'implantation.

L'éolien fait partie des énergies renouvelables les plus matures, sa technologie étant désormais bien maîtrisée. Sa croissance dans le monde est considérable depuis une dizaine d'années et fin-2014 la puissance éolienne totale installée s'élevait à près de 370 000 MW. La capacité ajoutée sur l'année 2014 représente un taux de croissance de 16 % et depuis 10 ans, ce taux de croissance est en moyenne de 25 % par an (source : GWEC et France Energie Eolienne).

En France, des éoliennes sont opérationnelles depuis 20 ans. En septembre 2015, la France totalisait près de 10 000 MW de puissance installée sur son territoire¹ ce qui représente environ 6 000 éoliennes et pour lesquelles très peu d'accidents majeurs sont recensés du fait d'un retour d'expériences important à travers le monde (environ 200 000 éoliennes exploitées).

La présente étude de dangers respecte les prescriptions de R.512-9 du Code de l'Environnement et a donc été réalisée sur la base de la « Trame type de l'étude de dangers dans le cadre des parcs éoliens » achevée par l'INERIS pour le compte du Syndicat des Energies Renouvelables (version de mai 2012).

¹ Source Syndicat des Energies Renouvelables

2 Informations générales concernant l'installation



2.1 Localisation du site éolien	9
2.2 Définition de la zone d'étude	10

2.1 Localisation du site éolien

Le projet consiste en l'extension du parc éolien des Raffauds implanté sur les communes de Gournay-Loizé et Les Alleuds (département des Deux-Sèvres) et mis en service en mars 2011. L'extension du parc éolien des Raffauds est composée de trois éoliennes situées sur la seule commune de Gournay-Loizé. Un poste de livraison supplémentaire sera implanté dans la continuité du poste existant.

Le tableau suivant indique les coordonnées géographiques de chacune des éoliennes et du poste de livraison, selon le RGF 93.

Tableau 1 : Coordonnées géographiques des éoliennes du projet d'extension des Raffauds

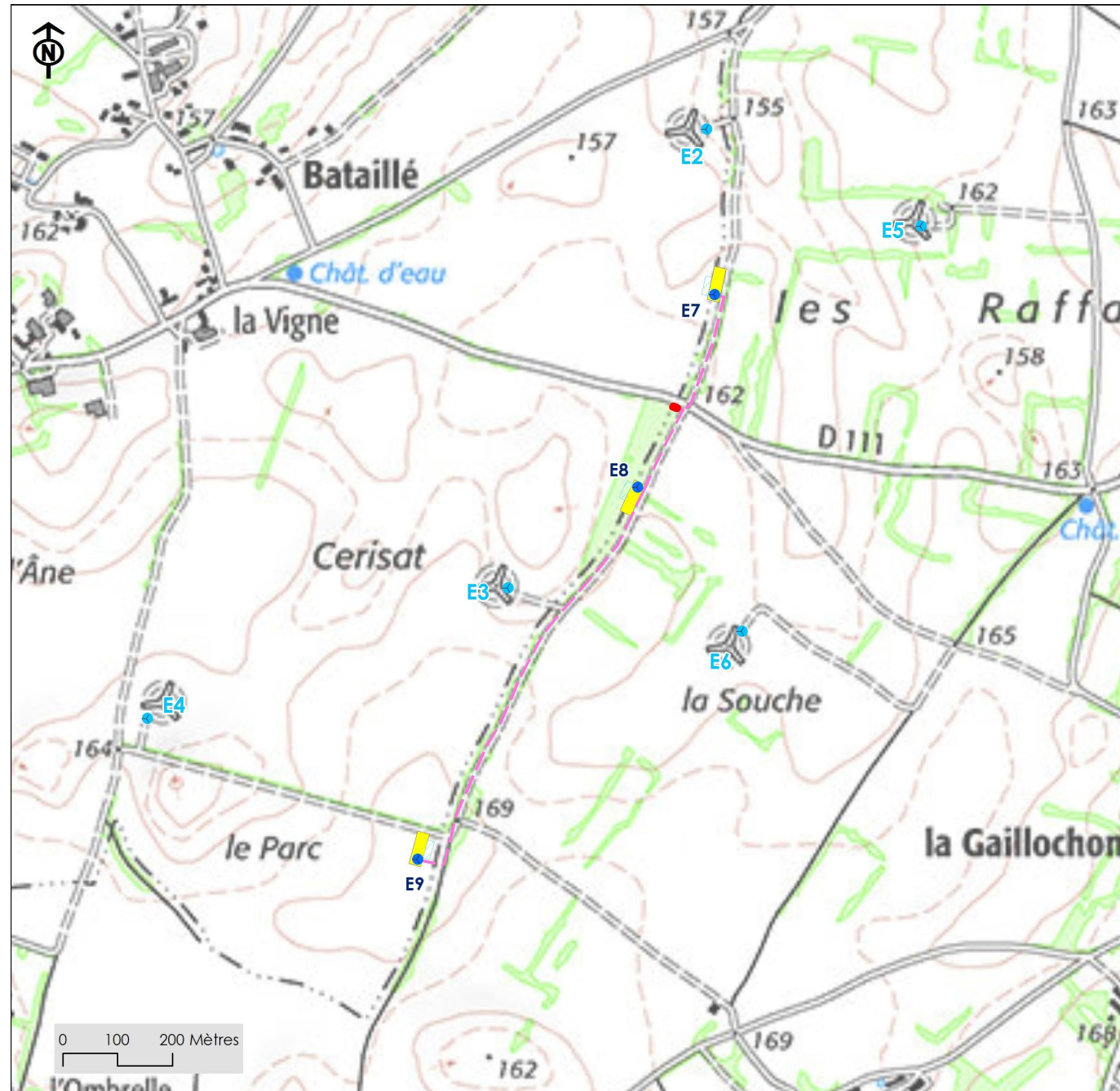
Eolienne	X	Y	Altitude au sol (en mètres)
E7	1466522,00	6111772,07	161
E8	1466381,89	6111421,55	163
E9	1465980,82	6110743,36	171
Poste de livraison	1466452,78	6111566,83	-

Les trois nouvelles éoliennes (E7 à E9) sont implantées le long du chemin agricole faisant office de limite communale entre Gournay-Loizé et Les Alleuds.

Les éoliennes E7 et E8 sont implantées entre les éoliennes E2 et E3, l'éolienne E9 est implantée au sud de l'éolienne E3.

400 mètres (soit près de cinq fois le diamètre du rotor) séparent les éoliennes E7 et E8 et 700 mètres (plus de huit fois le diamètre du rotor) séparent les éoliennes E8 et E9. Une distance minimale de 300 mètres (soit plus de trois fois le diamètre du rotor) sépare les éoliennes du projet d'extension et les éoliennes existantes.

Par ailleurs, un poste de livraison électrique sera implanté sur le site dans le prolongement du poste actuel afin « d'injecter » l'électricité produite par le parc éolien sur le réseau électrique national. Ce poste sera situé en bordure de la RD 111, entre les éoliennes E7 et E8.



Carte 1 : Localisation des éoliennes du site des Raffauds

Projet éolien Les Raffauds

79 Deux-Sèvres

Plan de masse

- Eolienne en projet
- Plateforme
- Zone de prémontage
- Poste de livraison
- Raccordement électrique interne et chemin d'accès
- Eoliennes existantes

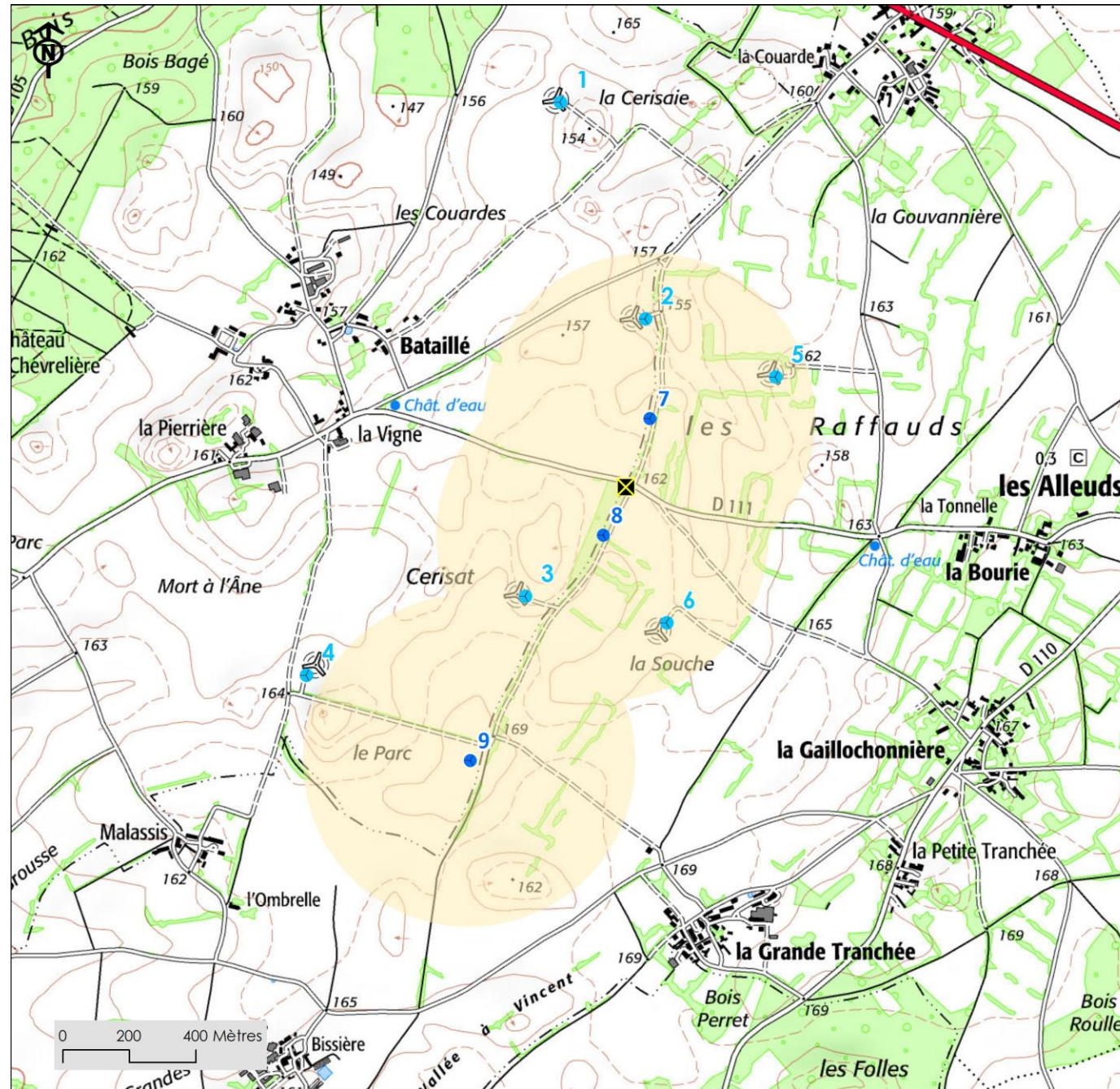
source : 3D Energie
Fond : Scan250-IGN France - Reproduction interdite
Réalisation : ABIES - Octobre 2015

2.2 Définition de la zone d'étude

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.

L'INERIS propose que chaque aire d'étude corresponde 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.

Conformément aux préconisations de l'INERIS, nous avons appliqué un rayon de 500 mètres autour de chacune des 3 éoliennes du projet d'extension. De façon générale, le poste de livraison n'est pas pris en compte dans le cadre d'une étude de dangers. En effet les expertises réalisées ont montré l'absence d'effet à l'extérieur du poste de livraison pour chacun des phénomènes dangereux potentiels pouvant l'affecter.



Projet éolien Les Raffauds

79 Deux-Sèvres

Zone d'étude de dangers

- Eoliennes en projet
- ⊗ Poste de livraison
- Zone d'étude des dangers

- Eoliennes existantes

Fond : Scan258-©IGN France - Reproduction interdite
Réalisation : ABIES - Novembre 2015

Carte 2 : Zones d'études de dangers

3 Description de l'environnement de l'installation



3.1 Environnement humain	13	3.2.2 Les risques naturels	17
3.1.1 Zones urbanisées	13	3.2.3 Environnement technologique.....	18
3.1.2 Etablissement recevant du public (ERP)	14	3.2.4 Environnement matériel.....	19
3.1.3 Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (ICPE).....	15	3.2.5 Autres ouvrages.....	19
3.1.4 Equipements et infrastructures présents	16	3.2.6 Conclusion	19
3.2 Environnement naturel	17		
3.2.1 Contexte climatique	17		

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

3.1 Environnement humain

Le site s'insère dans un environnement peu urbanisé, constitué de parcelles boisées et de parcelles agricoles.

3.1.1 Zones urbanisées

Le parc éolien des Raffauds et son extension s'insèrent dans un environnement dominé par les activités agricoles. Une carte communale est en vigueur à Gournay-Loizé ; la commune des Alleuds ne dispose pas d'un document d'urbanisme, ce sont donc les Règles Nationales d'Urbanisme qui s'appliquent.

Le tableau suivant indique le nombre d'habitants :

- ✓ des communes concernées directement (implantation des trois nouvelles éoliennes) ou directement (surplomb et accès) par le projet (Gournay-Loizé et les Alleuds) ;
- ✓ de la commune voisine de Saint-Vincent-La Châtre dans la mesure où deux hameaux à proximité du projet (La Balade et Bois Roger) sont situés sur cette commune.

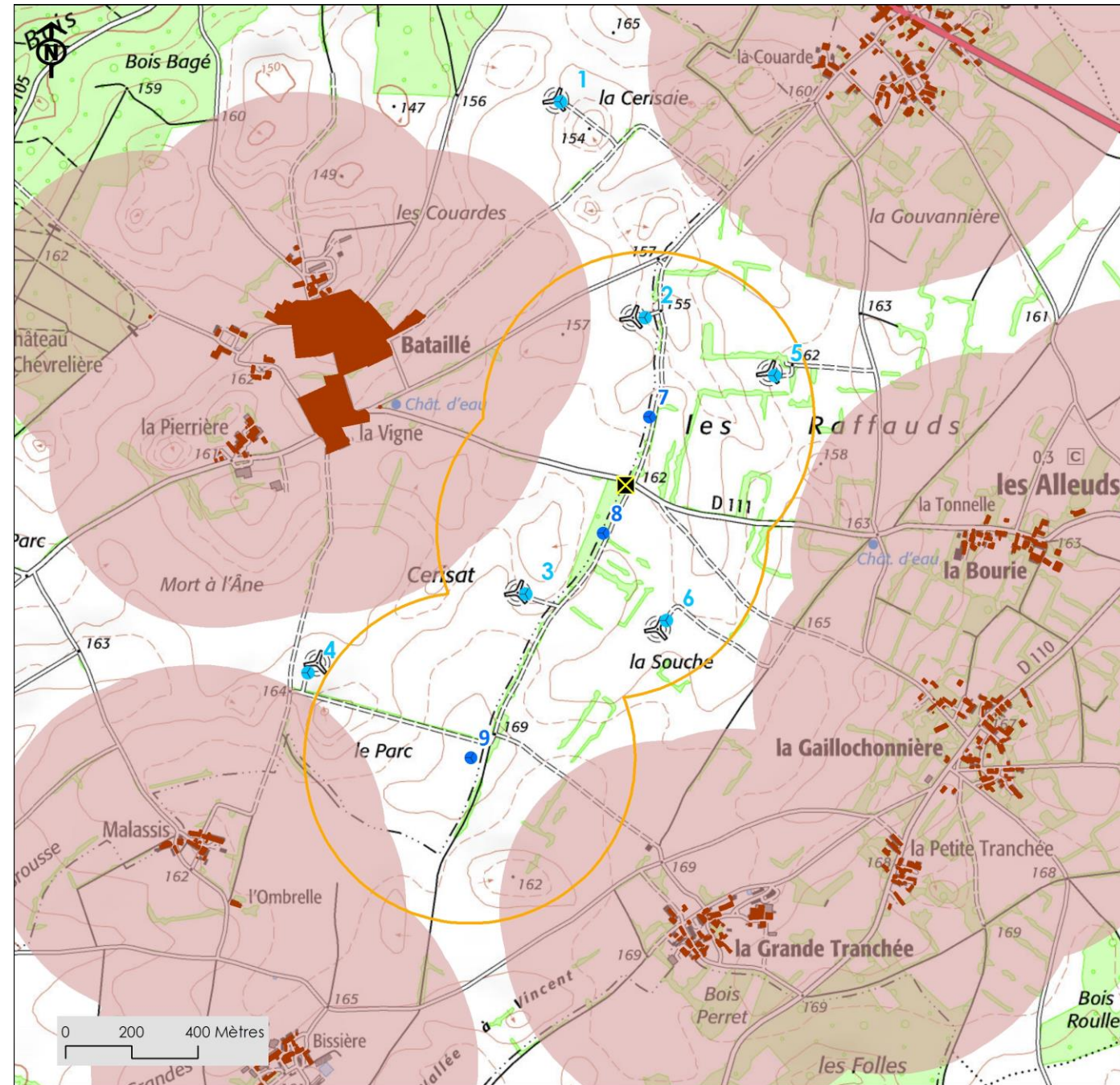
	Gournay-Loizé	Les Alleuds	Saint-Vincent-La-Châtre
Population en 2011	611	288	667

Le tableau suivant renseigne sur les distances entre les hameaux et les éoliennes du projet d'extension des Raffauds.

Tableau 2 : Eloignement des éoliennes des plus proches habitations

Communes	Lieux d'habitation	Distance à l'éolienne la plus proche (en m)	Eoliennes concernées
Gournay-Loizé	Bataillé	800 m	E7
	La Vigne	835 m	E8
	La Pierrière	1 105 m	E8
Les Alleuds	Malassis	790	E9
	L'Ombrelle	820	E9
	La Granche Tranchée	755 m	E9
	La Petite Tranchée	1 300 m	E9
	La Gaillochonnière	1 075 m	E8
	La Bourie	1 015 m	E7
	Chaignepain	1 100 m	E7
Saint-Vincent-La-Châtre	La Balade	1 520 m	E7
	Bois Roger	1 900 m	E7

Des périmètres d'éloignement de 500 mètres ont été pris en compte autour de l'habitat isolé et des zones destinées à l'habitation. Les éoliennes existantes des Raffauds et les éoliennes du projet d'extension se trouvent à plus de 500 mètres de toute habitation ou toute zone ouverte à l'habitat. La plus proche habitation est celle de « La Grande Tranchée » et elle est située à 755 mètres de l'éolienne E9. La plus proche zone à urbaniser a été définie dans la carte commune de Gournay-Loizé, au niveau du hameau de Bataillé. Cette zone est distance de 740 mètres de la plus proche éolienne.



Projet éolien Les Raffauds

79 Deux-Sèvres

Eloignement des habitations

- Eoliennes en projet
- ⊠ Poste de livraison
- Zone d'étude des dangers
- Habitat et zones destinées à l'habitation
- Périmètre d'éloignement de 500 m autour des habitations et zones destinées à l'habitation
- Eoliennes existantes

Source : Source : SIEDS
Fond : Scan250 ©IGN France - Reproduction interdite
Réalisation : ABIES - Octobre 2015

Carte 3 : Situation du parc éolien vis-à-vis de l'habitat

3.1.2 Etablissement recevant du public (ERP)

L'inventaire des Etablissements Recevant du Public a été réalisé à partir des informations fournies par les mairies des communes de Gournay-Loizé et Les Alleuds et complété par la consultation des pages jaunes.

Aucun commerce n'est à disposition des riverains à Gournay-Loizé, seul un café-restaurant existe aux Alleuds.

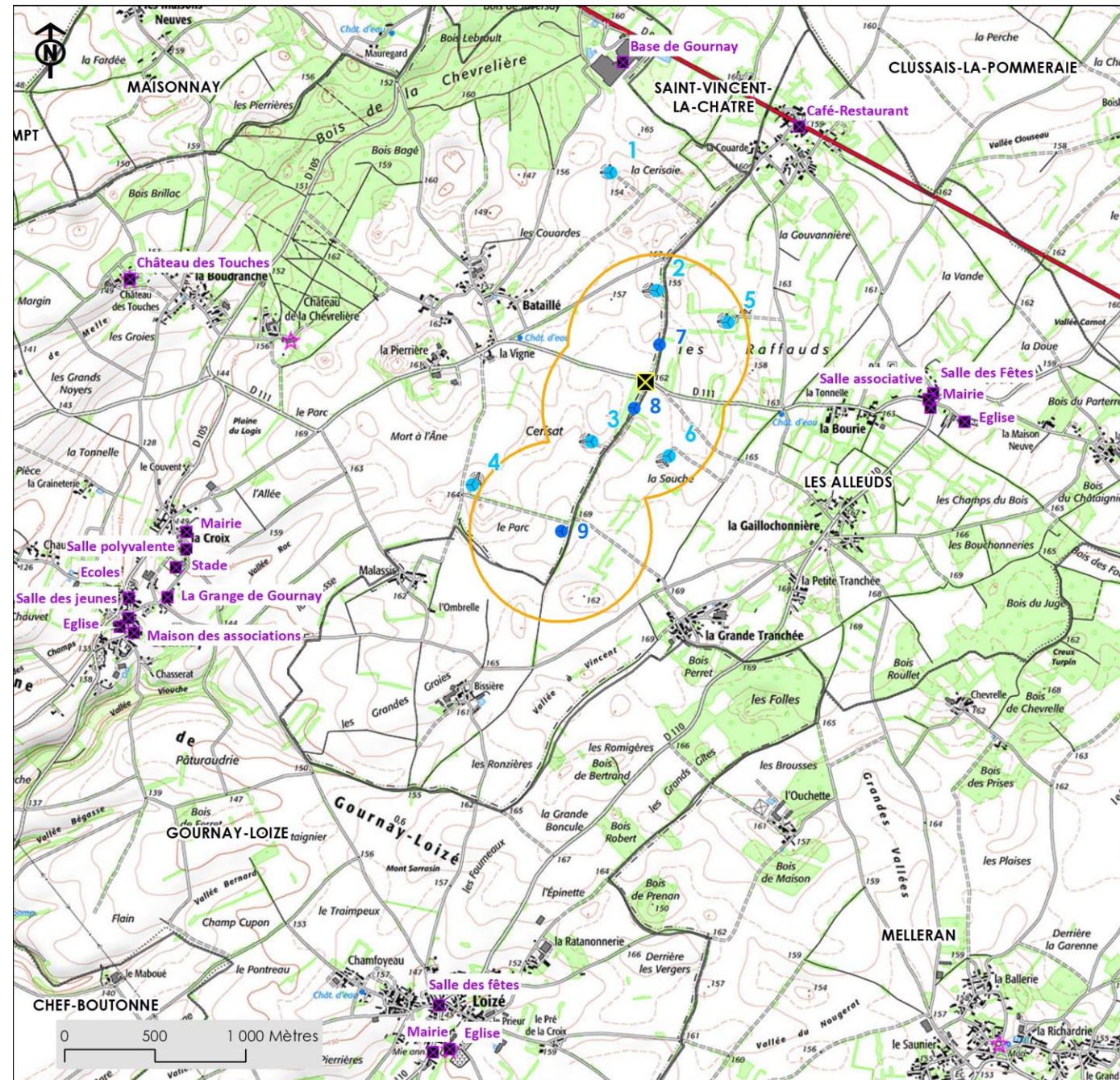
Tableau 3 : Liste non exhaustive des commerces et activités à Gournay-Loizé et aux Alleuds

Communes	Nom	Activités	Lieu
Gournay-Loizé	Mairie	-	Bourg de Gournay
	Mairie	-	Bourg de Loizé
	Salle polyvalente	-	Gournay
	Salle des jeunes	-	Gournay
	Salle des fêtes	-	Loizé
	Eglise	-	Gournay
	Eglise	-	Loizé
	Ecoles	-	
	Maison des associations	-	
	Stade	-	
	Château des Touches	Chambre d'hôte	Boudranche
	La Grange de Gournay	Chambre d'hôte	
	Base de Gournay	Plate-forme grande distribution	Bois Roger
Les Alleuds	Mairie	-	bourg
	Eglise	-	
	Salle des Fêtes	-	
	Salle associative	-	
	Café-Restaurant	Restauration	Chaignepain

Le site des Raffauds est isolé de l'ensemble de ces bâtiments recevant du public. Les plus proches sont situés à environ 1,5 km sur la commune des Alleuds. Il s'agit de la mairie, de la salle des fêtes et d'une salle associative.

A l'exception des hameaux de Bois-Roger et La Balade sur la commune de Saint-Vincent-la-Châtre, aucune zone urbanisée (donc aucun ERP) n'est

présente aux abords des éoliennes des Raffauds sur cette commune. Il en est de même pour la commune de Clussais-la-Pommeraiie.



Carte 4 : Situation du parc éolien vis-à-vis des ERP proches



Etablissements recevant du public

- Eoliennes en projet
- Poste de livraison
- Zone d'étude des dangers
- Limite communale
- Etablissements recevant du public

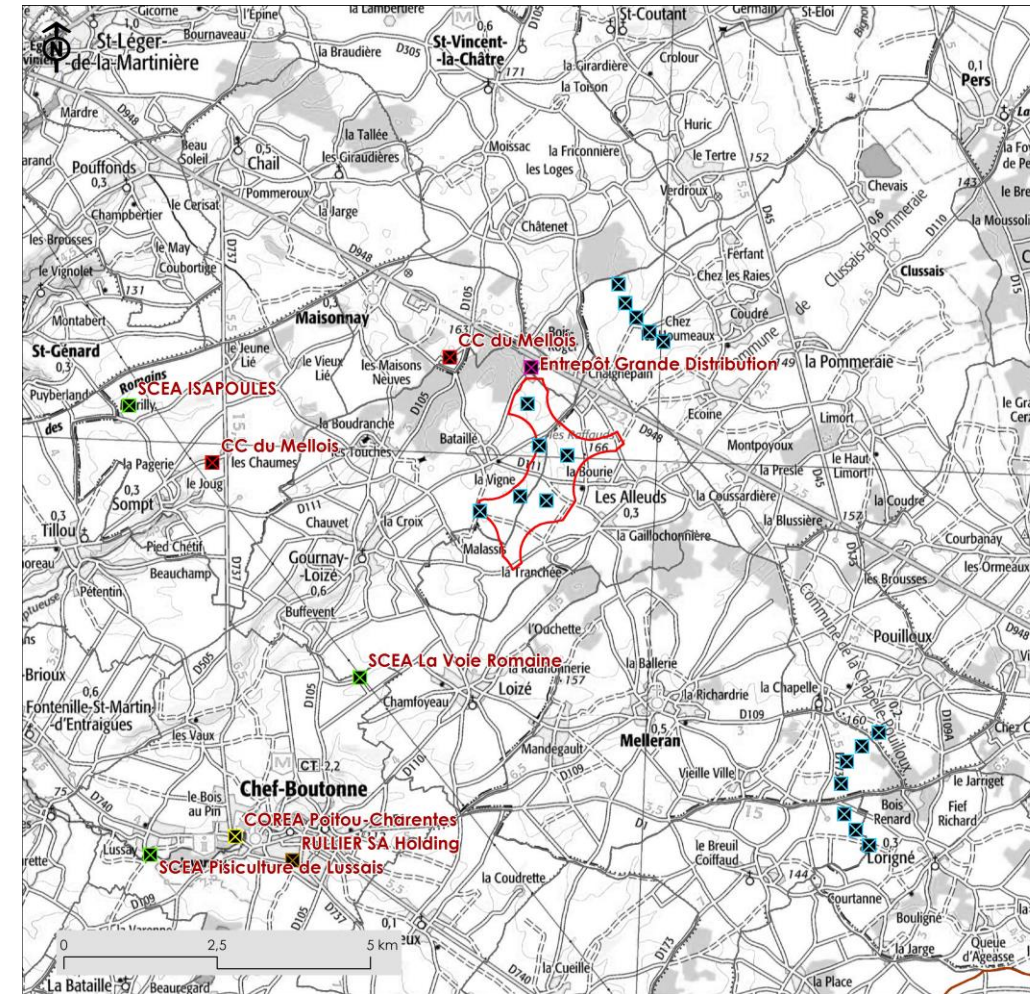


3.1.3 Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (ICPE)

Le tableau suivant liste les ICPE installées sur les communes de Gournay-Loizé et Les Alleuds et celles implantées sur les communes riveraines du site éolien.

Tableau 4 : ICPE recensées sur les communes de Gournay-Loizé, Les Alleuds et les communes limitrophes [source : Base des ICPE]

Communes	Localisation	Description	Régime
Gournay-Loizé	Les Raffauds	3D ENERGIES Parc éolien (4 éoliennes)	Autorisation
	Bois Roger	ITM LAI Entrepôt de la Grande Distribution	Enregistrement
Les Alleuds	Les Raffauds	3D ENERGIES Parc éolien (2 éoliennes)	Autorisation
Maisonnay	Mauregard	Communauté de Communes du Mellois Installation de stockage de déchets inertes	Enregistrement
Sompt	Puits Mortron	Communauté de Communes du Mellois Installation de stockage de déchets inertes	Enregistrement
	Mérilly	SCEA ISAPOULES Exploitation agricole	Autorisation
Chef-Boutonne	Javerzay	COREA Poitou-Charentes Silos de stockage	Autorisation
	Rue de la Laiterie	RULLIER SA Holding Négoce bois	Autorisation
	Le Grand Maboué	SCEA La Voie Romaine Elevage de porcs	Enregistrement
	Lussais	SCEA Pisciculture de Lussais	Autorisation
Melleran		WPD Energie 21 Poitou Charentes Parc éolien	Autorisation
Clussais-la-Pommeraié		WPD Parc éolien de Clussais-la-Pommeraié	Autorisation



Carte 5 : Localisation des ICPE

Projet éolien Les Raffauds

79 Deux-Sèvres

ICPE

Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (ICPE)

- ⊠ Eolienne
- ⊠ Négoce bois
- ⊠ Stockage déchets
- ⊠ Entrepôt Grande Distribution
- ⊠ Exploitation, élevage
- ⊠ stockage

□ Aire d'implantation possible

Source : DREAL, PEDAGE, Fond : Scan, 1008-8IGN France - Reproduction Interdite, Réalisation : ABIES - Septembre 2015

La liste ci-dessus montre un nombre relativement important d'Installations Classées pour la Protection de l'Environnement.

Le plus proche site SEVESO est localisé à Melle et Saint-Léger-la-Martinière, à une dizaine de kilomètres au nord-ouest des éoliennes existantes et en projet des Raffauds.

Aucune installation nucléaire de base n'est recensée dans un rayon d'au moins 6 km autour du site des Raffauds.

Outre les six éoliennes existantes sur le site des Raffauds, la plus proche ICPE est l'entrepôt de grande distribution situé à Bois-Roger.

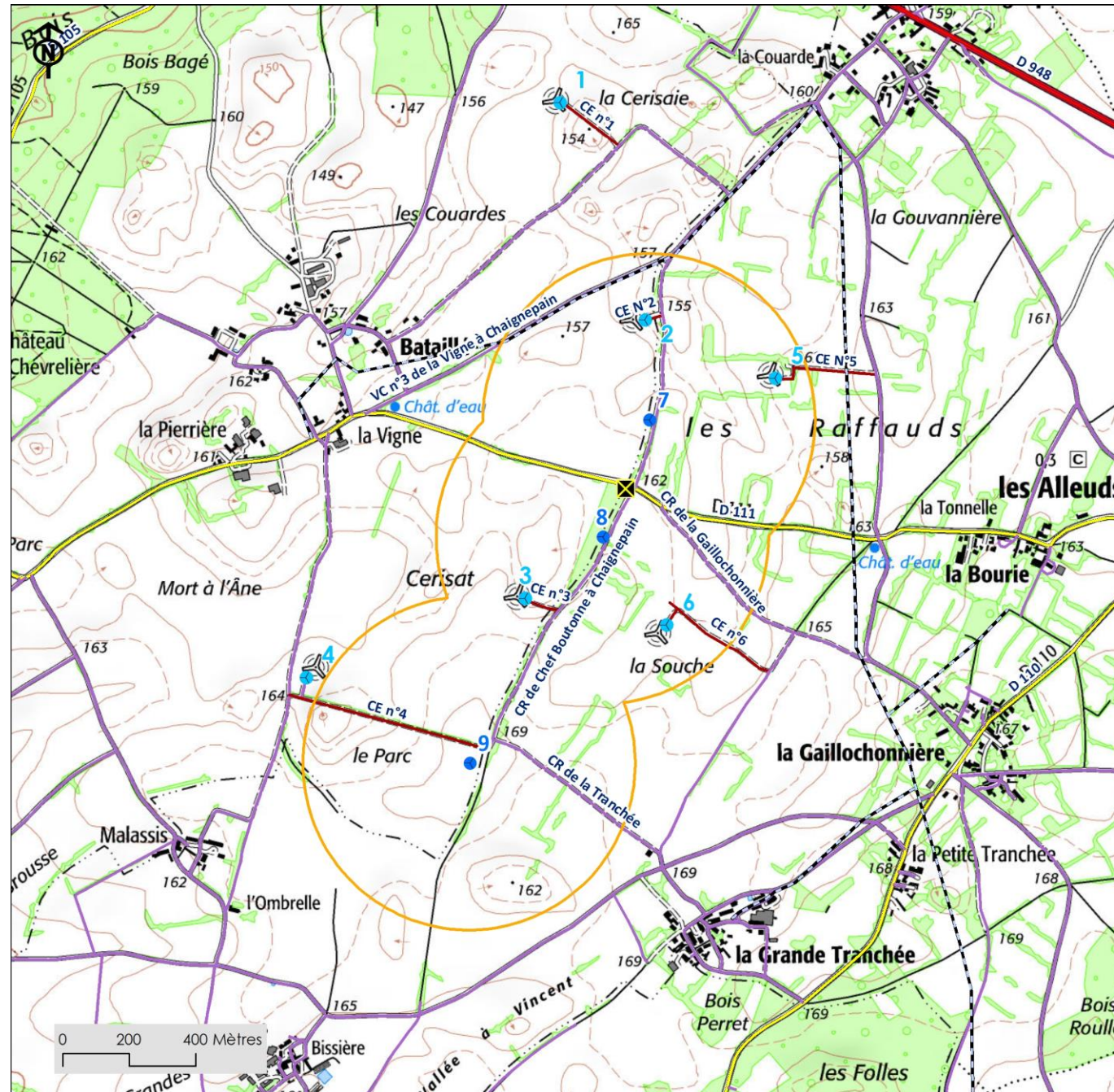
L'arrêté du 26 août 2011, relatif aux installations de production d'électricité utilisant l'énergie du vent, précise qu'une distance minimale de 300 mètres doit être maintenue entre des éoliennes et une installation nucléaire de base ou une installation classée SEVESO.

3.1.4 Equipements et infrastructures présents

Un inventaire des infrastructures aux abords des trois éoliennes du projet d'extension des Raffauds a été réalisé.

Les différents types d'infrastructures rencontrées sont listés ci-après.

- Les six éoliennes existantes du parc des Raffauds. Une distance minimale de 300 mètres sépare les trois nouvelles éoliennes des six déjà en fonctionnement.
- Les infrastructures routières d'importance. Au préalable, une distance correspondante à la hauteur totale de l'éolienne plus 10 % (soit 165 mètres) avait été appliquée sur l'ensemble des routes d'importances proches du site, en deçà de laquelle, il n'était pas recommandé d'implanter les éoliennes. Il s'agit de :
 - o La RD 948, située à 1 400 mètres de la plus proche éolienne (E7) ;
 - o La RD 111 située à 170 m de l'éolienne la plus proche (E8).
- Les infrastructures électriques. 3D ENERGIES a appliqué un éloignement d'au moins une hauteur d'éolienne + 10 % (soit 165 m) de part et d'autre de la ligne électrique haute-tension traversant le site. Une distance minimale de 420 mètres sépare la plus proche éolienne (E7) de la ligne électrique.
- Les infrastructures locales :
 - o la Voie Communele 3 de La Vigne à Chaignepain ;
 - o le Chemin Rural de Chef-Boutonne à Chaignepain ;
 - o le chemin rural de La Gaillochonnière ;
 - o le chemin rural vers La Grande Tranchée
 - o les chemins d'exploitation liés à l'exploitation des six premières éoliennes du parc des Raffauds.



Projet éolien Les Raffauds

79 Deux-Sèvres

Infrastructures

- Eoliennes en projet
- Poste de livraison
- Zone d'étude des dangers

- Route principale
- Route secondaire
- Voie communale (VC) ou chemin rural (CR)
- Chemin d'exploitation (CE)
- - - Lignes électriques basses et moyennes tensions

● Eoliennes existantes

Fond : Scan250@IGN France - Reproduction interdite
Réalisation : ABIES - Octobre 2015

Carte 6 : Situation du parc éolien vis-à-vis des infrastructures proches

3.2 Environnement naturel

3.2.1 Contexte climatique

3.2.1.1 Vents violents

Les vents violents peuvent être la cause de détériorations de structures, de chute ou de pliage de mât, de survitesse des pales et de projection de pales.

Des investigations approfondies ont été menées pour déterminer le potentiel éolien du site avant l'implantation des six premières éoliennes. Les retours d'expériences issus de l'exploitation de ces éoliennes ont également permis de confirmer la qualité du gisement de vent local. Les vents dominants sont de secteur sud-ouest et secondairement de secteur est-nord-est. La vitesse moyenne de vent relevée est de 6,45 m/s à 85 mètres de hauteur.

Le tableau suivant indique les vitesses quotidiennes de vent maximales enregistrées à la station météo de Niort, à une cinquantaine de kilomètres au nord-ouest du site des Raffauds, sur la période du 1/1/1986 au 31/12/2000, à une hauteur de 10 mètres.

Tableau 5 : Rafales de vent enregistrées sur la station de Niort sur la période de 1990-2000 [source : Météo France]

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Rafale maximale de vent (en m/s)	31	30	30	30	23	24	26	36	27	28	24	40
Date	02-1998	03-1990	24-1986	01-1994	30-1999	23-1986	20-1992	08-1999	07-1995	15-1987	02-1989	27-1999

La rafale de vent la plus violente enregistrée à Niort, à 10 mètres de hauteur, a atteint 40 m/s soit plus de 140 km/h, le 27 décembre 1999.

On rappellera que les vents violents sont pris en compte dans le dimensionnement des éoliennes avec le respect de la norme IEC 61400. Les éoliennes retenues pour l'extension des Raffauds sont des Enercon E82. Elles sont conçues pour des classes de vents de 52,5 m/s (soit 189 km/h) pendant 3 secondes et de 37,5 m/s de moyenne (soit 135 km/h) sur 10 minutes (les cas de charge sont décrits dans la norme IEC 61 400). Les éoliennes appartiennent à la classe IIa.

Le vent est retenu comme source potentielle de dangers pour les installations de l'extension du parc des Raffauds.

3.2.1.2 Pluviométrie

Le tableau suivant résume les principales données pluviométriques disponibles (valeurs en millimètres). Les données sont issues de la station météorologique de Niort. Elles sont le résultat des valeurs enregistrées entre 1971 et 2000.

Tableau 6 : Données pluviométriques enregistrées sur la commune de Niort

Précipitations	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Année
Hauteur moyenne mensuelle	88,5	78,7	61,3	68,5	73,5	58,3	46,7	50,5	69,4	88	91,8	97,1	872,3
Maximum quotidien absolu	52,4	30,5	30	35,3	45,4	87,2	49,2	59,6	52	40,6	38,4	51,5	87,2

La pluviométrie maximale enregistrée sur 24 heures a été de 87,2 mm soit 87 litres d'eau par m², le 11 juillet 1988 au cours de la période 1971-2000. Elle correspond probablement à un épisode orageux.

On constate que les précipitations demeurent relativement conséquentes à Niort avec plus de 870 mm annuellement. Cette moyenne reste néanmoins très légèrement inférieure à celle relevée à l'échelle du territoire métropolitain (889 mm).

En revanche, la très grande régularité de la pluviométrie, à l'échelle du mois, est révélatrice d'une influence atlantique.

3.2.1.3 Période de neige

Au cours de journées neigeuses et en l'absence de vent, la neige ou la glace peut s'accumuler sur les pales des éoliennes. Dès lors, au démarrage, la rotation des pales peut entraîner une projection de neige ou de glace à terre.

Les informations climatologiques sur les périodes de gel et les périodes neigeuses enregistrées par Météo-France à la station de Cognac, durant la période 1990 à 2010, sont précisées dans le tableau suivant.

Nota : en l'absence de données pour la station météorologiques de Niort, nous avons pris en compte celles de la station de Cognac située à une soixantaine de kilomètres au sud des Raffauds.

Tableau 7 : Nombre moyen de jours avec neige

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Année
Neige	0,9	1	0,2	0,2	0	0	0	0	0	0	0,2	0,5	3,1

Le phénomène de neige n'est pas retenu comme source potentielle de dangers pour les éoliennes de l'extension des Raffauds.

3.2.2 Les risques naturels

3.2.2.1 Foudre

Une éolienne étant par définition une construction d'une hauteur importante érigée sur une surface dégagée, la possibilité d'un foudroiement n'est pas à exclure au cours de son utilisation. Une telle éventualité est renforcée lorsque des pales en fibres de carbone sont utilisées, en raison de la forte conductivité électrique de ce matériau. Aujourd'hui la quasi-totalité des pales d'éoliennes sont constituées en fibres de verre.

Les dangers liés à la foudre sont :

- les effets thermiques pouvant être à l'origine :
 - d'un incendie ou d'une explosion, soit au point d'impact, soit par l'énergie véhiculée par les courants de circulation conduits ou induits ;
 - de dommages aux structures et construction ;
- les perturbations électromagnétiques pouvant endommager les équipements électroniques, en particulier les équipements de contrôle commande et/ou de sécurité ;
- les effets électriques pouvant induire des différences de potentiel.

Pour les communes de Gournay-Loizé ou Les Alleuds, les statistiques de foudroiement sont [source : site internet Météorage] de 1,33 arc/km²/an (contre 1,53 pour la moyenne française).

La foudre est retenue comme source potentielle de dangers pour les éoliennes de l'extension du parc des Raffauds.

3.2.2.2 Inondation

De fortes précipitations peuvent entraîner une inondation ayant pour conséquence une fragilisation des fondations et une détérioration des installations électriques. Un risque d'emballage de l'éolienne, voire la chute de celle-ci, n'est pas à exclure en cas d'endommagement des systèmes de sécurité et de régulation.

Les communes de Gournay-Loizé ou Les Alleuds ne sont pas soumises au risque inondation.

Le risque inondation n'est donc pas retenu comme source potentielle de dangers pour les éoliennes de l'extension du parc des Raffauds.

3.2.2.3 Risque de remontées de nappes

Les dangers associés au risque de remontées des nappes sont identiques aux dangers liés au phénomène d'inondation (cf. plus haut).

La Base de Données Nationales « Remontées de nappes » développée par le BRGM (<http://inondationsnappes.fr>) indique que le territoire communal est concerné par ce risque plus ou moins élevé selon les lieux.

Les trois éoliennes du projet d'extension sont implantées dans des secteurs de faibles à moyennes sensibilités.

Le risque de remontées de nappes n'est donc pas retenu comme source potentielle de dangers pour les éoliennes de l'extension du parc des Raffauds.

3.2.2.4 Retrait et gonflement d'argile

Un sol argileux peut présenter des caractéristiques hétérogènes suivant son taux d'hygrométrie. Lorsqu'il est desséché, il devient dur et cassant. A contrario lorsqu'il est humide, il devient plastique et malléable. Ces modifications de consistance sont loin d'être sans conséquence. Les variations de volume, avec des amplitudes parfois très importantes sont constatées en période estivale. En effet, les températures élevées accentuent le phénomène d'évapotranspiration. Par conséquent les sols argileux se rétractent en période de sécheresse, ce qui se traduit par des tassements différentiels qui peuvent occasionner des dégâts parfois importants aux constructions.

Le site internet « argiles.fr » présente une cartographie, sur chacune des communes l'aléa retrait-gonflement d'argile.

Les trois éoliennes sont implantées dans des secteurs dont le niveau de risque est évalué à « faible ».

Le risque de retrait et gonflement d'argile n'est donc pas retenu comme source potentielle de dangers pour les éoliennes de l'extension du parc des Raffauds.

3.2.2.5 Mouvements de terrain

Le risque de mouvement de terrain peut être à l'origine d'une chute d'éolienne. Des études géotechniques sont classiquement réalisées avant la construction d'un parc éolien pour s'assurer du bon dimensionnement des fondations en fonction de la nature du sol et du sous-sol.

Le Dossier Départemental des Risques Majeurs recense les communes soumises au risque de mouvement de terrain. L'aléa mouvement de terrain est classé faible sur les communes de Gournay-Loizé et Les Alleuds.

Le risque de mouvements de terrain n'est donc pas retenu comme source potentielle de dangers pour les éoliennes de l'extension du parc des Raffauds.

3.2.2.6 Feux de forêts

Un éventuel incendie de la végétation aux alentours serait susceptible de se propager aux installations éoliennes.

Les communes de Gournay-Loizé et Les Alleuds ne sont pas soumises au risque de feux de forêts selon le Dossier Départemental des Risques Naturels.

Le risque de feu de forêt n'est donc pas retenu comme source potentielle de dangers pour les éoliennes de l'extension du parc des Raffauds.

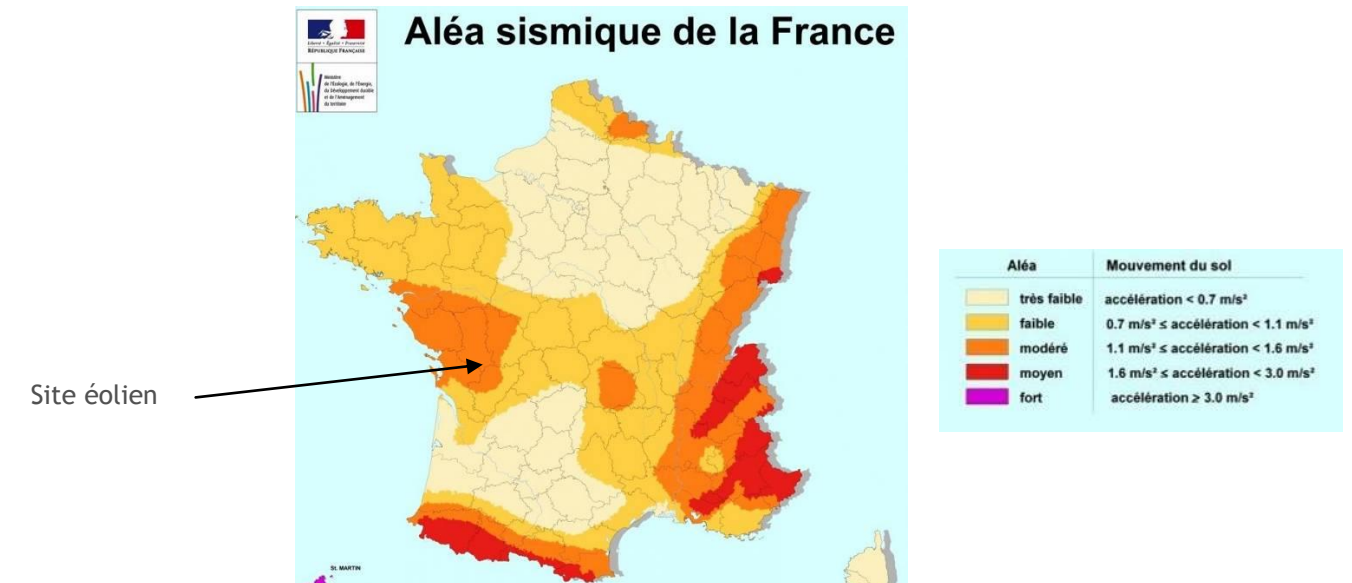
3.2.2.7 Séisme

La présence d'une grande partie de la masse en haut de la tour rend les éoliennes particulièrement vulnérables aux séismes. Un séisme pourrait conduire à la chute du mât. Les fondations des éoliennes doivent être dimensionnées conformément à la réglementation française en vigueur.

La prévention du risque sismique est notamment régie par :

- Le Code de l'Environnement, au travers des articles R563-1 à R563-8 relatifs à la prévention du risque sismique,
- l'arrêté du 22 octobre 2010 relatif à la classification et aux règles de construction parasismique applicables aux bâtiments de la classe dite « à risque normal »,
- Décret n° 2010-1255 du 22/10/10 portant délimitation des zones de sismicité du territoire français,
- Décret n° 2010-1254 du 22/10/10 relatif à la prévention du risque sismique,

- Circulaire n° 2000-77 du 31/10/00 relative au contrôle technique des constructions pour la prévention du risque sismique,
- Arrêté du 10 mai 1993 fixant les règles parasismiques applicables aux installations soumises à la législation sur les installations classées,
- Circulaire DPPR/SEI du 27 mai 1994 relative à l'arrêté du 10 mai 1993 fixant les règles parasismiques applicables aux installations classées pour la protection de l'environnement.



Carte 7 : carte des aléas sismiques en France

L'ensemble des communes du département des Deux-Sèvres est classé en zone de sismicité 3, correspondant à un niveau d'aléa modéré.

Selon la classification des bâtiments définie dans l'arrêté du 22 octobre 2010, un parc éolien appartient à la catégorie d'importance I, qui désigne « les bâtiments dans lesquels est exclue toute activité humaine nécessitant un séjour de longue durée et non visés par les autres catégories II, III et IV ». Or, de tels ouvrages neufs ne sont soumis à aucune exigence ni à aucune règle de construction parasismique, et ce quelle que soit la zone de sismicité dans laquelle ils se trouvent (source : *La nouvelle réglementation parasismique applicable aux bâtiments dont le permis de construire est déposé à partir du 1^{er} mai 2011* - MEDDTL).

Le risque sismique est toutefois retenu comme source potentielle de dangers pour les éoliennes de l'extension du parc des Raffauds.

3.2.3 Environnement technologique

3.2.3.1 Le risque industriel

Le risque industriel d'une activité proche du parc éolien peut avoir des conséquences dommageables sur le devenir des installations.

Mais le Dossier Départemental des Risques Majeurs ne recense pas ce risque sur les communes de Gournay-Loizé et Les Alleuds.

Le risque industriel n'est donc pas retenu comme source potentielle de dangers pour les éoliennes de l'extension du parc des Raffauds.

3.2.3.2 Le risque de rupture de barrage

A la suite d'une rupture d'un barrage, on observe en aval une inondation catastrophique, précédée par le déferlement d'une onde de submersion plus ou moins importante selon le type du barrage, la nature de la rupture et la distance par rapport à l'ouvrage.

Selon le Dossier Départemental des Risques Majeurs le risque de rupture de barrage ne concerne pas Gournay-Loizé et Les Alleuds.

Le risque de rupture de barrage n'est donc pas retenu comme source potentielle de dangers pour les éoliennes de l'extension du parc des Raffauds.

3.2.3.3 Le risque de Transport de Matières Dangereuses (TMD)

Un accident à proximité du parc éolien (incendie, explosion, projection) pourrait être à l'origine de dégradations des éoliennes et causer des dégradations majeures (chute du mât, incendie, rupture de pales ou de fragments de pales).

Selon le Dossier Départemental des Risques Majeurs, les communes de Gournay-Loizé et Les Alleuds sont soumises au risque lié au Transport de Matières Dangereuses, et notamment aux abords de la RD 948.

1 400 m est la distance la plus faible entre une éolienne (E7) et la RD 948. La zone d'étude de dangers n'englobe pas la RD 948.

Le risque de Transport de Matières Dangereuses n'est donc pas retenu comme source potentielle de dangers pour les éoliennes de l'extension du parc des Raffauds.

3.2.4 Environnement matériel

3.2.4.1 Voies de circulation

Le plus proche axe de circulation est la RD 111. L'éolienne la plus proche (E7) est distante de 170 mètres de cet axe. Plusieurs voies et chemins communaux conduisent au site éolien (chemins ruraux, voies communales, chemin d'exploitation,...).

La RD 111 et les chemins locaux sont retenus comme source potentielle de dangers pour les éoliennes de l'extension des Raffauds.

3.2.4.2 Activités industrielles

Un accident sur les installations industrielles voisines (incendie, explosion, projection) pourrait être à l'origine de dégradations des éoliennes. Des projections ou des surpressions peuvent impacter une éolienne et causer des dégradations majeures (chute du mât, rupture de pales ou de fragments de pales). Des effets thermiques peuvent également endommager significativement les installations.

Nous rappellerons ici que, depuis l'arrêté du 26 Août 2011, « les éoliennes doivent être implantées à plus de 300 mètres de toutes installations classées pour l'environnement soumise à l'arrêté du 10 Mai 2000 en raison de la présence de produits toxiques, explosifs, comburants et inflammables » (article 3 de l'arrêté).

Outre les six éoliennes existantes, la plus proche activité en fonctionnement est la plateforme de grande distribution située en bordure de la RD 948 au lieu-dit Bois-Roger. Cet établissement est distant de 1 400 mètres de l'éolienne E7.

Ainsi les activités industrielles n'ont pas été retenues comme source potentielle de dangers pour l'extension du parc éolien des Raffauds.

3.2.4.3 Aviation

Le projet a reçu des avis favorables de la DGAC et de l'Armée de l'Air.

La Direction Générale de l'Aviation Civile n'a émis aucune objection à l'encontre du projet, sous réserve du respect des règles de balisage.

Selon l'Armée de l'air, le projet se situe sous la zone règlementée LF-R 49A2 « Cognac » sans être toutefois de nature à remettre en cause la mission des forces.

Les coordonnées des éoliennes seront transmises à l'Armée de l'Air et à la Direction Générale de l'Aviation Civile pour une actualisation de leurs documents de vol, une fois le chantier démarré.

Les éoliennes seront munies d'un système de balisage conforme à l'arrêté du 13 novembre 2009 de la Direction de la Sécurité de l'Aviation Civile (cf. chapitre 1.2.4).

L'activité aéronautique n'est donc pas retenue comme source potentielle de dangers pour les éoliennes de l'extension du parc des Raffauds.

3.2.5 Autres ouvrages

Une ligne électrique haute-tension a été identifiée sur le site. La plus proche éolienne (E7) est distante de 420 mètres de cet ouvrage.

La ligne électrique est retenue comme source potentielle de dangers pour les éoliennes de l'extension des Raffauds.

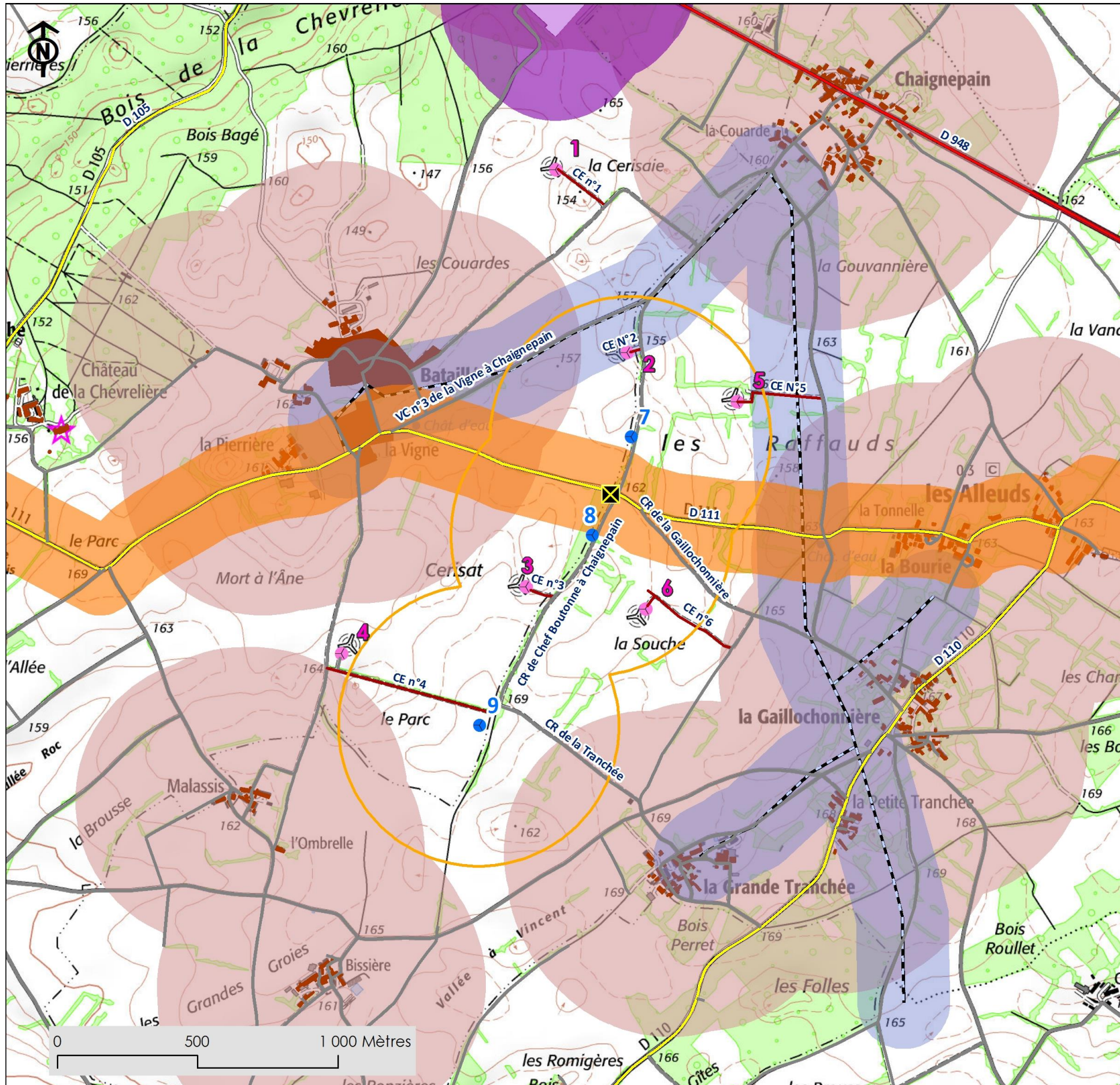
3.2.6 Conclusion

La précédente analyse des dangers liés à l'environnement du site éolien a permis de retenir les potentiels de dangers suivants :

Tableau 8 : Potentiels de dangers retenus pour l'analyse préliminaire des risques pour les éoliennes de l'extension des Raffauds

	Potentiel de dangers	Phénomènes dangereux maximum associés	
Environnement naturel	Vents violents	Chute de l'éolienne	Retenu
	Foudre	Incendie de la nacelle	Retenu
	Inondation	Chute de l'éolienne	Non retenu
	Remontée des nappes	Chute de l'éolienne	Non retenu
	Périodes de neige	Projection de givre ou de glace	Non retenu
	Retrait et gonflement d'argile	Chute de l'éolienne	Non retenu
	Mouvements de terrain	Chute de l'éolienne	Non retenu
	Feux de forêts	Incendie	Non retenu
	Séisme	Chute de l'éolienne	Retenu

Environnement technologique	Risque industriel	Chute de l'éolienne	Non retenu
	Rupture de barrage	Chute de l'éolienne	Non retenu
	Transport de marchandise dangereuse	Chute de l'éolienne	Non retenu
	Voies de circulation	Chute d'éolienne	Retenu
	Activités industrielles	Chute de l'éolienne	Non Retenu
	Aviation	Collision avec une éolienne	Non retenu



Carte 8 : Synthèse des enjeux du milieu humain

Projet éolien Les Raffauds



Synthèse des enjeux du milieu humain

- Eoliennes en projet
- X Poste de livraison
- Zone d'étude des dangers
- Lignes électriques basses et moyennes tensions
- Eloignement de 165 m autour des lignes électriques
- Route principale
- Route secondaire
- Voie communale (VC) ou chemin rural (CR)
- Chemin d'exploitation (CE)
- Eloignement de 165 m autour de la RD111
- Habitat et zones destinées à l'habitation
- Périmètre d'éloignement de 500 m autour des habitations et zones destinées à l'habitation
- ICPE, entrepôt de grande distribution
- Eloignement de 300 m autour de l'ICPE
- Eoliennes existantes

Fond : Scan2500 ©IGN France - Reproduction interdite
Réalisation : ABIES - Octobre 2015

4 Description de l'installation



4.1	Caractéristiques des parcs éoliens	23	4.4	Durée de vie	29
4.1.1	Eléments constitutifs d'un aérogénérateur	23	4.5	Organisation du de l'extension du parc éolien des Raffauds	29
4.1.2	Emprise au sol	23	4.6	Puissance électrique	33
4.1.3	Chemins d'accès	24	4.7	Evacuation de l'électricité produite	33
4.1.4	Autres installations	24	4.8	Production estimée	33
4.2	Caractéristiques du projet éolien	24	4.9	Les équipements annexes	33
4.2.1	Activités de l'installation	24	4.10	Fonctionnement des réseaux de l'installation	34
4.2.2	Les éoliennes choisies : Enercon E82, 2,3 MW	24	4.10.1	Le raccordement électrique	34
4.2.3	Description de l'installation	25	4.10.2	Réseau inter-éolien enterré	34
4.2.4	Le rotor et les pales	25	4.10.3	Poste de livraison	34
4.2.5	Le mât	25	4.10.4	Réseau électrique externe	34
4.2.6	La nacelle	26	4.10.5	Modalités de réalisation de raccordement (Art24)	34
4.2.7	Le système de freinage	27	4.10.6	Autres réseaux	34
4.2.8	Le transformateur	27			
4.2.9	La lubrification	27			
4.2.10	La couleur et le balisage des éoliennes	28			
4.2.11	Les fondations	28			
4.3	Fonctionnement des éoliennes	28			

Extension du parc éolien des Raffauds (Commune de Gournay-Loizé, 79)

Etude de dangers

4.11 Dispositions constructives.....	34
4.11.1 Les dispositions réglementaires	34
4.11.2 Les règles de conception et système qualité	34
4.11.3 Sécurité de l'installation	35
4.11.4 Opérations de maintenance de l'installation	36



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

4.1 Caractéristiques des parcs éoliens

Un parc éolien est une centrale de production d'électricité à partir de l'énergie du vent. Il est composé de plusieurs aérogénérateurs et de leurs annexes (cf. schéma du raccordement électrique au paragraphe 4.2.3) :

- 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 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.

4.1.1 Éléments constitutifs d'un aérogénérateur

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

Les aérogénérateurs se composent de trois principaux éléments :

- **Le rotor** qui est composé de trois pales (pour la grande majorité des éoliennes actuelles) construites en matériaux composites et réunies au niveau du moyeu ;
- **Le mât**. Dans le cas présent, il est composé de 25 sections en béton et d'une section 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 qui 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.

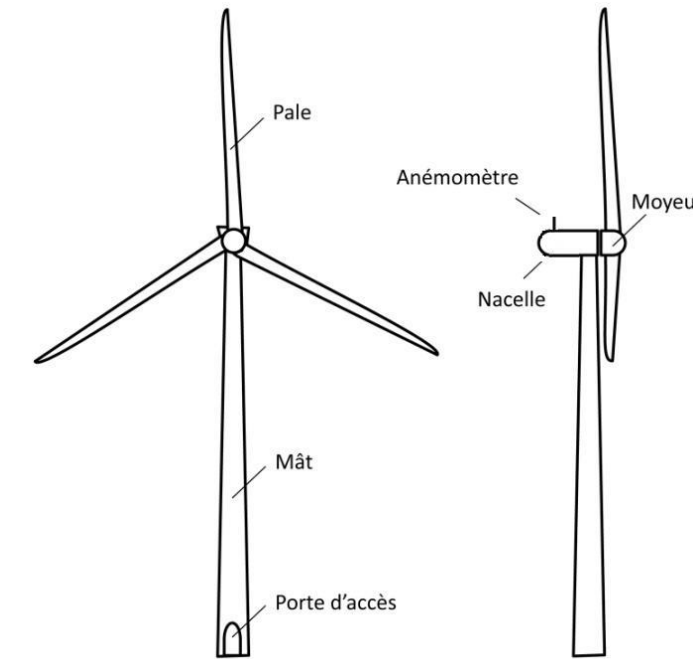


Figure 1 : Schéma simplifié d'un aérogénérateur

4.1.2 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.

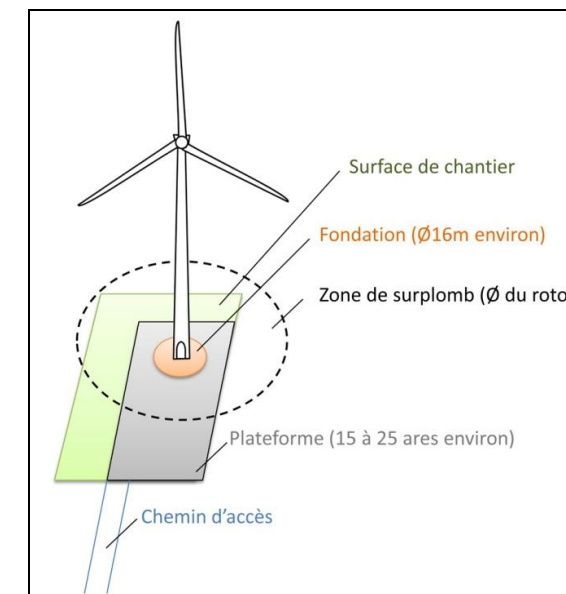


Figure 2 : Exemple des emprises au sol d'une éolienne

4.1.3 Chemins d'accès

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

- Ces aménagements concernent principalement les chemins de terre existants ;
- Des nouveaux chemins seront créés sur des parcelles agricoles.

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

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

4.1.4 Autres installations

Certains parcs éoliens peuvent aussi intégrer des aires d'accueil pour informer le public, de parkings d'accès, de parcours pédagogiques, etc.

Le parc éolien existant des Raffauds dispose, au niveau du poste de livraison, d'une zone de stationnement avec un abri où des panneaux pédagogiques sont implantés.

4.2 Caractéristiques du projet éolien

4.2.1 Activités de l'installation

L'activité principale du parc éolien des Raffauds est la production d'électricité à partir de l'énergie mécanique du vent avec des éoliennes constituées de :

- ✓ un mât de 85 mètres et un rotor de 82 mètres de diamètre, soit une hauteur en bout de pale culminant à 126 mètres pour les six éoliennes en place ;
- ✓ un mât de 109 mètres et un rotor de 82 mètres de diamètre, soit une hauteur en bout de pale culminant à 150 mètres pour les trois éoliennes du projet d'extension et faisant l'objet de la présente étude des dangers.

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

4.2.2 Les éoliennes choisies : Enercon E82, 2,3 MW

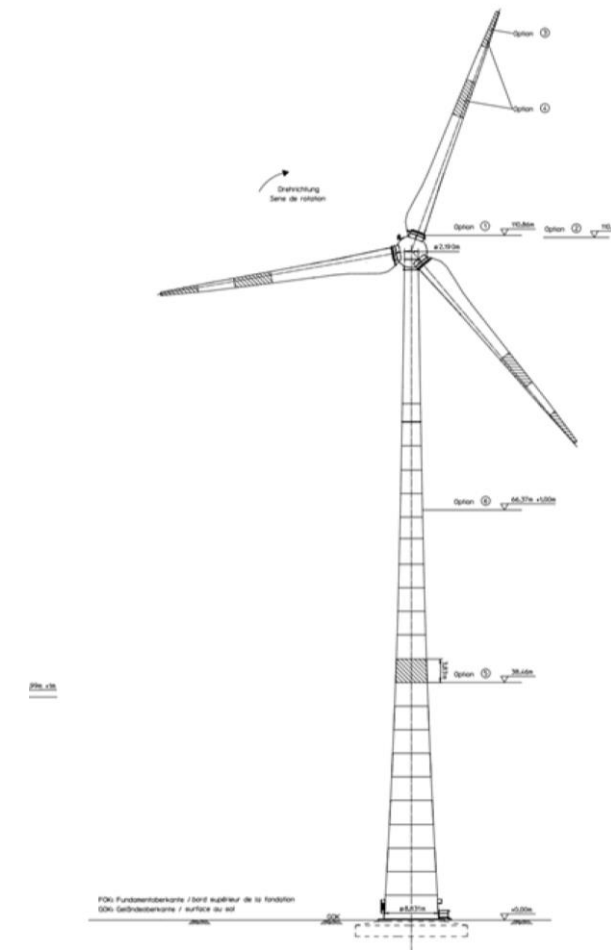


Figure 3 : Profil d'une éolienne E82 [source : Enercon]

Une éolienne est composée de :

- trois pales réunies au moyeu ; l'ensemble est appelé rotor ;
- une nacelle supportant le rotor, dans laquelle se trouve des éléments techniques indispensables à la création d'électricité (génératrice, convertisseur, transformateur, ...)

- un mât maintenant la nacelle et le rotor ;
- une fondation assurant l'ancrage de l'ensemble.

Concrètement une éolienne fonctionne dès lors que la vitesse du vent est suffisante pour entraîner la rotation des pales. Plus la vitesse du vent est importante, plus l'éolienne délivrera de l'électricité (jusqu'à atteindre le seuil de production maximum).

4.2.3 Description de l'installation

Un parc éolien est composé de :

- Plusieurs éoliennes ;
- D'un ou de plusieurs postes de livraison électrique ;
- De liaisons électriques ;
- De chemins d'accès,
- D'un mât de mesures, ...

L'illustration ci-après décrit le fonctionnement d'un parc éolien et la distribution électrique sur le réseau.

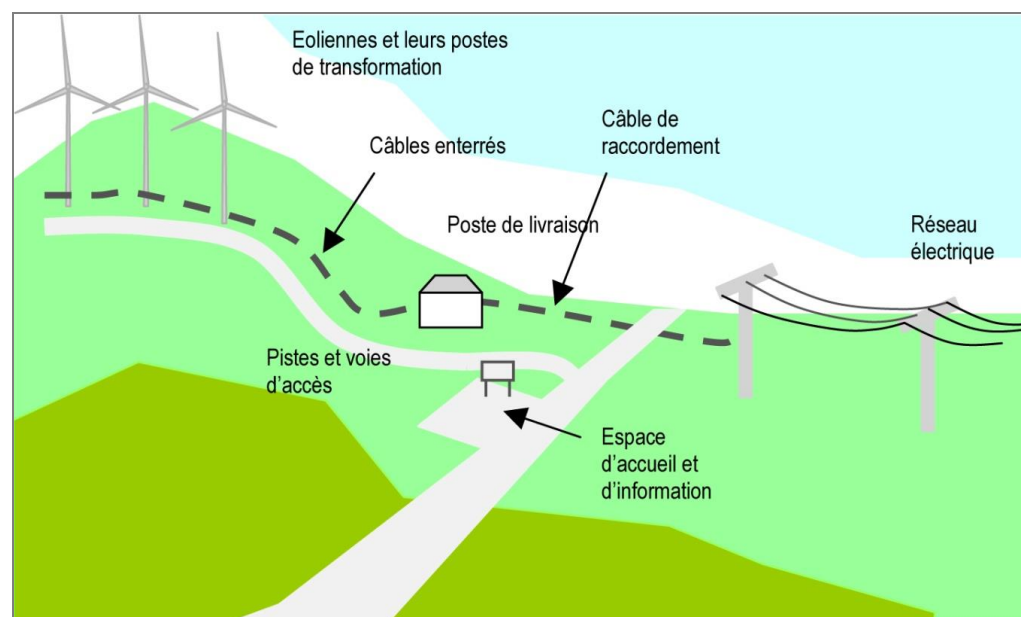


Figure 4 : schéma électrique d'un parc éolien [source : guide éolien version 2010]

L'extension du parc éolien des Raffauds est composée de :

- 3 éoliennes E82, développant une puissance électrique totale de 6,9 MW ;
- 1 poste de livraison ;
- des liaisons électriques inter-éoliennes enfouies, ...

Conformément aux exigences de la Direction Générale de l'Aviation Civile, les trois éoliennes seront blanches et munies de feux à éclats (blanc pour la journée et rouge pour la nuit).

Les chemins de desserte créés pour la mise en place des six premières éoliennes seront réutilisés. Ces chemins disposent d'une largeur de 4,5 mètres minimum pour toute la période d'exploitation.

4.2.4 Le rotor et les pales

L'éolienne E82 est équipée d'un rotor de 82 mètres de diamètre composé de trois pales et du moyeu. Les surfaces balayées par les rotors sont de 5 281 m².

Les caractéristiques des pales sont indiquées dans le tableau suivant.

Tableau 9 : Caractéristiques des pales de l'éolienne E82 (Source : Enercon)

	Pale éolienne E82
Longueur	41 m
Poids d'une pale	9,6 tonnes
Matériau	Résine époxy
Vitesse rotation	Variable, 6 à 18 tours/min

L'éolienne Enercon E 82 sélectionnée pour l'extension du site des Raffauds est équipée d'un rotor de 82 mètres de diamètre composé de 3 pales fixées sur le moyeu. Chaque pale mesure 41 mètres pour un poids d'environ 9,6 tonnes. La surface balayée par le rotor est de 5 281 m². Les pales sont constituées de matériaux composites renforcés de fibres de verre.

Le revêtement des pales résiste aux rayons ultra-violet et les protège des influences de l'humidité.

Un système de captage de la foudre constitué d'un collecteur métallique associé à un câble électrique permet d'évacuer les courants de foudre vers le moyeu puis vers la tour, la fondation et le sol.

Lorsque l'éolienne fonctionne en-dessous de sa puissance nominale (2,3 MW), elle tourne à angle de pale constant et à vitesse variable afin d'exploiter au mieux l'aérodynamisme du rotor. Lorsque les conditions de vent permettent d'atteindre la plage de charge nominale, l'éolienne tourne à couple nominal constant. Les modifications de vitesses dues aux variations de la vitesse du vent sont compensées par l'adaptation de l'angle des pales (pitch). L'énergie éolienne produite par les fortes rafales est « stockée » en inertie par l'accélération du rotor. Elle est seulement convertie par la suite en énergie électrique et envoyée au réseau.

Les pales de l'éolienne sont conçues pour fonctionner à angle et à vitesse variables. Une pale telle que celles qui équiperont les éoliennes pour l'extension des Raffauds a une vitesse de rotation comprise entre 6 et 18 tours par minutes environ. Le rotor tourne lentement en présence de vents lents et à grande vitesse en présence de vents forts. Le réglage d'angle individuel de chaque pale du rotor est assuré par trois systèmes indépendants et commandés par microprocesseurs. L'angle de chaque pale est surveillé en continu par une mesure d'angle des pales, et les trois angles sont synchronisés entre eux. Ce principe permet d'ajuster rapidement et avec précision l'angle des pales aux conditions du vent (ce qui limite la vitesse du rotor et la force engendrée par le vent). La puissance fournie par l'éolienne est ainsi limitée exactement à la puissance nominale, même pour des courtes durées.

L'inclinaison des pales du rotor en position dite de drapeau stoppe le rotor de manière aérodynamique, sans que l'arbre d'entraînement ne subisse les fortes contraintes occasionnées par l'action d'un frein mécanique.

L'assemblage des trois pales au moyeu (pièce centrale souvent en acier moulé recevant les pales et montée directement sur l'axe horizontal de l'éolienne) compose le rotor de l'éolienne.

Les éoliennes E82 disposent d'un système de réglage indépendant de chaque pale.

Le poids total du rotor d'une éolienne de type E82 est de 55 tonnes.

4.2.5 Le mât

Le mât de l'éolienne de type Enercon E82 envisagée pour l'extension du parc des Raffauds est composé d'une partie inférieure en béton et d'une partie sommitale en acier.

Ce choix fait par Enercon permet de :

- ✓ pouvoir installer des mâts de grande hauteur plus facilement et à meilleur coût que des mâts en acier ;
- ✓ limiter les sollicitations et charges exercées sur les fondations ;
- ✓ faciliter le transport des éléments,...

Les mâts en béton préfabriqué sont érigés sur les fondations spéciales équipées d'une cave pour permettre la tension des câbles après l'installation des sections en béton. Les sections inférieures du mât sont souvent divisées en deux parties afin de faciliter le transport. Après la livraison sur le site, les demi-sections sont assemblées soit par joint de mortier soit par des boulons pour former une section complète. En haut des sections béton se trouve un adaptateur en acier afin d'insérer la partie sommitale du mât en acier.

Les sections en béton sont composées d'une armature en acier, de fourreaux pour accueillir les câbles de précontrainte (selon le système de tension utilisé) et d'autres composants. Une fois achevées, les cages d'armature sont levées et disposées dans un moule. Du béton de haute qualité est ensuite coulé à l'intérieur des moules et soumis à des vibrations pour assurer un bon compactage. Après le séchage, l'extérieur des sections est enduit d'un revêtement spécial afin d'obtenir une surface mate et plane similaire à la qualité en surface des mâts en acier. Une protection supplémentaire pour prévenir des fissures est rajoutée.

Les dimensions des sections en béton sont optimisées afin de faciliter le transport par camion ou bateau. Une hauteur maximale de 3,80 mètres et une largeur maximale approximative de 5 mètres garantissent que les composants pourront passer en dessous de la plupart des tunnels. Les mâts de grande hauteur nécessitent des sections de diamètre supérieur à 5 mètres mais elles peuvent aussi être divisées en deux parties pour faciliter le transport afin d'être assemblées sur le site lors du montage du mât.

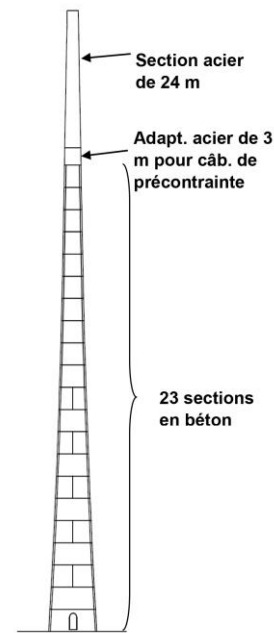


Figure 5 : Mât en béton préfabriqué d'une éolienne E82 (Source : Enercon)

Tableau 10 : Caractéristiques du mât des éoliennes E82 (source : Enercon)

	Mât éolienne E 82
Description	Tube conique
Matériau	Béton préfabriqué et acier
Hauteur (L)	108 m
Classe de vent (IEC)	IEC IIA
Nombre de sections	11 sections en demi-coque, 10 sections pleine, un adaptateur acier-béton et 2 sections acier
Poids (tonnes)	>200 tonnes

4.2.6 La nacelle

La nacelle se situe au sommet de la tour et abrite les composants mécaniques, hydrauliques, électriques et électroniques, nécessaires au fonctionnement de l'éolienne (voir figure ci-après).

La structure porteuse de la nacelle est composée d'un châssis machine coulé, d'un châssis générateur soudé et d'une structure porteuse métallique comme voie de roulement pour la grue de bord. La structure porteuse métallique a également pour fonction l'accueil du revêtement de la nacelle. Celui-ci est constitué de plaques d'aluminium.

Le volume intérieur est conçu avec assez d'espace pour pouvoir effectuer tous les travaux avec le toit fermé. Il y a plusieurs écoutilles donnant accès au moyeu du rotor ou aux structures du toit. Sur le toit se trouve le système anémométrique redondant et les feux de balisage de nuit et de jour.

Les dimensions de la nacelle d'une éolienne Enercon E 82 sont les suivantes :

- ✓ 11,70 mètres de longueur ;
- ✓ 5 mètres de large ;
- ✓ 5,53 mètres de haut.

La seule nacelle pèse 18 tonnes.

L'enveloppe de la nacelle est composée de fibre de verre. Le châssis de la nacelle est lui composé d'une structure métallique qui sert de support aux différents éléments principaux de la nacelle : l'arbre de transmission, la génératrice et les armoires de commandes. La trappe dans le plancher permet de hisser, via le palan, l'outillage nécessaire à la maintenance et l'évacuation du personnel en cas d'incendie dans la nacelle ou le mât.



Les principaux éléments présents dans la nacelle sont :

- ✓ un générateur directement entraîné par le rotor (donc par les pales du rotor). La génératrice, quant à elle, convertit l'énergie mécanique en énergie électrique. Les éoliennes de marque Enercon disposent donc d'un générateur synchrone. Le générateur annulaire est connecté au réseau électrique grâce à un module dédié. Ce système est piloté par le système de commande avec pour objectif une production maximale d'énergie. La partie rotative du générateur annulaire ENERCON et le rotor forment une unité. Ces pièces sont fixées directement sur le moyeu, de sorte qu'elles tournent à la même vitesse de rotation (vitesse lente). Grâce à l'absence de boîte de vitesse et d'autres pièces à grande vitesse de rotation, les pertes d'énergie entre le rotor et le générateur, les bruits émis, la consommation d'huile à engrenages et l'usure mécanique se trouvent considérablement réduits. En raison de la faible vitesse de rotation et de la grande section transversale du générateur, le niveau de température reste relativement bas en service et ne subit que de faibles variations. De faibles fluctuations de température pendant le fonctionnement et des variations de charges relativement rares réduisent les tensions mécaniques et le vieillissement des matériaux ;
- ✓ un palier d'orientation, muni d'une couronne dentée et monté directement sur la connexion supérieure de la tour. Il permet d'orienter l'éolienne face aux vents. Six moteurs équipés de roues dentées (moteur d'orientation) s'engagent dans la couronne pour faire tourner la nacelle et l'orienter en fonction du vent ;
- ✓ un système d'entraînement avec générateur : composé de deux paliers principaux équipés de roulements à deux rangées de rouleaux coniques et un à rouleaux cylindriques ;
- ✓ commande d'orientation (yaw) : l'éolienne E82 possède un dispositif de mesure mixte installé sur le dessus de la nacelle composé d'une girouette qui relève la direction de vent et d'un anémomètre qui en mesure la vitesse.

- ✓ des câbles électriques haute-tension allant de la nacelle au bas de la tour. Ce concept de raccordement au réseau par le biais d'un transformateur permet d'exploiter le rotor de l'éolienne à une vitesse de rotation variable. Le rotor tourne lentement en présence de vents lents, et à grande vitesse si les vents sont forts.

Les éoliennes de marque Enercon présentent la particularité d'être conçues sans multiplicateur. Les quantités d'huiles ou de graisses sont ainsi considérablement réduites pour ces éoliennes.

Différents systèmes de sécurité permettent de garantir un fonctionnement sûr de l'éolienne :

- ✓ Système de freinage : en fonctionnement les éoliennes sont freinées exclusivement de manière aérodynamique par l'orientation des pales en position drapeau. La vitesse de l'éolienne diminue sans que l'arbre d'entraînement ne soit soumis à des forces additionnelles. L'arrêt complet du rotor n'a lieu que pour des raisons de maintenance et en appuyant sur le bouton « arrêt d'urgence ». En cas d'urgence (coupure du réseau par exemple), chaque pale du rotor est mise en sécurité en position de drapeau par son propre système de réglage de pale d'urgence alimenté par batterie.
- ✓ Système parafoudre : l'éolienne E82 est équipée d'un système de parafoudre qui dévie les éventuels coups de foudre. La pointe de la pale est en aluminium moulé, le bord d'attaque et le bord de fuite de la pale du rotor sont équipés de profilés aluminium, reliés par un anneau en aluminium à la base de la pale. Un éventuel coup de foudre est absorbé en toute sécurité par ces profilés et le courant de foudre est dévié vers la terre ;
- ✓ Système de capteurs : un système de surveillance complet garantit la sécurité de l'éolienne. Toutes les fonctions pertinentes pour la sécurité sont surveillées par un système électronique.

4.2.6.1.1 Refroidissement et lubrification

Le refroidissement des composants principaux de la nacelle (groupe hydraulique, convertisseur, générateur) peut se faire par un système de refroidissement à air ou un système de refroidissement à eau.

De même, tous les autres systèmes de production de chaleur sont équipés de ventilateurs ou de refroidisseurs mais ils sont considérés comme des contributeurs mineurs à la thermodynamique de la nacelle.

La présence de nombreux éléments mécaniques dans la nacelle implique un graissage au démarrage et en exploitation afin de réduire les différents frottements et l'usure entre deux pièces en contact et, en mouvement l'une par rapport à l'autre.

Les éléments chimiques et les lubrifiants utilisés dans les éoliennes implantées sur le site des Raffauds seront certifiés selon les normes ISO 14001 version 2004. Les principaux éléments chimiques rencontrés dans une nacelle d'éolienne sont les suivants :

- ✓ le liquide de refroidissement (eau glycolée) ;
- ✓ les huiles de lubrification pour la boîte de vitesse ;
- ✓ les huiles pour le système hydraulique ;
- ✓ les graisses pour la lubrification des roulements ;
- ✓ les divers agents nettoyants et produits chimiques pour la maintenance de l'éolienne.

L'étude de dangers s'attache à analyser la dangerosité de ces produits (cf. rapport joint à la présente étude d'impact).

4.2.7 Le système de freinage

En fonctionnement, les éoliennes sont exclusivement freinées d'une façon aérodynamique par inclinaison des pales en position drapeau. Pour ceci, les trois entraînements de pales indépendants mettent les pales en position de drapeau (c'est-à-dire « les décrochent du vent ») en l'espace de quelques secondes. La vitesse de l'éolienne diminue sans que l'arbre d'entraînement ne soit soumis à des forces additionnelles.

Bien qu'une seule pale en drapeau (frein aérodynamique) suffise à stopper l'éolienne, cette dernière possède trois freins aérodynamiques indépendants (un frein par pale).

Le rotor n'est pas bloqué même lorsque l'éolienne est à l'arrêt, il peut continuer de tourner librement à très basse vitesse. Le rotor et l'arbre d'entraînement ne sont alors exposés à pratiquement aucune force. En fonctionnement au ralenti, les paliers sont moins soumis aux charges que lorsque le rotor est bloqué.

L'arrêt complet du rotor n'a lieu qu'à des fins de maintenance et en appuyant sur le bouton d'arrêt d'urgence. Dans ce cas, un frein d'arrêt supplémentaire ne se déclenche que lorsque le rotor freine partiellement, les pales s'étant inclinées. Le dispositif de blocage du rotor ne peut être actionné que manuellement et en dernière sécurité, à des fins de maintenance.

En cas d'urgence (par exemple, en cas de coupure du réseau), chaque pale du rotor est mise en sécurité en position de drapeau par son propre système de réglage de pale d'urgence alimenté par batterie. L'état de charge et la disponibilité des batteries sont garantis par un chargeur automatique.

L'éolienne E82 dispose de :

- trois systèmes indépendants de réglages des pales avec alimentation de secours ;
- un frein d'arrêt du rotor ;
- un système de blocage du rotor

4.2.8 Le transformateur

Un transformateur est intégré à la base de la tour de chaque éolienne. Il permet l'élévation en tension de l'énergie électrique produite par l'aérogénérateur (de 690 à 20 000 V). Ce transformateur est composé d'une cellule de protection du transformateur et de cellules interrupteur-sectionneurs permettant de mettre hors tension les câbles HTA souterrains auxquels l'aérogénérateur est raccordé.

4.2.9 La lubrification

Les éoliennes Enercon sont conçues sans multiplicateur. Ce design permet une réduction significative des quantités de substances dangereuses pour l'environnement par rapport à des éoliennes traditionnelles.

- **Engrenage** : L'éolienne ne possède pas de système d'engrenage principal : le rotor est directement couplé à un générateur annulaire. La vitesse de rotation n'a pas besoin d'être échelonnée. Par conséquent, la quantité d'huile d'engrenage habituellement disponible sur les éoliennes classiques (> 200 litres) n'est pas nécessaire.
- **Transmissions d'orientation** : L'éolienne E82 possède 6 moteurs électriques pour contrôler l'orientation de la nacelle. Chacune de ces transmissions sont remplies de quelques litres d'huiles (< 10 litres). Les moteurs électriques reposent directement sur les transmissions. Les transmissions se trouvent dans le support principal qui peut recueillir toute la quantité d'huile, par ailleurs les réservoirs d'huile sont montés sous les entraînements d'orientation.
- **Système de réglage des pales** : 3 arbres de renvoi (pitch gear) permettent de régler les pales des éoliennes avec chacune un moteur pitch. Les arbres de renvoi (pitch gear) ne sont remplis que de quelques litres d'huile d'engrenage. La totalité de la nacelle et la tête de rotor sont placées dans un carénage de sorte que des éventuelles pertes d'huile par défaut d'étanchéité sont recueillies dans le carénage.
- **Graissage du palier à roulement** : Les profils de dents et le palier de l'éolienne sont lubrifiés à l'aide de graisses spéciales. Soit les parties graissées sont elles-mêmes enfermées, soit l'excédent de graisse est recueilli dans des poches collectrices de graisse sur le carénage.
- **Alimentation en lubrifiant des paliers** : Les paliers à roulement et à pivotement de l'éolienne sont alimentés en permanence en graisse au moyen d'unités de graissage permanent. Il s'agit de cartouches fermées de 125 ml chacune. Leur contenu est remplacé au cours de la maintenance.
- **Huile du transformateur** : Le transformateur est situé au pied du mât. Le puisard dans le sol en béton du poste est verrouillé et perméable à l'huile et peut recueillir l'ensemble de l'huile de transformation. 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.

L'éolienne E82 contient donc une **centaine de litres d'huile et une trentaine de litres de graisse**.

4.2.10 La couleur et le balisage des éoliennes

Le Ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement Durable et de la Mer a publié un arrêté, en date du 13 novembre 2009, relatif à la mise en œuvre du balisage et de la couleur des éoliennes.

4.2.10.1 La couleur des éoliennes

La couleur des éoliennes est définie en termes de quantités colorimétriques et de facteur de luminance :

- Les quantités colorimétriques sont limitées au domaine blanc ;
- Le facteur de luminance est supérieur à 0,4.

Cette couleur est appliquée uniformément sur l'ensemble des éléments constituant l'éolienne. La liste des RAL utilisables par les constructeurs d'éoliennes est 9001, 9002, 9003, 9006, 9007, 9010, 9016, 9018, 7035 et 7038.

4.2.10.2 Le balisage des éoliennes

L'installation sera conforme à l'article 11 de l'arrêté du 26 août 2011 et à l'arrêté ministériel qui indique :

Le jour : chaque éolienne est dotée d'un balisage lumineux, assuré par des feux d'obstacle moyenne intensité de type A (feux à éclats blancs de 20 000 candelas [cd]). Ces feux doivent être installés sur le sommet de la nacelle et doivent assurer la visibilité de l'éolienne dans tous les azimuts.

La nuit : chaque éolienne est dotée d'un balisage lumineux de nuit assuré par des feux d'obstacle moyenne intensité de type B (feux à éclats rouges de 2 000 candelas). Ces feux doivent être installés sur le sommet de la nacelle et doivent assurer une visibilité de l'éolienne dans tous les azimuts.

Passage du balisage lumineux de jour au balisage de nuit : le jour est caractérisé par une luminance de fond supérieure à 500 cd/m², le crépuscule est caractérisé par une luminance de fond comprise entre 50 cd/m² et 500 cd/m², et la nuit est caractérisée par une luminance de fond inférieure à 50 cd/m². Le balisage actif lors du crépuscule est le balisage de jour, le balisage de nuit est activé lorsque la luminance de fond est inférieure à 50cd/m².

Les feux seront synchronisés et agréés par le Service Technique de l'Aviation Civile.

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

Tableau 11 : Caractéristiques du système de balisage aéronautique

Fréquence	40 flashes par minute, le jour
	40 flashes par minute, la nuit
Intensité	20 000 cd le jour
	2 000 cd la nuit
Visibilité	360°
Certification	ICAO Annex 14 Volume 1, 4th Edition, July 2004, Chapter 6, Medium Intensity Type A and Type B obstacle light depending on model.

4.2.11 Les fondations

Le type et le dimensionnement exacts des fondations seront déterminés suite aux résultats de l'expertise géotechnique. Ces fondations devraient être similaires à celles présentées ci-après.

Elles seront de forme circulaire et en béton armé.

Il est à noter que ce type de fondations, avec une semelle enfouie entre 3 et 5 mètres sous terre, permet de limiter la gêne à l'activité agricole.

Le diamètre de chacune des fondations sera de l'ordre de 18 m. Les détails sont précisés sur l'illustration suivante.

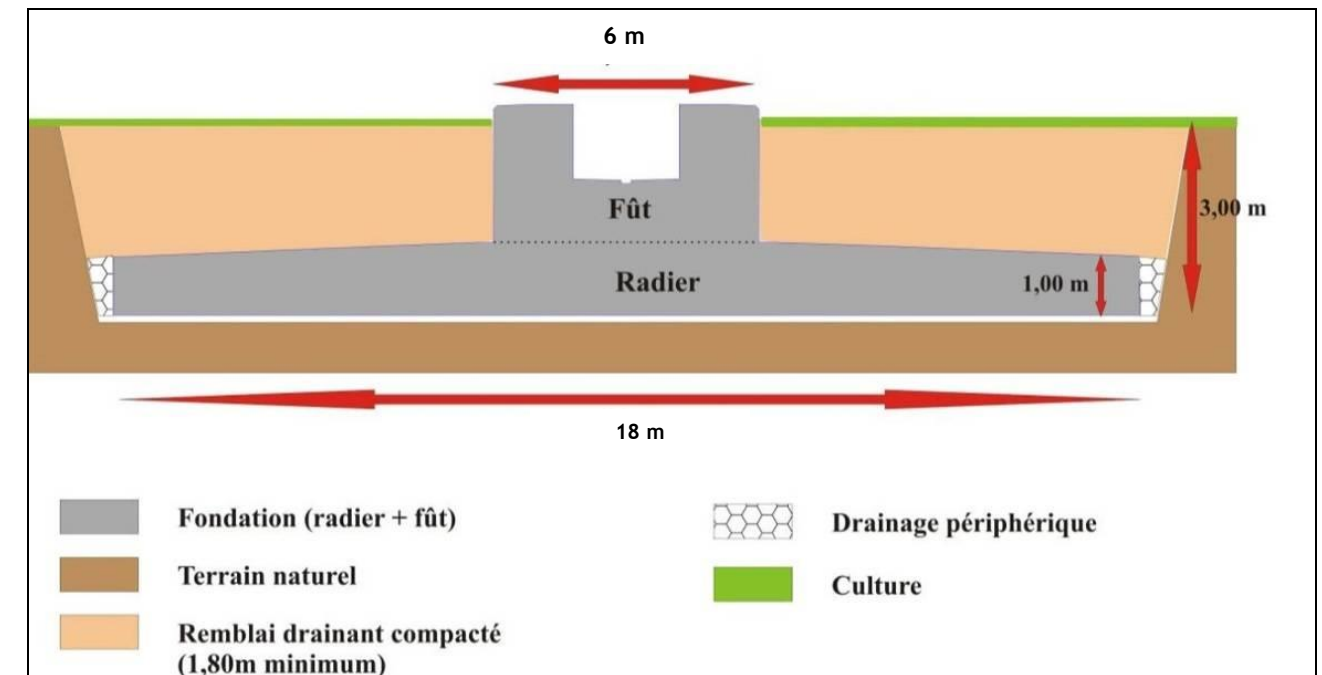


Figure 6 : Exemple d'une coupe de fondation

L'emprise au sol des fondations sera donc définie selon les résultats des études géotechniques. Mais on peut estimer d'ores et déjà leur emprise à partir des spécifications techniques du constructeur.

Dans tous les cas, les normes ci-dessous seront respectées :

- Fascicule 62 Titre I Section I dit règles "BAEL 91" précisant les règles techniques de conception et de calcul des ouvrages et constructions en béton armé, suivant la méthode des états limites ;
- Fascicule 62 Titre I Section II dit règles "BPEL 91" précisant les règles techniques de conception et de calcul des ouvrages et constructions en béton précontraint, suivant la méthode des états limites ;
- Fascicule 62 Titre V, précisant les règles techniques de conception et de calcul de fondations des ouvrages de génie civil ;
- NF EN 1991-1-4: Eurocode 1 - Partie 1-4 : Actions du vent naturel pour le calcul structurel des bâtiments et des ouvrages de génie civil ;
- NF EN 206-1: Béton - Partie 1 : spécification, performances, production et conformité.

Avant toute opération de montage des éoliennes, la bonne planéité du massif réalisé fait l'objet d'un contrôle très rigoureux.

4.3 Fonctionnement des éoliennes

Concrètement une éolienne fonctionne dès lors que la vitesse du vent est suffisante pour entraîner la rotation des pales. Plus la vitesse du vent est importante, plus l'éolienne délivrera de l'électricité (jusqu'à atteindre le seuil de production maximum).

Quand le vent se lève (dès 4 à 5 km/h), un automate, informé par une girouette, commande aux moteurs d'orientation de placer l'éolienne face au vent. Les trois pales sont alors mises en mouvement par la seule force du vent. Elles entraînent avec elles la génératrice électrique.

Lorsque le vent est suffisant (environ 14 km/h), l'éolienne peut être couplée au réseau électrique. Le rotor tourne alors à sa vitesse nominale. Cette vitesse de rotation est lente, comparativement aux petites éoliennes.

La génératrice délivre alors un courant électrique alternatif à la tension de 600 volts, dont l'intensité varie en fonction de la vitesse du vent. Ainsi, lorsque cette dernière croît, la portance s'exerçant sur le rotor s'accroît et la puissance délivrée par la génératrice augmente.

Dès que la phase de démarrage de l'éolienne est terminée, l'éolienne est en fonctionnement normal. Les conditions de vent sont relevées en permanence pendant ce temps. La vitesse de rotation, le débit de puissance et l'angle des pales sont constamment adaptés aux changements du régime des vents, la position de la nacelle est ajustée en fonction de la direction du vent et l'état de tous les capteurs est enregistré. La puissance électrique est contrôlée par l'excitation du générateur. Au-dessus de la vitesse nominale du vent, la vitesse de rotation est également maintenue à une valeur nominale par le réglage de l'angle des pales. Quand le vent atteint une cinquantaine de km/h, l'éolienne fournit sa puissance maximale (jusqu'à 2 300 kW présentement).

En cas de températures extérieures et de vitesses de vent élevées, le système de refroidissement se met en route.

L'éolienne peut être arrêtée **manuellement** à l'aide d'un interrupteur « Marche/Arrêt ». Le système de commande tourne alors les pales du rotor pour les décrocher du vent et l'éolienne ralentit puis s'arrête. Le frein d'arrêt n'est pas activé et la commande des yaw (moteur d'orientation) reste active. L'éolienne peut donc continuer à s'adapter avec précision au vent.

En mode **d'arrêt automatique**, les éoliennes sont freinées de façon aérodynamique par la seule inclinaison des pales. Les pales du rotor inclinées réduisent les forces aérodynamiques, freinant ainsi ce dernier. Les dispositifs d'inclinaison des pales (Pitch) peuvent décrocher les pales du vent en l'espace de quelques secondes seulement en les mettant en position drapeau.

L'éolienne s'arrête lorsque la vitesse de vent atteint 25 m/s. L'éolienne s'arrête également automatiquement en cas de défaillance, et lors de certains événements. Certaines défaillances entraînent une coupure rapide par les alimentations de secours des pales, d'autres pannes conduisent à un arrêt normal de l'éolienne. Selon le type de défaillance, l'éolienne peut redémarrer automatiquement. Lors d'un freinage d'urgence du rotor, en cas d'incendie par exemple, un frein rotor électromécanique est utilisé en plus. Un arrêt du rotor depuis sa puissance nominale s'effectue en 10 à 15 secondes.

Les éoliennes ENERCON disposent d'un système de contrôle spécial leur permettant de fonctionner par **temps de tempête**. Ceci signifie que, par vents très forts, l'éolienne travaille en mode bridé, ce qui évite les arrêts qui conduiraient à des pertes de production importantes.

Lorsque le mode tempête est activé la vitesse nominale est réduite linéairement pendant une vitesse de vent définie pour chaque type d'éolienne. La limitation de la vitesse nominale a comme conséquence la réduction de la puissance à partir d'une autre vitesse de vent spécifique au type d'éolienne. L'éolienne est uniquement arrêtée à partir d'une vitesse de vent supérieure à 34 m/s (valeur moyenne sur 10 minutes). A titre de comparaison, lorsque le mode tempête est désactivé l'éolienne est arrêtée à une vitesse de vent de 25 m/s (valeur moyenne de 3 minutes).

4.4 Durée de vie

La durée prévisionnelle de vie des présents aérogénérateurs est d'une vingtaine d'années.

Le démantèlement des installations est relativement rapide et aisé. Ce démontage est rendu obligatoire par la Loi du 3 janvier 2003, relative aux marchés du gaz et de l'électricité et au service public de l'énergie. Ceci a été confirmé par la Loi du 2 juillet 2003 « Urbanisme et Habitat ».

La Loi du 12 juillet 2010, portant Engagement National pour l'Environnement, fixe dans l'article L.553-3 que « l'exploitant d'une installation produisant de l'électricité à partir de l'énergie mécanique du vent ou, en cas de défaillance, la société mère est responsable de son démantèlement et de la remise en état du site, dès qu'il est mis fin à l'exploitation, quel que soit le motif de la cessation de l'activité. Dès le début de la production, puis au titre des exercices comptables suivants, l'exploitant ou la société propriétaire constitue les garanties financières nécessaires ».

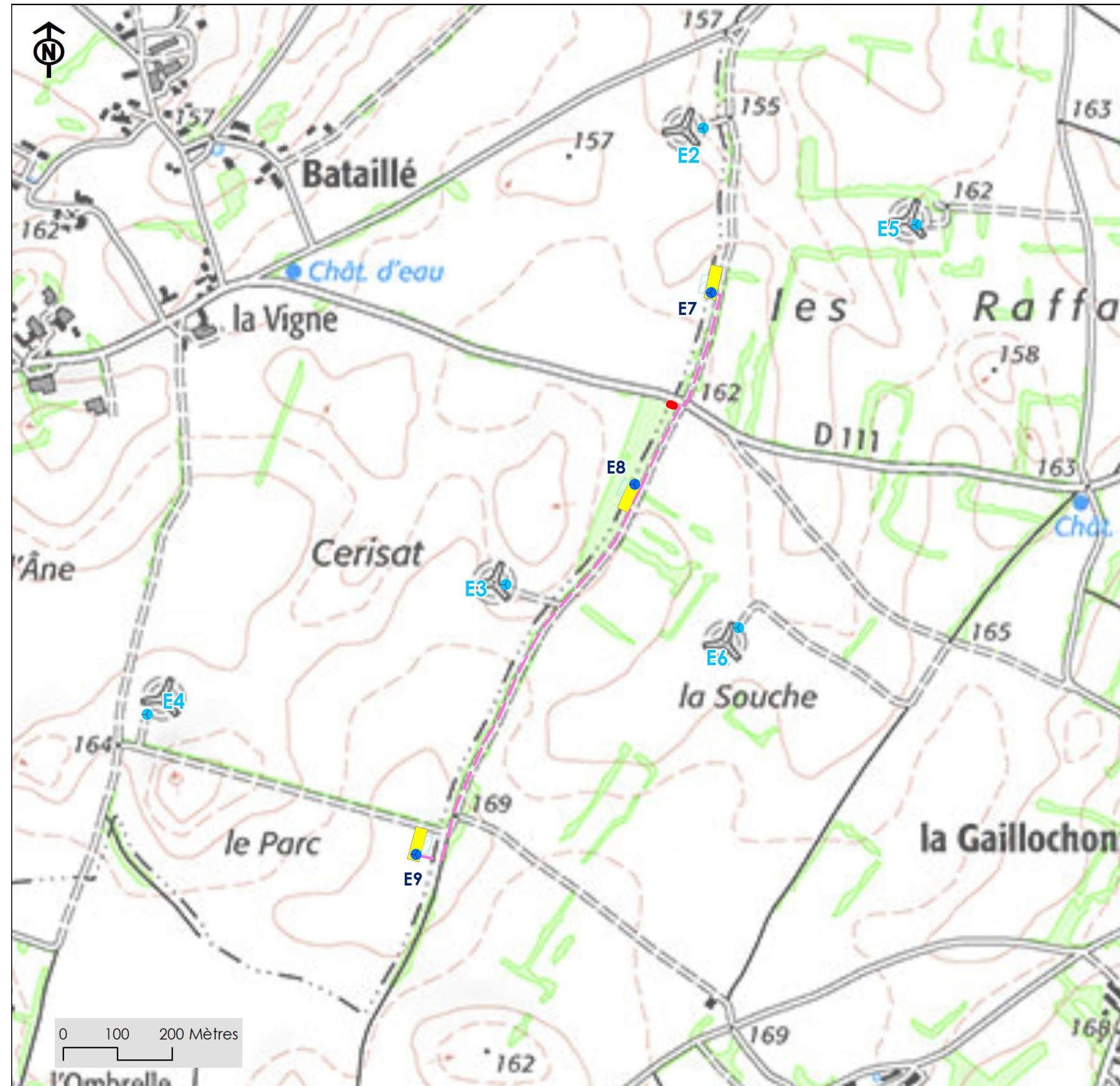
Le décret n° 2011-985 du 23 août 2011 pris pour l'application de l'article L.553-3 du Code de l'Environnement précise les conditions des garanties financières à apporter et les prescriptions générales pour les opérations de démantèlement et de remise en état d'un site.

Enfin, les dispositions de l'arrêté du 6 novembre 2014 précisent que le démantèlement devra également porter sur le poste de livraison et les câbles de raccordement dans un rayon de 10 mètres autour des éoliennes et du poste de livraison.

4.5 Organisation du de l'extension du parc éolien des Raffauds

Les cartes suivantes présentent :

- Une carte de localisation administrative ;
- Un plan de situation des éoliennes sur un fond de photographie aérienne ;
- Le plan masse du projet sous un fond cartographique cadastral.



Projet éolien Les Raffauds



Plan de masse

- Eolienne en projet
- Plateforme
- Zone de prémontage
- Poste de livraison
- Raccordement électrique interne et chemin d'accès
- Eoliennes existantes

Carte 9 : Localisation des éoliennes sur fond IGN

source : 3D Energie
Fond : Scan250©IGN France - Reproduction interdite
Réalisation : ABIES - Octobre 2015



Projet éolien Les Raffauds

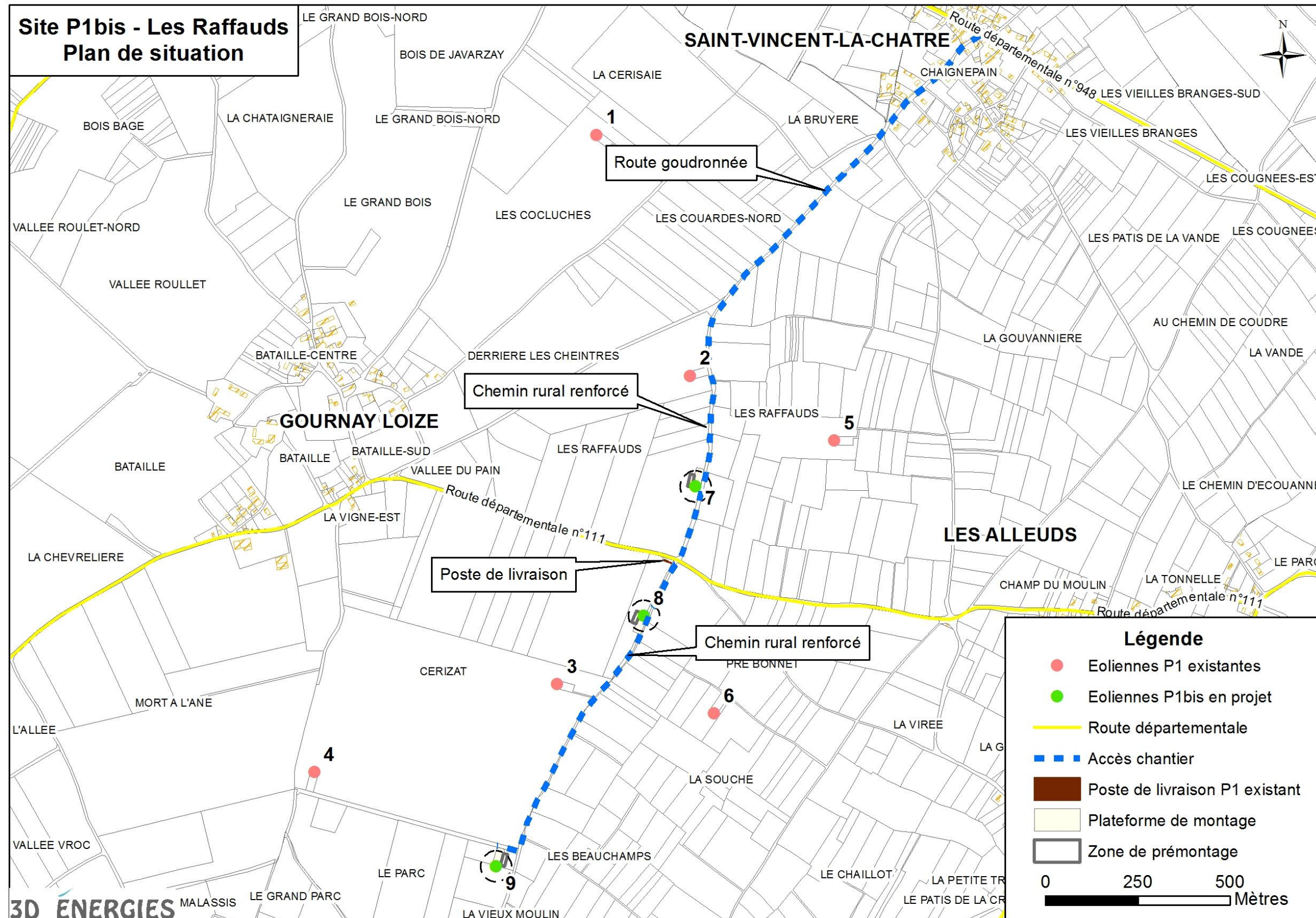
79
Deux-Sèvres

Plan de masse

- Eolienne en projet
- Plateforme
- Zone de prémontage
- Poste de livraison
- Raccordement électrique interne
- Route principale
- Route secondaire
- Voie communale (VC) ou chemin rural (CR)
- Chemin d'exploitation (CE)

source : 3D Energie
Fond : Orthophoto® ©IGN France - Reproduction interdite
Réalisation : ABIES - Octobre 2015

Carte 10 : Localisation des éoliennes sur un orthophotoplan



Carte 11 : Plan masse du projet éolien (fond cadastral)

4.6 Puissance électrique

S'agissant d'une production d'électricité destinée à être évacuée sur le réseau national, il a été nécessaire de connaître la capacité de transport de ce réseau. Plusieurs éléments interviennent alors dans la puissance autorisée :

- × dans le cadre de sa mission de service public, le fournisseur local d'électricité, a une obligation d'achat de l'électricité produite par des producteurs indépendants au moyen des énergies renouvelables ;
- × la puissance maximale de transit dans une liaison 20 000 volts est d'une douzaine de mégawatts environ.

Le présent projet totalisant 6,9 MW de puissance, une seule liaison souterraine jusqu'au poste source sera nécessaire.

4.7 Evacuation de l'électricité produite

A l'intérieur de chaque éolienne, un transformateur élèvera la tension produite par les génératrices à la tension requise pour le transport et la vente (20 000 volts).

La production sera livrée au réseau d'électricité par l'intermédiaire du poste de livraison. Le raccordement pourrait se faire sur le poste électrique de Melle, situé à une dizaine de kilomètres au nord-est du secteur des Raffauds.

Le choix du raccordement se fera en concertation avec les gestionnaires de réseaux, au moyen d'une liaison souterraine à 20 000 volts. Le tracé de cette liaison empruntera les routes et chemins existants. Le maître d'ouvrage de ce raccordement sera GEREDIS. Ainsi, d'une part le tracé exact ne sera défini qu'ultérieurement et d'autre part la construction de la ligne électrique souterraine à 20 000 volts se fera sous un régime administratif différent : « l'article 50 » (de la Loi du 29 juillet 1927). Le dossier est étudié en deux temps : un dossier « minute » est élaboré avec GEREDIS et un bureau d'études spécialisé. Il comprend notamment une notice d'impact.

Une fois l'accord de GEREDIS obtenu sur le dossier minute, les dossiers définitifs sont déposés à la DDT qui consulte les mairies et les services de l'Etat. Les services consultés ont un mois pour émettre des réserves. La DDT rend son avis dans les deux mois. Parallèlement, des conventions de servitude de passage sont signées avec tous les propriétaires concernés.

Ainsi, concrètement depuis la mise en place de la nouvelle procédure de demande de raccordement à GEREDIS, les conditions techniques et financières de ce raccordement ne sont pas connues avant le dépôt du permis de construire du parc éolien et la réception de la notification du délai d'instruction. En revanche, une première hypothèse peut être faite grâce aux données du Réseau de Transport Electrique disponible sur internet. En effet, les réseaux électriques existants et la capacité des postes de transformation permettent d'envisager les conditions de raccordement.

Les chiffres évoluent avec le temps, et le tracé précis du raccordement n'est connu qu'à la réception de la proposition technique et financière (PTF) de la part de GEREDIS, 3 mois après l'obtention du permis de construire du parc éolien, la nouvelle procédure ne permettant de rentrer en file d'attente qu'une fois le permis de construire obtenu.

4.8 Production estimée

La production des neuf éoliennes du parc des Raffauds (à savoir les six éoliennes existantes et les trois éoliennes du projet d'extension) atteindra environ 38 000 000 kWh par an (production nette, tenant compte des pertes par effet de sillage et de la densité de l'air), soit l'équivalent de la consommation électrique domestique, hors chauffage, d'environ 15 800 habitants². Les trois éoliennes du projet d'extension des Raffauds rajoutent ainsi une production de 11 000 MWh par rapport au 27 000 aujourd'hui produits par les six éoliennes en fonctionnement. Les neuf éoliennes du parc des Raffauds permettront de couvrir, par exemple, l'équivalent de quasiment 1,4 fois les besoins électriques domestiques de la population de la Communauté de Communes du Cœur du Poitou (11 700 habitants).

Il s'agit de quantité moyenne produite, étant entendu que les parcs éoliens produisent « au fil du vent » une électricité injectée sur le réseau électrique.

4.9 Les équipements annexes

Un deuxième poste de livraison sera ajouté dans le cadre de l'extension du parc éolien. Il sera situé dans le prolongement du poste existant et sera traité avec des matériaux similaires (bardage en clins de Chataigniers et toiture en zinc).

L'illustration suivante présente une simulation de l'insertion du poste de livraison nouvellement installé (à gauche) dans le prolongement du poste existant (à droite).



Figure 7 : Simulation du poste de livraison avec le poste existant et le poste rajouté

² Hypothèse : consommation moyenne de 2 400 kWh par an et par habitant (source : ADEME)

4.10 Fonctionnement des réseaux de l'installation

4.10.1 Le raccordement électrique

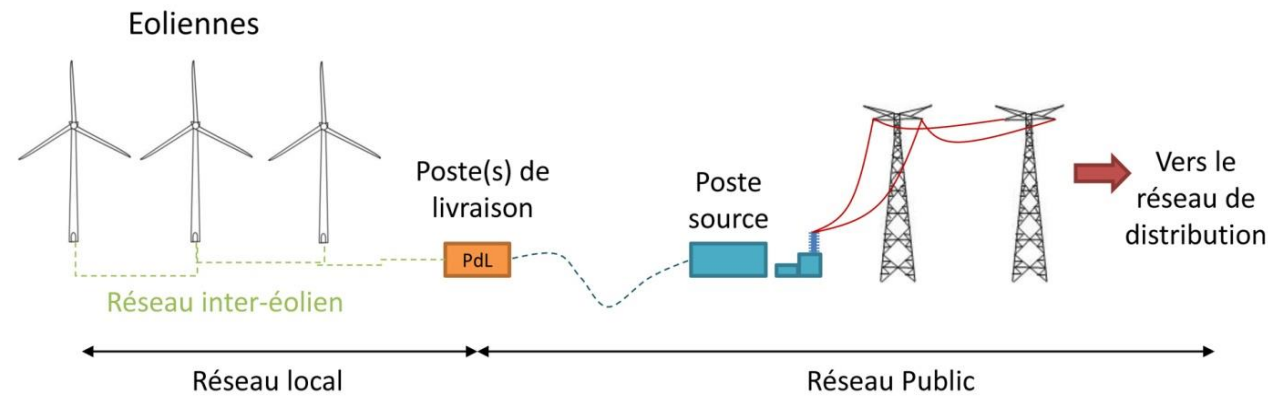


Figure 8 : schéma de raccordement électrique d'un parc éolien

4.10.2 Réseau inter-éolien enterré

Le réseau inter-éolien permet de relier le transformateur, intégré dans le mât de chaque éolienne, au point de raccordement avec le réseau public. Ce réseau comporte également une liaison de télécommunication qui relie chaque éolienne au terminal de télésurveillance. Ces câbles constituent le réseau interne de la centrale éolienne, ils sont tous enfouis à une profondeur minimale de 1 mètre avec une bande d'avertisseur à 80 cm du sol.

4.10.3 Poste de livraison

Le poste de livraison est le point 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 de transformation HTA/HTB dédié, qui assure la liaison avec le réseau de transport d'électricité (lignes haute tension).

Le poste de livraison actuel et son extension sont situés entre les actuelles éoliennes E2 et E3.

4.10.4 Réseau électrique externe

Le réseau électrique externe relie le poste de livraison au poste source (réseau public de transport d'électricité). Ce réseau est réalisé par le gestionnaire du réseau de distribution (GEREDIS présentement) ; il est entièrement enterré. Son tracé définitif n'est connu avec certitude qu'ultérieurement, lorsque toutes les autorisations administratives du projet éolien sont obtenues et que l'étude de raccordement est réalisée par GEREDIS.

4.10.5 Modalités de réalisation de raccordement (Art24)

Les modalités de raccordement au réseau électrique externe seront connues une fois les autorisations administratives obtenues. 3D ENERGIES fournira donc les documents ultérieurement.

4.10.6 Autres réseaux

Le parc éolien des Raffauds ne comporte aucun réseau d'alimentation en eau potable ni aucun réseau d'assainissement. Aucun réseau de gaz n'a été identifié sur le site, ni aucun parcours de faisceau hertzien.

4.11 Dispositions constructives

4.11.1 Les dispositions réglementaires

L'arrêté du 26 Août 2011 fixe les dispositions constructives à respecter par l'exploitant qui permettent de diminuer les risques de disfonctionnement des éoliennes (articles 7 à 11). Ces dispositions sont les suivantes :

- **Art. 7.** - Le site dispose en permanence d'une voie d'accès carrossable au moins pour permettre l'intervention des services d'incendie et de secours. Cet accès est entretenu. Les abords de l'installation placés sous le contrôle de l'exploitant sont maintenus en bon état de propreté.
- **Art. 8.** - L'aérogénérateur est conforme aux dispositions de la norme NF EN 61 400-1 dans sa version de juin 2006 ou CEI 61 400-1 dans sa version de 2005 ou toute norme équivalente en vigueur dans l'Union européenne, à l'exception des dispositions contraires aux prescriptions du présent arrêté. L'exploitant tient à disposition de l'inspection des installations classées les rapports des organismes compétents attestant de la conformité des aérogénérateurs à la norme précitée.

En outre l'exploitant tient à disposition de l'inspection des installations classées les justificatifs démontrant que chaque aérogénérateur de l'installation est conforme aux dispositions de l'article R. 111-38 du code de la construction et de l'habitation.

- **Art. 9.** - L'installation est mise à la terre. Les aérogénérateurs respectent les dispositions de la norme IEC 61 400-24 (version de juin 2010). L'exploitant tient à disposition de l'inspection des installations classées les rapports des organismes compétents attestant de la conformité des aérogénérateurs à la norme précitée.

Les opérations de maintenance incluent un contrôle visuel des pales et des éléments susceptibles d'être impactés par la foudre.

- **Art. 10.** - Les installations électriques à l'intérieur de l'aérogénérateur respectent 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.

- **Art. 11.** - Le balisage de l'installation est conforme aux dispositions prises en application des articles L. 6351-6 et L. 6352-1 du code des transports et des articles R. 243-1 et R. 244-1 du code de l'aviation civile.

Le parc éolien des Raffauds respectera ces dispositions.

4.11.2 Les règles de conception et système qualité

Les aérogénérateurs de type Enercon E82 font l'objet d'évaluations de conformité (tant lors de la conception que lors de la construction), de certifications de type (certifications CE) par un organisme agréé et de déclarations de conformité aux standards et directives applicables. Les équipements projetés répondront aux normes internationales de la Commission électrotechnique internationale (CEI) et Normes françaises (NF) homologuées relatives à la sécurité des éoliennes, et notamment :

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

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

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

D'autres normes de sécurité sont applicables :

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

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

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

4.11.3 Sécurité de l'installation

Conformément 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, l'extension du parc éolien des Raffauds respectera les dispositions qui suivent :

- **Concernant le risque incendie** (articles 16, 23 et 24 de l'Arrêté du 26 Août 2011) :

« L'intérieur de l'aérogénérateur est maintenu propre. L'entreposage à l'intérieur de l'aérogénérateur de matériaux combustibles ou inflammables est interdit. »

« Chaque aérogénérateur est doté d'un système de détection qui permet d'alerter, à tout moment, l'exploitant ou un opérateur qu'il aura désigné, en cas d'incendie ou d'entrée en survitesse de l'aérogénérateur.

L'exploitant, ou un opérateur qu'il aura désigné, est en mesure de transmettre l'alerte aux services d'urgence compétents dans un délai de quinze minutes suivant l'entrée en fonctionnement anormal de l'aérogénérateur.

L'exploitant dresse la liste de ces détecteurs avec leur fonctionnalité et détermine les opérations d'entretien destinées à maintenir leur efficacité dans le temps.

Chaque aérogénérateur est doté de moyens de lutte contre l'incendie appropriés aux risques et conformes aux normes en vigueur, notamment :

- d'un système d'alarme qui peut être couplé avec le dispositif mentionné à l'article 23 et qui informe l'exploitant à tout moment d'un fonctionnement anormal. Ce dernier est en mesure de mettre en œuvre les procédures d'arrêt d'urgence mentionnées à l'article 22 dans un délai de soixante minutes ;
- d'au moins deux extincteurs situés à l'intérieur de l'aérogénérateur, au sommet et au pied de celui-ci. Ils sont positionnés de façons bien visibles et facilement accessibles. Les agents d'extinction sont appropriés aux risques à combattre. Cette disposition ne s'applique pas aux aérogénérateurs ne disposant pas d'accès à l'intérieur du mât. »

- **Concernant le risque de projection de glace** (article 25 de l'Arrêté du 26 Août 2011) :

« Chaque aérogénérateur est équipé d'un système permettant de détecter ou de déduire la formation de glace sur les pales de l'aérogénérateur. En cas de formation importante de glace, l'aérogénérateur est mis à l'arrêt dans un délai maximal de soixante minutes. L'exploitant définit une procédure de redémarrage de l'aérogénérateur en cas d'arrêt automatique lié à la présence de glace sur les pales ... ».

- **Concernant le risque de foudre** (article 9 de l'Arrêté du 26 Août 2011) :

« Les aérogénérateurs doivent respecter les dispositions de la norme IEC 61 400-24 (version de juin 2010). L'exploitant doit tenir à disposition de l'inspection des installations classées, les rapports des organismes compétents attestant de la conformité des aérogénérateurs à la norme précitée. Les opérations de maintenance doivent inclure un contrôle visuel des pales et des éléments susceptibles d'être impactés par la foudre. »

Il est également à souligner que les éoliennes Enercon E82 :

- respectent la directive 2004/108/ECX du 15 décembre 2004, visant à répondre aux réglementations concernant les ondes électromagnétiques ;
- sont protégées contre la corrosion due à l'humidité de l'air. Le traitement anti-corrosion des éoliennes répond à la norme ISO 12 944.

La description des différents systèmes de sécurité de l'installation sera présentée au stade de l'analyse préliminaire des risques, dans la partie 8 de la présente étude de dangers.

4.11.4 Opérations de maintenance de l'installation

Une maintenance prédictive et préventive des éoliennes sera mise en place. Celle-ci porte essentiellement sur l'analyse des huiles, l'analyse vibratoire des machines tournantes et l'analyse électrique des éoliennes.

La maintenance préventive des éoliennes a pour but de réduire les coûts d'interventions et d'immobilisation des éoliennes. En effet, grâce à la maintenance préventive, les arrêts de maintenance sont programmés et optimisés afin d'intervenir sur les pièces d'usure avant que n'intervienne une panne. Les arrêts de production d'énergie éolienne sont anticipés pour réduire leur durée et leurs coûts.

L'Arrêté du 26 Août 2011 indique que « le fonctionnement de l'installation est assuré par un personnel compétent disposant d'une formation portant sur les risques présentés par l'installation, ainsi que sur les moyens mis en œuvre pour les éviter. Il connaît les procédures à suivre en cas d'urgence et procède à des exercices d'entraînement, le cas échéant, en lien avec les services de secours (Art. 17).

Trois mois, puis un an après la mise en service industrielle, puis suivant une périodicité qui ne peut excéder trois ans, l'exploitant procède à un contrôle de l'aérogénérateur consistant en un contrôle des brides de fixations, des brides de mât, de la fixation des pales et un contrôle visuel du mât.

Selon une périodicité qui ne peut excéder un an, l'exploitant procède à un contrôle des systèmes instrumentés de sécurité. Ces contrôles font l'objet d'un rapport tenu à la disposition de l'inspection des installations classées (Art. 18).

L'exploitant dispose d'un manuel d'entretien de l'installation dans lequel sont précisées la nature et les fréquences des opérations d'entretien afin d'assurer le bon fonctionnement de l'installation. L'exploitant tient à jour pour chaque installation un registre dans lequel sont consignées les opérations de maintenance ou d'entretien et leur nature, les défaillances constatées et les opérations correctives engagées » (Art. 19).

Les maintenances préventives sont différentes pour chaque type d'éolienne et constructeur. Mais généralement les opérations de maintenance préventives se déroulent après le premier trimestre suivant la mise en service du parc éolien. D'autres opérations ont lieu six mois après, puis un an après. A noter que le constructeur remet un manuel d'utilisation à la livraison des éoliennes et que celui-ci contient une partie « entretien ».

L'entretien annuel est en règle générale beaucoup plus poussé que l'entretien semestriel.

Ces entretiens périodiques consistent, en résumé, en des opérations de :

- Lubrifications (pales, génératrice, réducteurs d'orientation, etc.) ;
- Vérification visuelle des pales ;
- Vérification des boulons (des pales et de la tour), visuelle ou par échantillonnage ;
- Test du groupe hydraulique ;
- Inspection de la génératrice, du transformateur, des systèmes de freins, ... ;
- Tests de fonctionnement via l'automate (survitesse, etc.).

Remarque : l'ensemble des opérations est consigné dans une check list, un document d'une trentaine de pages. La liste énumérative précédente n'est donc qu'un résumé.

A ces entretiens s'ajoutent des entretiens de pales et les contrôles réglementaires (lignes de vie, rail, treuil de levage, monte-personne, etc.).

L'inspection et l'entretien du matériel sont effectués par des opérateurs Enercon, formés pour ces interventions.

4.11.4.1 La gestion à distance du fonctionnement des éoliennes

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

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

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

De plus, les éoliennes N131/3000 sont équipées d'un système de contrôle à distance des données. La supervision peut s'effectuer à distance depuis un PC équipé d'un navigateur Internet et d'une connexion ADSL ou RNIS. Le logiciel de supervision (SCADA - Supervising Control And Data Acquisition) utilisé est le Nordex Control 2.

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

4.11.4.2 Méthodes et moyens d'intervention

En cas de sinistre, les pompiers seront prévenus par le personnel du site ou les riverains directement par le 112. L'appel arrivera au Centre de Traitement des Appels (CTA), qui est capable de mettre en œuvre les moyens nécessaires en relation avec l'importance du sinistre. Cet appel sera ensuite répercuté sur le Centre de Secours disponible et le plus adapté au type du sinistre.

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

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

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

4.11.4.3 Les opérations de maintenance de l'installation

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

- ✓ **type 1** : vérification après 300 à 500 heures de fonctionnement (contrôle visuel du mât, des fixations fondation/tour, tour/nacelle, rotor...et test du système de déclenchement de la mise en sécurité de l'éolienne),
- ✓ **type 2** : vérification semestrielle des équipements mécaniques et hydrauliques,
- ✓ **type 3** : vérification annuelle des matériaux (soudures, corrosions), de l'électrotechnique et des éléments de raccordement électrique,
- ✓ **type 4** : vérification quinquennale de forte ampleur pouvant inclure le remplacement de pièces.

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

Pour la maintenance, une équipe de techniciens spécialisés est implantée à Celles-sur-Belle. En cas de défaut sur la production ou d'avaries techniques, une équipe de maintenance interviendra sur le site.

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

4.11.4.4 Stockage des 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 des Raffauds.

L'ensemble des déchets générés par la maintenance des éoliennes fait l'objet d'une collecte, d'un tri et d'un retraitement dans un centre agréé. Une procédure en vigueur chez l'exploitant établit les conditions de gestion des déchets et permet la traçabilité de ce process. En général, le contrat d'entretien du parc régit les conditions de sous-traitance de cette activité à l'entreprise réalisant la maintenance des éoliennes.

5 Identification des potentiels de dangers de l'installation



5.1	Potentiel de dangers liés aux produits	39
5.2	Potentils de dangers liés aux équipements et aux opérations....	40
5.3	Réduction des potentiels de danger à la source.....	40

Le potentiel de dangers est défini comme étant « un 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 »³.

Le potentiel de dangers est une « source de danger », un « élément dangereux », un « élément porteur de danger ». La libération de tout ou partie de ce potentiel constitue un « phénomène dangereux » ; le même glossaire indique en effet que « la libération d'énergie ou de substance produisant des effets [...] susceptibles d'infliger un dommage à des cibles vivantes ou matérielles sans préjuger l'existence de ces dernières » est un phénomène dangereux. Le phénomène dangereux est « une source potentielle de dommage, [...] une libération de tout ou partie d'un potentiel de danger ».

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 préliminaire des risques.

5.1 Potentiel de dangers liés 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 sous-produits : ni d'émission atmosphérique, ni d'effluent potentiellement dangereux pour l'environnement. En revanche, elle génère de petits déchets d'exploitation (pièces usagées, huiles de vidange, lubrification, etc.).

Le bon fonctionnement des éoliennes impose cependant la présence d'huiles de lubrifications dans les machines et l'utilisation d'autres produits chimiques lors de la maintenance.

Les produits chimiques et les lubrifiants utilisés dans les éoliennes sont certifiés selon les normes ISO 14001:2004 ; on notera parmi les principaux éléments chimiques :

- * les huiles pour le système hydraulique ;
- * les graisses pour la lubrification des roulements et autres parties mobiles.

D'autres produits chimiques présentant une certaine toxicité sont utilisés lors des diverses opérations de maintenance, comme :

- * de la peinture et des solvants pour l'entretien des pales ou de la tour ;
- * de la résine d'époxy, du mastic et de la colle pour la réparation éventuelle des pales ;
- * de la graisse, de la cire et des solvants pour la lubrification occasionnelle ou la protection anticorrosion.

Précisons toutefois que ces produits font partie intégrante de l'éolienne, ils sont utilisés lors de la fabrication des aérogénérateurs et on va donc les retrouver lors des opérations de maintenance.

Chaque produit utilisé dispose d'une fiche de données de sécurité (FDS), il s'agit d'un formulaire contenant des données relatives aux propriétés d'une substance chimique. La conception des FDS est régie par le règlement européen REACH⁴ (n° 1907/2006). Nous nous intéresserons ici au point d'éclair⁵ et à l'inflammabilité des différents produits.

³ Circulaire du 10/05/10 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

⁴ Registration, evaluation and authorisation of chemicals, soit l'enregistrement, l'évaluation et l'autorisation des produits chimiques.

⁵ Température la plus basse à laquelle un corps combustible émet suffisamment de vapeurs pour former un mélange gazeux capable de s'enflammer sous l'effet d'une flamme, mais pas suffisamment pour que la combustion s'entretienne d'elle-même.

Tableau 12 : Caractéristiques des huiles et autres produits présents dans l'éolienne (source : Enercon)

	Nom	Point d'éclair	Classification/propriétés	Quantité
Graissage des roues dentées	MOBILGEAR OGL 461	> 204 °C	irritant	NC
Lubrification transmission d'orientation	MOBILGEAR SHC 460	240 °C	-	24 l
Lubrification arbre de renvoi				6 l
Graissage du palier d'orientation à roulements (distributeur automatique de graisse)	MOBILITH SHC 460	> 204 °C		2,7 l
Graissage du palier à roulement	MOBILTAC 81	> 204 °C		
Frein hydraulique	RENOLIN PG 220	240 °C	Nocif pour les organismes aquatiques	5 l
	RENOLIN PG 46			
Huile d'engrenage	RENOLIN UNISYN CLP 220	260 °C	Potentiellement nocif à long terme pour l'environnement aquatique	
Transmission d'orientations				7 l
Arbre de renvoi				4 à 6 l
Graissage des roues dentées	Klüberplex BEM 41-141 (graisse)	> 250 °C	Possibles dermatites ou irritations en cas de contact prolongé avec la peau	
Graissage du palier d'orientation				
Graissage du palier à roulements (distributeur automatique de graisse)				
Transformateur	Huile siliconée (NOMEX)	145 °C		600 l

Dans les éoliennes de type E82, les huiles en plus grandes quantités sont situées dans le transformateur. Ces huiles sont celles qui présentent le point d'éclair le plus faible (145 °C).

Une vingtaine de kilos de graisse est également nécessaire aux différents engrenages (roulements de la génératrice, roues dentées, palier d'orientation, roulement d'azimut, roulements de pitch). Ces graisses servent de graisses synthétiques multiservice avec lubrifiants et additifs. Elles ne sont pas considérées comme substance dangereuse au titre de la Directive Européenne 1999/45/CE modifiée et adaptée, relative à la classification des substances dangereuses. La localisation des huiles / graisses lubrifiantes dans la machine (dans la tour sous la nacelle) ainsi que le volume maximum total (20 kg environ) est telle qu'un écoulement extérieur venant souiller le sol environnant est impossible. Enfin, les propriétés physico-chimiques de ces graisses font qu'à température ambiante la viscosité est élevée (densité inférieure à 1 => comprises entre 0.8 et 0.9 : Viscosité à 40°C = 460 mm²/s ; viscosité à 100°C = 42 mm²/s) ce qui rend cette graisse très épaisse, limitant ainsi les risques d'écoulement à l'intérieur de la machine.

Du fait de leur faible inflammabilité et des faibles quantités présentes (au regard d'autres installations classées), les huiles et les graisses contenues dans les éoliennes de l'extension du parc des Raffauds ne sont pas retenues comme sources potentielles de dangers.

5.2 Potentiels de dangers liés aux équipements et aux opérations

Le fonctionnement du parc éolien des Raffauds peut être synthétisé à travers les opérations suivantes :

- production d'électricité ;
- transformation d'électricité ;
- transport d'électricité.

Les potentiels de dangers identifiés dans cette partie vont correspondre à des sources de dangers liées au dysfonctionnement des équipements, ou des éléments, de l'éolienne lors des opérations mises en œuvre.

Concrètement, des **risques de perte de tout ou partie d'une pale** peuvent exister. Ceux-ci sont occasionnés soit par une faiblesse de la structure de la pale ou de sa fixation au moyeu, soit par une mise en survitesse de la machine. La survitesse, causée par une défaillance du système de sécurité par vent violent, peut amener rapidement des contraintes inacceptables au sein des pales et de leur fixation au moyeu. Les accidents de pales peuvent être limités à l'éjection d'un morceau de pale. Mais, du fait des contraintes et vibrations violentes qui en résultent, l'ensemble des pales et la nacelle peut se trouver déséquilibré et entraîner **l'effondrement de l'éolienne**. Un mauvais dimensionnement (ou une mauvaise mise en œuvre) des fondations peut également être à l'origine de l'effondrement de la machine comme le prouve l'accidentologie.

Les dangers liés au fonctionnement du parc éolien des Raffauds sont de cinq types :

- Chute d'éléments de l'aérogénérateur (boulons, morceaux d'équipements, etc.) ;
- Projection d'éléments (morceau de pale, brides de fixation, etc.) ;
- Effondrement de tout ou partie de l'aérogénérateur ;
- Echauffement de pièces mécaniques ;
- courts-circuits électriques (aérogénérateur ou poste de livraison).

Les potentiels de dangers, liés aux équipements et aux opérations du parc éolien des Raffauds, sont listés dans le tableau suivant :

Tableau 13 : Potentiels de dangers retenus pour le projet éolien des Raffauds

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

5.3 Réduction des potentiels de danger à la source

5.3.1.1 Principales actions préventives

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

Le choix de l'implantation des trois nouvelles éoliennes du site des Raffauds réside en la prise en compte des contraintes techniques (radioélectriques, gaz, ...), des contraintes réglementaires (respect d'un éloignement minimum de 500 mètres des zones urbaines exigées par l'arrêté ICPE en date du 26 août 2011 (article 3)).

A l'ensemble de ces enjeux ce sont ajoutés les enjeux environnementaux (naturalistes et paysagers) pour lesquels les experts ont émis un certain nombre de recommandations.

3D ENERGIES a opté pour des éoliennes certifiées, identiques aux six éoliennes exploitées depuis 2011 sur le parc des Raffauds. Le retour d'expériences a prouvé que ces aérogénérateurs sont adaptés à ce type de site. Leur fiabilité a été également prouvée à travers le monde depuis plusieurs années.

5.3.1.2 Utilisation des meilleures techniques disponibles

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

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

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

6 Analyse des retours d'expérience



6.1	Accidentologie externe	43
6.2	Analyse détaillée des incidents et accidents survenus en France	50
6.3	Autres accidents et incidents dans le monde	50
6.4	Synthèse des phénomènes dangereux survenus issus du retour d'expériences	51
6.4.1	Analyse de l'évolution des accidents en France	51
6.4.2	Analyse des typologies d'accidents les plus fréquents	51
6.5	Limites de l'étude d'accidentologie	52

Dans ce chapitre nous nous attacherons à analyser l'accidentologie externe, recensant les accidents et incidents répertoriés dans le cadre d'activités ou d'équipements similaires.

6.1 Accidentologie externe

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

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

Le tableau ci-dessous a été établi par le groupe de travail constitué pour la réalisation de la trame type de l'étude de dangers des installations éoliennes. Il recense l'ensemble des accidents et incidents connus en France concernant la filière éolienne entre 2000 et 2015. L'analyse des données est présentée par la suite.

Ce tableau est donc issu de l'étude de dangers type proposée par l'INERIS, dans le cadre des études liées au projet de parcs éoliens. Toutefois il a été complété et mis à jour en fonction des éléments lus dans la presse et publiés par le Bureau d'Analyse des Risques et Pollutions Industrielles (BARPI). Au sein de la Direction Générale de la Prévention des Risques du Ministère du développement durable, le BARPI est chargé de rassembler et de diffuser les informations et le retour d'expérience en matière d'accidents technologiques. Une équipe d'ingénieurs et de techniciens assure à cette fin le recueil, l'analyse, la mise en forme des données et enseignements tirés, ainsi que leur enregistrement dans la base A.R.I.A. (Analyse, Recherche et Information sur les Accidents). La base de données ARIA recense les incidents ou accidents qui ont, ou auraient, pu porter atteinte à la santé ou la sécurité publiques, l'agriculture, la nature et l'environnement.

Tableau 14 : Accidentologie recensée entre les années 2000 et 2015

Type d'accident	Date	Nom du parc ou commune	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
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
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
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)
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 100m.	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 kms.	Tempête	Base de données ARIA Rapport du CGM Site Vent de Colère Articles de presse (Windpower Monthly May 2004, La Voix du Nord du 02/01/2004)
Effondrement	20/03/2004	Loon Plage - Port de Dunkerque	Nord	0,3	1996	Non	Couchage du mât d'une des 9 éoliennes suite à l'arrachement de la fondation	Rupture de 3 des 4 micropieux de la fondation, erreur de calcul (facteur de 10)	Base de données ARIA Rapport du CGM Site Vent de Colère Articles de presse (La Voix du Nord du 20/03/2004 et du 21/03/2004)
Rupture de pale	22/06/2004 et 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)
Rupture de pale	2004	Escales-Conilhac	Aude	0,75	2003	Non	Bris de trois pales		Site Vent de Colère
Rupture de pale	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	?	Non	Bris de pale		Site Vent de Colère
Rupture de pale	08/10/2006	Pleyber-Christ - Site du Télégraphe	Finistère	0,3	2004	Non	Chute d'une pale de 20m 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)

Type d'accident	Date	Nom du parc ou commune	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
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
Rupture de pale	03/2007	Clitourps	Manche	0,66	2005	Oui	Rupture d'un morceau de pale de 4m et éjection à plus de 200m de distance dans un champ	Cause pas éclaircie	Site FED
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
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)
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
Rupture de pale	08/06/2009	Bollène	Vaucluse	2,3	2009	Oui	Bout de pale d'une éolienne ouvert	Coup de foudre sur la pale	Interne exploitant
Incendie	21/10/2009	Froidfond - Espinassière	Vendée	2	2006	Oui	Incendie de la nacelle	Court-circuit dans transformateur sec embarqué en nacelle ?	Article de presse (Ouest-France) Communiqué de presse exploitant Site FED
Incendie	30/10/2009	Freysenet	Ardèche	2	2005	Oui	Incendie de la nacelle	Court-circuit faisant suite à une opération de maintenance	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)
Effondrement	30/05/2010	Port la Nouvelle	Aude	0,2	1991	Non	Effondrement d'une éolienne	Le rotor avait été endommagé par l'effet d'une survitesse. La dernière pale (entière) a pris le vent créant un balourd. Le sommet de la tour a plié et est venu buter contre la base entraînant la chute de l'ensemble.	Interne exploitant
Incendie	19/09/2010	Montjoyer-Rochefort	Drôme	0,75	2004	Non	Emballement de deux éoliennes et incendie des nacelles.	Maintenance en cours, problème de régulation, freinage impossible, évacuation du personnel, survitesse de +/- 60 tr/min	Articles de presse Communiqué de presse SER-FEE

Type d'accident	Date	Nom du parc ou commune	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
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
Manutention	15/02/2011	Grand Couronne	Seine Maritime	-	-	Oui	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.		Base de données du BARPI
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)
Rupture de pale	18/05/2012	Chemin d'Ablis	Eure-et-Loire	2 MW	2008	Oui	Détachement d'une pale de 46 mètres		Article de presse (AFP 22/05/2012)
Projection de pale et fragments de pale	04/01/2012	Widehem	Pas-de-Calais	450 kW	2001	non	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.	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.	Base de données du BARPI
Maintenance	06/02/2012	Lehaucourt	Somme	2,5 MW	2007	Oui	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)		Base de données du BARPI
Projection de fragments de pale	11/04/2012	Sigean	Aude	0,2 MW	1991	Non	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.		Base de données du BARPI
Effondrement	30/05/2012	Port la Nouvelle	Aude	0,2 MW	1991	Non	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.		Base de données du BARPI
Chute d'éléments	01/11/2012	Vieillespesse	Cantal	2,5 MW	2011	Oui	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		Base de données du BARPI

Type d'accident	Date	Nom du parc ou commune	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
Incendie puis chute de pale	05/11/2012	Sigean	Aude	660 kW	2000	Non	Un feu se déclare vers 17 h sur une éolienne de 660 kW au sein du parc éolien. Des projections incandescentes enflamment 80 m ² 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.	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.	Base de données du BARPI
Chute de pale	06/03/2013	Conilhac-De-La-Montagne	Aude	660 kW	2001	Non	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.	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.	Base de données du BARPI
Incendie	17/03/2013	Euvy	Marne	2,5 MW	2011	Oui	Des usagers de la N4 signalent 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. Une des pales tombe au sol, une autre menace de tomber.	Défaillance électrique	Base de données du BARPI
Impact de foudre	20/06/2013	Labastide-Sur-Besorgues	Ardèche	2 MW	2006	Oui	Un impact de foudre endommage une éolienne : une pale est déchirée sur 6 m de longueur, le boîtier basse tension et le parafoudre en tête d'installation au poste de livraison sont détruits. Des installations du réseau électrique et téléphonique sont également endommagées.	Le fabricant de l'éolienne indique que ce type d'incident est exceptionnel (incursion d'un arc électrique dans la pale conduisant à une montée en pression de l'air intérieur), aucune dérive fonctionnelle du système parafoudre n'ont été trouvées.	Base de données du BARPI
Maintenance	01/07/2013	Cambon-Et-Salvergues	Hérault	1,3 MW	2006	Oui	Un opérateur remplissant un réservoir d'azote sous pression dans une éolienne est blessé par la projection d'un équipement. Alors qu'il vient de faire l'appoint en gaz d'un cylindre sous pression faisant partie du dispositif d'arrêt d'urgence des pales d'une éolienne, un technicien de maintenance démonte l'embout d'alimentation vissable. Une partie de la visserie de la vanne de fermeture reste solidaire de l'embout et se dévisse avec lui. L'ensemble démonté est projeté au visage de l'opérateur et lui brise le nez et plusieurs dents.	Afin d'éviter de tels accidents, la visserie de la vanne présentait une petite perforation destinée à alerter l'opérateur : un sifflement et une formation de glace liée à la détente du gaz se produisent 4 tours et demi avant le dévissage total. La survenue de l'accident malgré ce dispositif amène l'exploitant à repenser la procédure d'alimentation de l'accumulateur de gaz dans la configuration exigüe de la nacelle d'éolienne	Base de données du BARPI
Maintenance	03/08/2013	Moreac	Morbihan	2 MW	2010	Oui	Une nacelle élévatrice utilisée pour une intervention de maintenance sur une éolienne perd 270 l d'huile hydraulique. Le produit pollue le sol sur 80 m ² . 25 t de terres polluées sont excavées et envoyées en filière spécialisée.		Base de données du BARPI

Type d'accident	Date	Nom du parc ou commune	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
Incendie	09/01/2014	Antheny	Ardennes	2,5 MW	2013	Oui	Un feu se déclare vers 18 h au niveau de la partie moteur d'une éolienne de 2,5 MW. Le parc éolien est isolé électriquement. Un périmètre de sécurité de 300 m est instauré. Le feu s'éteint de lui-même vers 20 h. La nacelle est détruite, le rotor est intact.	La presse évoque un incident électrique pour expliquer le départ de feu. L'éolienne sinistrée est démantelée le 17/06 par basculement à l'explosif. Cette opération nécessite la mise en place d'un périmètre de sécurité d'un kilomètre.	Base de données du BARPI
Chute de pale	20/01/2014	Sigean	Aude	660 kW	2000	Non	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.		Base de données du BARPI
Chute de pale	14/11/2014	St-Cirgues-en-Montagne	07	6,8 MW	-	-	La pale d'une éolienne chute vers 15h10 lors d'un orage. Des rafales de vent atteignent les 130 km/h. L'élément principal chute au pied de l'éolienne, mais certains débris sont projetés à 150 m. Les secours établissent un périmètre de sécurité et ferment la voie d'accès. L'exploitant sécurise la pale endommagée et bloque la rotation de la nacelle. L'installation est expertisée et les 8 autres éoliennes du parc sont inspectées.		Base de données du BARPI
Chute de pale	5/12/14	Fitou	11	-	-	-	A leur arrivée dans un parc éolien, des techniciens de maintenance constatent que l'extrémité d'une pale d'une éolienne est au sol. Il s'agit d'une des 2 parties de l'aérofrein de la pale. Cette partie, en fibre de verre, mesure 3 m de long. Elle est retrouvée à 80 m du mât. La seconde partie de l'aérofrein constitue sa partie mécanique interne. Ces éléments là sont encore en place sur la pale. L'éolienne est arrêtée et mise en sécurité, la pale endommagée vers le bas. L'exploitant effectue une inspection visuelle des pales des 8 autres éoliennes du parc. En première approche, l'exploitant attribue l'incident à une défaillance matérielle ou à un décollement sur les plaques en fibre de verre. Les morceaux récupérés au sol sont envoyés au centre de maintenance de l'exploitant pour expertise		Base de données du BARPI

Type d'accident	Date	Nom du parc ou commune	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
Feu d'éolienne	29/01/15	Rémigny	02	-	-	Oui	<p>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.</p> <p>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 nominal</p>	Arc électrique	Base de données du BARPI
Feu d'éolienne	6/02/15	Lusseray	79	2	2011	Oui	<p>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.</p>	-	Base de données du BARPI
Feu d'éoliennes	24/08/15	Santilly	28	-	-	-	Incendie déclarée sur la nacelle abritant le moteur.	-	Larep.fr

6.2 Analyse détaillée des incidents et accidents survenus en France

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

Plusieurs sources ont été utilisées pour effectuer ce recensement. Il s'agit à la fois de sources officielles, d'articles de la 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 l'état actuel, la base de données du groupe de travail 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 par le groupe de travail. Ce tableau de travail a été validé par les membres du groupe de travail formé par des exploitants et des constructeurs.

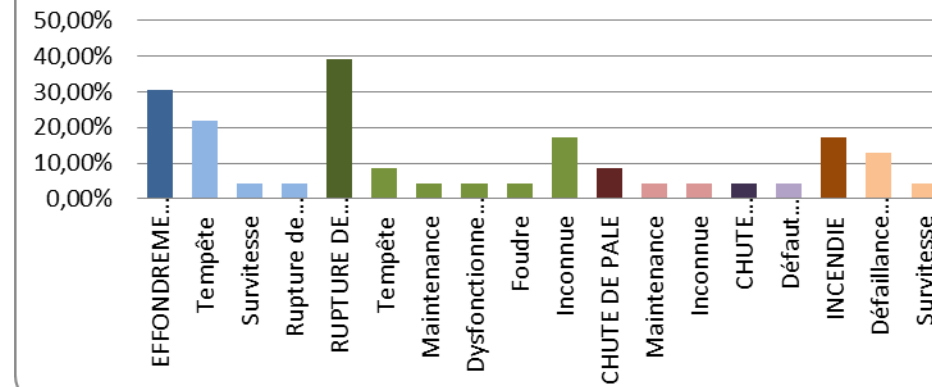
Il apparaît dans ce recensement que les aérogénérateurs accidentés sont principalement des modèles anciens ne bénéficiant généralement pas des dernières avancées technologiques.

Rappelons que près de 4 000 éoliennes sont aujourd'hui en fonctionnement en France.

Le graphique suivant montre la répartition des événements accidentels et de leurs causes premières sur le parc d'aérogénérateurs français entre 2000 et 2010. 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.

Répartition des événements accidentels et de leurs causes premières sur le parc d'aérogénérateur français entre 2000 et 2010



- 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.

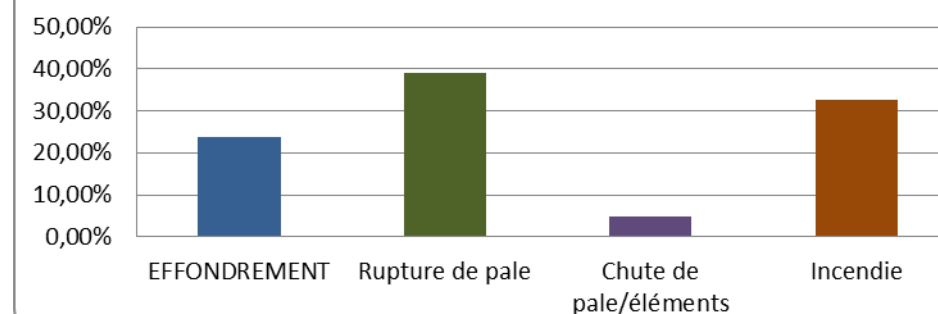
6.3 Autres accidents et incidents dans le monde

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

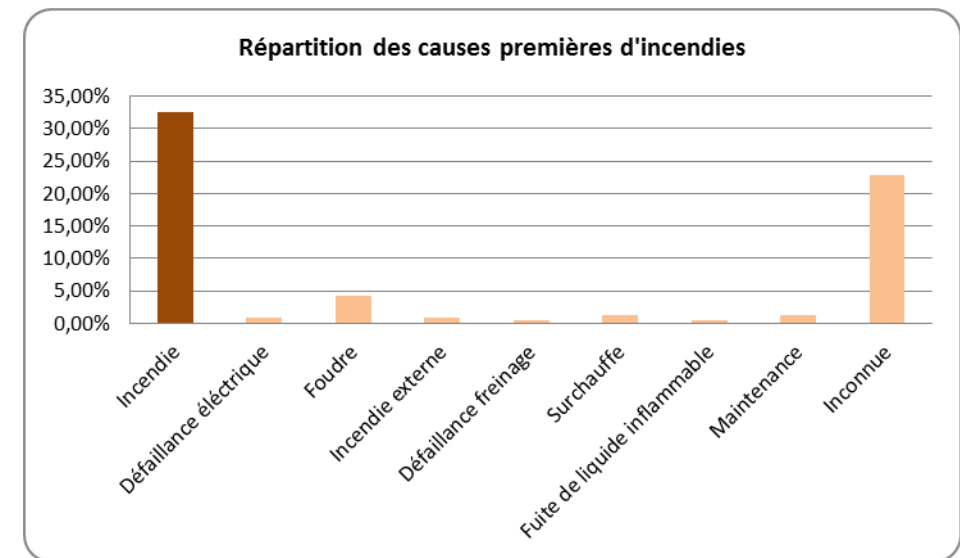
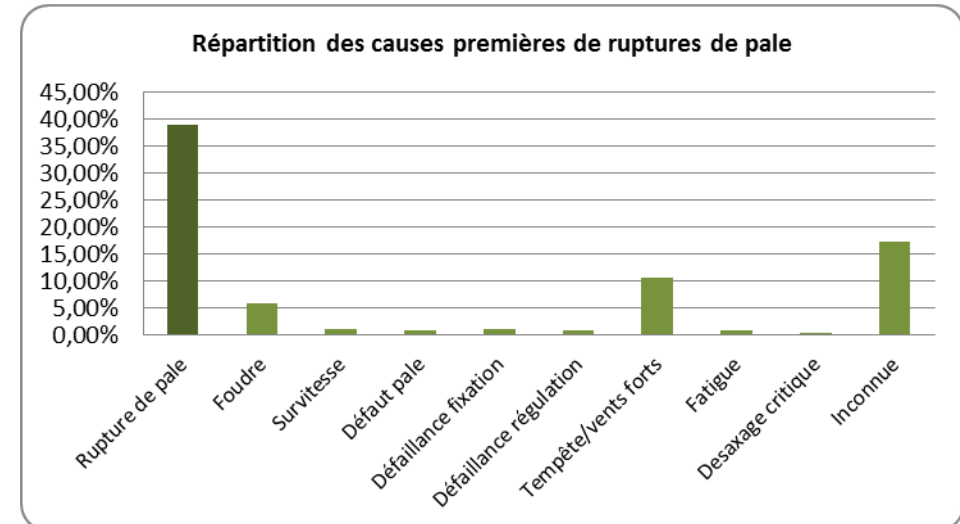
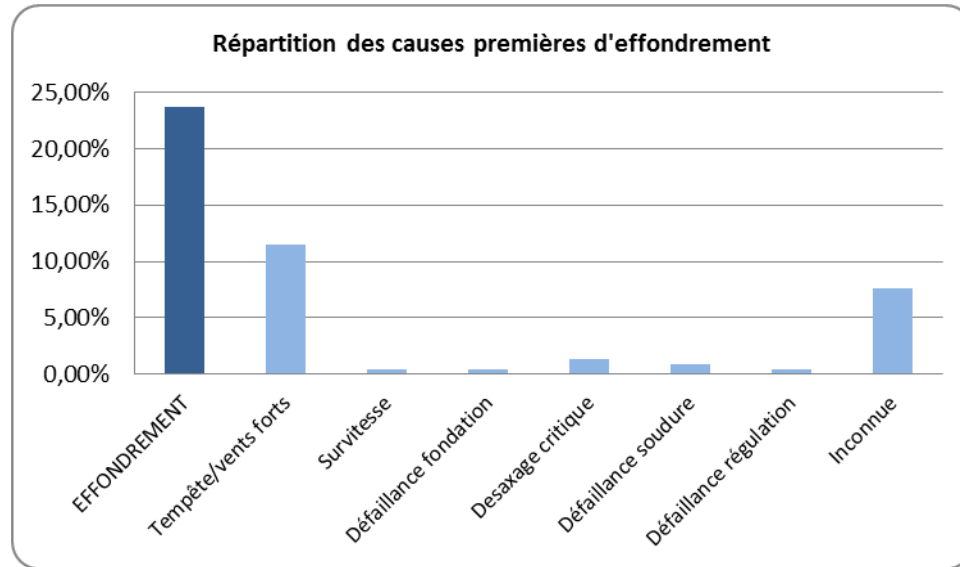
La synthèse ci-dessous provient de l'analyse de 236 accidents dans le monde issus des descriptions de 994 accidents proposés par le CWIF : sur les 994 accidents, seuls 236 sont considérés comme des « accidents majeurs » - les autres concernant plutôt des accidents du travail, des presque-accidents, des incidents, etc. (Source : trame type Etude de dangers INERIS).

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

Répartition des événements accidentels dans le monde entre 2000 et 2010



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).



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

6.4 Synthèse des phénomènes dangereux survenus issus du retour d'expériences

6.4.1 Analyse de l'évolution des accidents en France

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

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

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

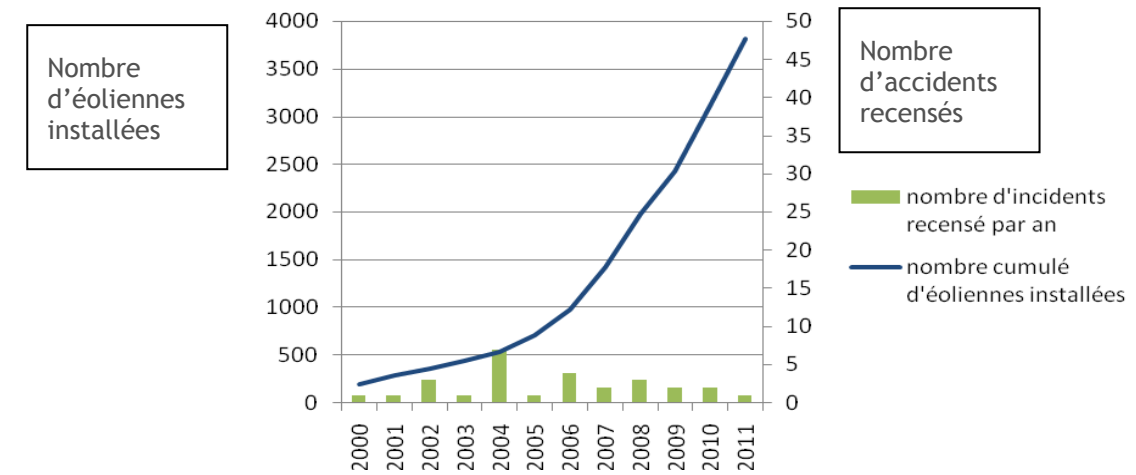


Figure 9 : Evolution du nombre d'incidents annuels en France et nombre d'éoliennes installées

6.4.2 Analyse des typologies d'accidents les plus fréquents

Le retour d'expérience de la filière éolienne française et internationale permet d'identifier les causes principales d'accidents. Ce sont :

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

6.5 Limites de l'étude d'accidentologie

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

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

7 Analyse préliminaire des risques



7.1	Objectif de l'analyse préliminaire des risques	55
7.2	Recensement des événements initiateurs exclus de l'analyse des risques	55
7.3	Recensement des agressions externes potentielles	55
7.3.1	Agressions externes liées aux activités humaines	55
7.3.2	Agressions externes liées aux phénomènes naturels.....	56
7.4	Analyse générique des risques	56
7.5	Effets dominos.....	59
7.6	Mise en place de mesures de sécurité.....	59
7.6.1	Les définitions	59
7.6.2	Les mesures	60
7.7	Conclusion de l'analyse préliminaire des risques	63

Les outils d'analyse des risques sont nombreux (ex : AMDEC⁶, APR⁷, HAZOP⁸, etc.). Dans son guide, l'INERIS propose l'utilisation de la méthode d'Analyse Préliminaire des Risques (APR) qui est souple d'utilisation, adaptée et plus facile à mettre en œuvre et à instruire dans le contexte des éoliennes.

7.1 Objectif de l'analyse préliminaire des risques

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

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

7.2 Recensement des événements initiateurs 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 :

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

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

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

7.3 Recensement des agressions externes potentielles

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

Traditionnellement, deux types d'agressions externes sont identifiés :

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

7.3.1 Agressions externes liées aux activités humaines

Le tableau ci-dessous synthétise les principales agressions externes liées aux activités humaines.

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

Tableau 15 : Principales agressions externes liées aux activités humaines

Infrastructure	Fonction	Événement redouté	Danger potentiel	Périmètre	Distance
Voies de circulation	Transport	Accident entraînant la sortie de voie d'un ou plusieurs véhicules	Energie cinétique des véhicules et flux thermiques	200 m	E7 : 190 m de la RD 111 E8 : 170 m de la RD 111
Ligne THT	Transport d'électricité	Rupture de câble	Arc électrique, surtensions	200 m	> 200 m
Carrière	Exploitation de roche massive	Instabilité du sous-sol par le biais des tirs d'explosifs	Propagation de l'énergie cinétique à travers le sous-sol	200 m	> 200 m
Autres aérogénérateurs	Production d'électricité	Accident générant des projections d'éléments	Energie cinétique des éléments projetés	> 300m	> 300m

⁶ AMDEC : Analyse des Modes de Défaillance, de leurs effets et de leurs Criticités

⁷ APR : Analyse Préliminaire des Risques

⁸ HAZOP : Hazard and Operability Study

7.3.2 Agressions externes liées aux phénomènes naturels

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

Tableau 16 : Principales agressions externes liées aux phénomènes naturels

Agression externe	Intensité
Vents et tempête	La vitesse maximale du vent enregistrée, entre 1981 et 2000 à la station météo de Niort, s'élevait à 140 km/h 27 décembre 1999, à 10 m de hauteur.
Foudre	L'ensemble du parc est conforme à la norme IEC 61 400-24 (Juin 2010) ou EN 62 305 - 3 (Décembre 2006)
Glissement de sols/ affaissement miniers	Non concernée
Séisme	Modéré
Inondation / remontées de nappes	Non concerné (cf. remarque ci-après)

Remarque : 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 [Source : trame type Etude de dangers INERIS].

Le cas spécifique des effets directs de la foudre et du risque de « tension de pas » n'est pas traité dans l'analyse préliminaire des risques ni dans l'étude détaillée des risques dès lors qu'il est vérifié que la norme IEC 61 400-24 (Juin 2010) ou la norme EN 62 305-3 (Décembre 2006) est respectée. Ces conditions sont reprises dans la fonction de sécurité n°6 ci-après.

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

7.4 Analyse générique des risques

Une fois recensés les potentiels de danger des installations, qu'ils soient constitués par des substances dangereuses ou des équipements dangereux, l'Analyse Préliminaire des Risques doit identifier l'ensemble des séquences accidentelles et phénomènes dangereux associés pouvant déclencher la libération du danger.

Le tableau ci-après 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 ;
- 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 et ne concernera donc uniquement la ou les personnes situées sur les parcelles cultivées ;
 - « 2 » correspond à une intensité plus importante et impactant potentiellement des personnes autour de l'éolienne situées sur les parcelles cultivées, la route communale.

Les différents scénarii listés dans le tableau générique de l'Analyse Préliminaire des Risques sont regroupés et numérotés par thématique, en fonction des typologies d'événements redoutés centraux identifiés grâce au retour d'expériences.

Tableau 17 : Analyse générique des risques

N°	Événement initiateur	Événement intermédiaire	Événement redouté central	Fonction de sécurité	Phénomène dangereux	Intensité
« G » les scénarii concernant la glace						
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 face aux enjeux	1
G02	Conditions climatiques favorables à la formation de glace	Dépôt de glace sur les pales	Projection de glace lorsque les éoliennes sont en mouvement	Prévenir la mise en mouvement de l'éolienne lors de la formation de la glace (N°1)	Impact de glace face aux enjeux	2
« I » les scénarii concernant l'incendie						
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 défavorables	Surtension	Court-circuit	Prévenir les courts-circuits (N°5) Protection et intervention incendie (N°7)	Incendie poste de livraison (flux thermiques + fumées toxiques SF6) Propagation de l'incendie	2
I06	Rongeur	Surtension	Court-circuit	Prévenir les courts-circuits (N°5) Protection et intervention incendie (N°7)	Incendie poste de livraison (flux thermiques + fumées toxiques SF6) Propagation de l'incendie	2
I07	Défaut d'étanchéité	Perte de confinement	Fuites d'huile isolante	Prévention et rétention des fuites (N°8)	Incendie au poste de transformation Propagation de l'incendie	2
« F » les scénarii concernant les fuites						
F01	Fuite système de lubrification Fuite convertisseur Fuite transformateur	Ecoulement hors de la nacelle et le long du mât, puis sur le sol avec infiltration	Infiltration d'huile dans le sol	Prévention et rétention des fuites (N°8)	Pollution environnement	1
F02	Renversement de fluides lors des opérations de maintenance	Ecoulement	Infiltration d'huile dans le sol	Prévention et rétention des fuites (N°8)	Pollution environnement	1
« C » les scénarii concernant la chute d'éléments de l'éolienne						
C01	Défaut de fixation	Chute de trappe	Chute d'élément de l'éolienne	Prévenir les erreurs de maintenance (N°10)	Impact	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	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	1
« P » les scénarii concernant les risques de projection						
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 de maintenance	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

« E » les scénarii concernant les risques d'effondrement

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
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 (construction - exploitation) (N° 9) Prévenir les risques de dégradation de l'éolienne en cas de vent fort (N° 12) Dans les zones cycloniques, mettre en place un système de prévision cyclonique et équiper les éoliennes d'un dispositif d'abattage et d'arrimage au sol (N° 13)	Projection/chute fragments et chute mât	2
E09	Fatigue (mécanique)	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

7.5 Effets dominos

Lors d'un accident majeur sur une éolienne, une possibilité est que les effets de cet accident endommagent d'autres installations. Ces dommages peuvent conduire à un autre accident. Par exemple, la projection de pale impactant les canalisations d'une usine à proximité peut conduire à des fuites de canalisations de substances dangereuses. Ce phénomène est appelé « effet domino ». Les effets dominos susceptibles d'impacter les éoliennes sont décrits dans le tableau d'analyse des risques générique présenté ci-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, l'INERIS a proposé de limiter l'évaluation de la probabilité d'impact d'un élément de l'aérogénérateur sur une autre installation ICPE que lorsque celle-ci se situe dans un rayon de 100 mètres. Dans le cadre du projet d'extension des Raffauds, il n'y a aucune installation ICPE à moins de 100 mètres des éoliennes.

Les éoliennes en fonctionnement sur le site des Raffauds sont situées à 300 mètres, au minimum, des éoliennes du projet d'extension.

Aucune autre ICPE n'a été recensée dans la zone d'étude, soit de 500 mètres de rayon autour de chacune des éoliennes.

7.6 Mise en place de mesures de sécurité

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 et de leurs conséquences.

Les tableaux suivants présentent les fonctions de sécurité identifiées sur les éoliennes. Ces tableaux sont génériques et constituent un « cahier des charges » des mesures typiques mises en œuvre sur les aérogénérateurs en France.

7.6.1 Les définitions

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 d'empêcher, éviter, détecter, contrôler ou limiter » et sera en relation avec un ou plusieurs événements conduisant à un accident majeur identifié dans l'analyse des risques. Plusieurs mesures de sécurité peuvent assurer une même fonction de sécurité.
- **Numéro de la fonction de sécurité** : ce numéro vise à simplifier la lecture de l'étude de dangers en permettant des renvois à l'analyse préliminaire 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 devront être présentés (détection + traitement de l'information + action). Il n'est pas demandé de décrire dans le détail la marque ou le fonctionnement de l'équipement considéré, simplement de mentionner leur existence.

Description : cette ligne permet de préciser la description de la mesure de maîtrise des risques (cf. définition à l'annexe 4), 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 maîtrise des risques remplissant la fonction de sécurité « limiter les conséquences d'un incendie » doit permettre de détecter un incendie et de mettre en œuvre une procédure d'arrêt d'urgence dans un délai de 60 minutes ;
 - une mesure de maîtrise des risques remplissant la fonction de sécurité « limiter les conséquences d'une survitesse » doit permettre de détecter une survitesse et de transmettre l'alerte aux services d'urgence compétents dans un délai de 15 minutes ;
 - si applicable, une mesure maîtrise des risques remplissant la fonction de sécurité « Prévenir les projections de glace » doit permettre de détecter la formation importante de glace sur les pales et de mettre en œuvre une procédure d'arrêt d'urgence dans un délai de 60 minutes.
- **Efficacité** (100% ou 0%) : l'efficacité mesure la capacité d'une mesure de maîtrise des risques à remplir la fonction de sécurité qui lui est confiée pendant une durée donnée et dans son contexte d'utilisation. Il s'agit de vérifier qu'une mesure de sécurité est bien dimensionnée pour remplir la fonction qui lui a été assignée. En cas de doute sur une mesure de maîtrise des risques, une note de calcul de dimensionnement peut être produite.
- **Test (fréquence)** : Il s'agit ici de reporter les tests/essais qui seront réalisés sur les mesures de maîtrise des risques. Pour rappel, la réglementation demande qu'à minima des essais 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. 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.

7.6.2 Les mesures

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 du givre et de mise à l'arrêt de la machine. Procédure adéquate de redémarrage.		
Description	Système de détection redondant du givre permettant, en cas de détection de glace, une mise à l'arrêt rapide de l'aérogénérateur. Le redémarrage peut ensuite se faire soit automatiquement après disparition des conditions de givre, soit manuellement après inspection visuelle sur site.		
Indépendance	Non Les systèmes traditionnels s'appuient généralement sur des fonctions et des appareils propres à l'exploitation du parc. En cas de danger particulièrement élevé sur site (survol d'une zone fréquentée sur site soumis à des conditions de gel importantes), des systèmes additionnels peuvent être envisagés.		
Temps de réponse	Immédiat (L'alarme est déclenchée dès que le capteur est gelé ou détecte de la neige.)		
Efficacité	100 %		
Tests	Tests menés par le concepteur au moment de la construction de l'éolienne.		
Maintenance	Vérification 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 machine. Eloignement des zones habitées et fréquentées.		
Description	Mise en place de panneaux informant de la possible formation de glace en pied de machines (conformément à l'article 14 de l'arrêté du 26 août 2011).		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	Non applicable		
Efficacité	100 % Nous considérerons que compte tenu de l'implantation des panneaux et de l'entretien prévu, l'information des promeneurs sera systématique.		
Tests	Non applicable		
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 t° pour chaque type de composant avec alarmes. Mise à l'arrêt ou bridage jusqu'à refroidissement. Systèmes de refroidissement indépendants pour la génératrice		
Description	/		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	Non applicable		
Efficacité	100 %		
Tests	Suivi des courbes de températures.		
Maintenance	Maintenance préventive semestrielle de la génératrice et de son système de refroidissement. Maintenance de remplacement en cas de dysfonctionnement de l'équipement.		

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

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

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

Fonction de sécurité	Protection et intervention incendie	N° de la fonction de sécurité	7
Mesures de sécurité	Capteurs de températures sur les principaux composants de l'éolienne pouvant permettre, en cas de dépassement des seuils, la mise à l'arrêt de la machine. Une alarme critique est transmise à l'exploitant dès que l'endommagement d'un composant électrique, du fait de l'incendie, a entraîné l'arrêt automatique de l'éolienne. 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 à l'exploitant. 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'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 et des moyens mis en place.		
Efficacité	100 %		
Tests	Vérification de la plausibilité des mesures de température		
Maintenance	Vérification du système au bout de 3 mois de fonctionnement puis contrôle annuel conformément à l'article 18 de l'arrêté du 26 août 2011. Le matériel incendie (type extincteurs) est contrôlé périodiquement par le fabricant du matériel ou un organisme extérieur. Maintenance curative suite à une défaillance du matériel.		

Fonction de sécurité	Prévention et rétention des fuites	N° de la fonction de sécurité	8
Mesures de sécurité	de Quantité très faible d'huile mise en œuvre (pas de boîte de vitesses) Rétentions pouvant contenir 100% des fuites.		
Description	De nombreux détecteurs de niveau de lubrifiant permettant de détecter les éventuelles fuites et d'arrêter l'éolienne en cas d'urgence. Les opérations de remplacement des bacs de graisse vides font l'objet de procédures spécifiques. Dans tous les cas, le transfert des huiles s'effectue de manière sécurisée et encadrée par les procédures de maintenance. La propreté des rétentions est vérifiée lors de chaque inspection de la nacelle.		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	Instantané		
Efficacité	100 %		
Tests	/		
Maintenance	Inspection des niveaux d'huile et de l'état des rétentions plusieurs fois par an		

Fonction de sécurité	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction - exploitation)	N° de la fonction de sécurité	9
Mesures de sécurité	Surveillance des vibrations Contrôles réguliers des fondations et des différentes pièces d'assemblages (ex : brides ; joints, etc.) Procédures qualités		
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 équipées de capteurs de vibration, qui entraînent l'arrêt en cas de dépassement des seuils définis. Les éoliennes sont protégées contre la corrosion due à l'humidité de l'air, selon la norme ISO 9223 (peinture et revêtement anticorrosion).		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	Non applicable		
Efficacité	100 %		
Tests	Non applicable		
Maintenance	Les couples de serrage (brides sur les diverses sections de la tour, bride de raccordement des pales au moyeu, bride de raccordement du moyeu à l'arbre lent, éléments du châssis, éléments du pitch system, couronne du Yaw Gear, boulons de fixation de la nacelle...) sont vérifiés au bout de 3 mois de fonctionnement puis tous les 3 ans, conformément à l'article 18 de l'arrêté du 26 août 2011. Inspection visuelle du mât et, si besoin, nettoyage lors des maintenances préventives annuelles.		

Fonction de sécurité	Prévenir les erreurs de maintenance	N° de la fonction de sécurité	10
Mesures de sécurité	Procédure maintenance		
Description	Préconisations du manuel de maintenance Formation du personnel		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	Non applicable		
Efficacité	100 %		
Tests	Mise en place d'audits afin de s'assurer des bonnes pratiques ou des inspections pendant les interventions.		
Maintenance	Non applicable		

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	15 à 60 s suivant le programme de freinage		
Efficacité	100 %.		
Tests	Test des programmes de freinage lors de la mise en service de l'éolienne. Test automatique du système de freinage mécanique et du fonctionnement de chaque système pitch (freinage aérodynamique) lors de la séquence de démarrage de l'éolienne.		
Maintenance	Maintenance préventive du système pitch (les points contrôlés varient suivant le type de maintenance - T1 / T2 / T3 / T4), notamment vérification du câblage et du système de lubrification automatique, graissage des roulements de pitch. Maintenance préventive du frein mécanique (les points contrôlés varient suivant le type de maintenance - T1 / T2 / T3 / T4), notamment inspection visuelle, vérification de l'épaisseur des plaquettes de frein et des capteurs du frein mécanique.		

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

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

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

7.7 Conclusion de l'analyse préliminaire des risques

A l'issue de l'analyse préliminaire des risques, l'étude de dangers doit préciser quels scénarii sont retenus en vue de l'analyse détaillée des risques.

Dans le cadre de l'Analyse Préliminaire des Risques générique, trois catégories de scénarii sont a priori exclues de l'étude détaillée, en raison de leur faible intensité.

Tableau 18 : Scénarii exclus de l'analyse détaillée des risques [source INERIS]

Nom du scénario exclu	Justification
Incendie de l'éolienne (effets thermiques)	En cas d'incendie de nacelle, et en raison de la hauteur des nacelles, les effets thermiques ressentis au sol seront mineurs. Par exemple, dans le cas d'un incendie de nacelle située à 50 mètres de hauteur, la valeur seuil de 3 kW/m ² n'est pas atteinte. Dans le cas d'un incendie au niveau du mât les effets sont également mineurs et l'arrêté du 26 août 2011 encadre déjà largement la sécurité des installations. Ces effets ne sont donc pas étudiés dans l'étude détaillée des risques. Néanmoins il peut être redouté que des chutes d'éléments (ou des projections) interviennent lors d'un incendie. Ces effets sont étudiés avec les projections et les chutes d'éléments.
Incendie du poste de livraison ou du transformateur	En cas d'incendie de ces éléments, les effets ressentis à l'extérieur des bâtiments (poste de livraison) seront mineurs ou inexistant du fait notamment de la structure en béton. De plus, la réglementation encadre déjà largement la sécurité de ces installations (l'arrêté du 26 août 2011 [9] et impose le respect des normes NFC 15-100, NFC 13-100 et NFC 13-200).
Infiltration d'huile dans le sol	En cas de fuite, les volumes de substances potentiellement libérés restent mineurs compte tenu de la technologie mise en œuvre ne nécessitant pas d'huile et utilisant de faibles volumes de graisses et lubrifiants dans les machines. Ce scénario ne sera pas détaillé dans le chapitre de l'étude détaillée des risques.

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

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

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

8 Etude détaillée des risques



8.1 Rappel des définitions	67	8.2.5 Projection de glace	78
8.1.1 Cinétique	67	8.3 Synthèse de l'étude détaillée des risques	79
8.1.2 Intensité	67	8.3.1 Tableaux de synthèse des scénarios étudiés	79
8.1.3 Gravité	68	8.3.2 Synthèse d'acceptabilité des risques.....	79
8.1.4 Probabilité.....	68	8.3.3 Cartographie des risques	80
8.2 Caractérisation des scénarios retenus	68		
8.2.1 Scénario « Effondrement de l'éolienne »	69		
8.2.2 Chute de glace.....	71		
8.2.3 Chute d'éléments de l'éolienne	73		
8.2.4 Projection de pales ou de fragments de pales.....	75		

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

8.1 Rappel des définitions

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

- Cinétique,
- Intensité,
- Gravité,
- Probabilité.

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 national relatif à l'étude de dangers dans le cadre d'un parc éolien dans sa version de mai 2012. Cette méthode est inspirée des méthodes utilisées pour les autres phénomènes dangereux des installations classées, dans l'esprit de la loi du 30 juillet 2003.

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

L'étude porte donc sur la probabilité que l'accident se produise, la vitesse avec laquelle il produit des effets et à laquelle les secours sont en mesure d'intervenir (cinétique), l'effet qu'il aura s'il se produit (intensité) et le nombre de personnes exposées (gravité).

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

8.1.1 Cinétique

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

Selon l'article 8 de l'arrêté du 29 septembre 2005⁹, la cinétique peut être qualifiée de « lente » ou de « rapide ». Dans le cas d'une cinétique lente, les personnes ont le temps d'être mises à l'abri à la suite de l'intervention des services de secours. Dans le cas contraire, la cinétique est considérée comme rapide.

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

8.1.2 Intensité

L'intensité des effets des phénomènes dangereux est définie par rapport à des valeurs de référence exprimées sous forme de seuils d'effets toxiques, d'effets de surpression, d'effets thermiques et d'effets liés à l'impact d'un projectile, pour les hommes et les structures (article 9 de l'arrêté du 29 septembre 2005). On constate que les scénarios retenus au terme de l'analyse préliminaire des risques pour les parcs éoliens sont des scénarios de projection (de glace ou de toute ou partie de pale), de chute d'éléments (glace ou toute ou partie de pale) ou d'effondrement de machine.

Or, les seuils d'effets proposés dans l'arrêté du 29 septembre 2005 caractérisent des phénomènes dangereux dont l'intensité s'exerce dans toutes les directions autour de l'origine du phénomène, et décroît en fonction de la distance (par exemple un incendie ou une explosion). 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 :

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

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.

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

⁹ 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



8.1.3 Gravité

Les niveaux de gravité à retenir dans une étude de dangers sont décrits dans l'annexe III de l'arrêté du 29 septembre 2005 (cf. annexe 10.1.2). Ils sont déterminés en fonction du nombre équivalent de personnes permanentes dans chacune des zones d'effet définies dans le paragraphe précédent.

Intensité Gravité	Zone d'effet d'un événement accidentel à exposition très forte	Zone d'effet d'un événement accidentel à exposition forte	Zone d'effet d'un événement accidentel à exposition modérée
« Désastreux »	Plus de 10 personnes exposées	Plus de 100 personnes exposées	Plus de 1 000 personnes exposées
« Catastrophique »	Moins de 10 personnes exposées	Entre 10 et 100 personnes exposées	Entre 100 et 1000 personnes exposées
« Important »	Au plus 1 personne exposée	Entre 1 et 10 personnes exposées	Entre 10 et 100 personnes exposées
« Sérieux »	Aucune personne exposée	Au plus 1 personne exposée	Moins de 10 personnes exposées
« Modéré »	Pas de zone de létalité en dehors de l'établissement	Pas de zone de létalité en dehors de l'établissement	Présence humaine exposée inférieure à « une personne »

8.1.4 Probabilité

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

Tableau 19 : Echelle de probabilité quantitative présentée en Annexe 1 de l'arrêté du 29 septembre 2005 (Source : Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable)

Echelle de probabilité	E	D	C	B	A
Appréciation qualitative	événement extrêmement rare possible mais non recensé au niveau mondial. N'est pas impossible au vu des connaissances actuelles.	événement rare s'est déjà produit mais a fait l'objet de mesures correctives réduisant significativement sa probabilité	événement improbable un 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.	événement probable sur site s'est produit et/ou peut se produire pendant la durée de vie des installations	événement 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.
Appréciation quantitative (par unité et par an)	10 ⁻⁵	10 ⁻⁴	10 ⁻³	10 ⁻²	

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

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

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

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

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

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

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

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

P_{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)

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

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

8.2 Caractérisation des scénarios retenus

Tableau 20 : Identification des scénarios pouvant entraîner des accidents majeurs

Scénarii	Mode de défaillance	Accidents majeurs redoutés
Neige et grand froid	Formation de givre sur les pales	Chute ou projection de blocs de glace
Foudre et présence d'eau dans la pale	Vaporisation de l'eau présente dans la pale	Perte de tout ou partie de pale
Erreur de conception	Faiblesse de la structure ou de la fixation de la pale	Perte de tout ou partie de pale
Erreur humaine : non-respect ou insuffisance des règles d'exploitation et de maintenance	Survitesse de l'éolienne	Perte de tout ou partie de pale
Vents violents et défaillance du système de sécurité	Survitesse de l'éolienne	Perte de tout ou partie de pale
Survitesse de l'éolienne et perte de tout ou partie de pale	Déséquilibre de l'éolienne	Effondrement de la machine
Erreur dans la conception des fondations	Mauvais dimensionnement ou mauvaise mise en œuvre des fondations	Effondrement de la machine
Inondation	Fragilisation des fondations	Effondrement de la machine

8.2.1 Scénario « Effondrement de l'éolienne »

8.2.1.1 Zone d'effet

La zone d'effet de l'effondrement d'une éolienne correspond à une surface circulaire de rayon égal à la hauteur totale de l'éolienne en bout de pale, soit 150 m dans le cas des éoliennes de l'extension du parc des Raffauds.

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

8.2.1.2 Intensité

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

Le tableau ci-dessous permet d'évaluer l'intensité du phénomène d'effondrement de l'éolienne dans le cas de l'extension du parc éolien des Raffauds. R est la longueur de pale, ou plutôt dans le calcul, la moitié du diamètre du rotor (R= 41 m), H la hauteur du mât ou dans le calcul, la hauteur de moyeu (H= 109 m), L la largeur moyenne du mât (L= 6 m) et LB la largeur de la base de la pale (LB = 3 m).

Effondrement de l'éolienne (dans un rayon inférieur ou égal à la hauteur totale de l'éolienne en bout de pale = 150 m)			
Zone d'impact en m ²	Zone d'effet du phénomène étudié en m ²	Degré d'exposition du phénomène étudié en %	Intensité
HxL + 3xRxLB/2	$\pi \times (H+R)^2$	Zi / Ze	-
654	70 650	0,92 % (< 1 %)	Modérée

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

8.2.1.3 Gravité

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

- Plus de 100 personnes exposées « Désastreux » ;
- Entre 10 et 100 personnes exposées « Catastrophique » ;
- Entre 1 et 10 personnes exposées « Important » ;
- Au plus 1 personne exposée « Sérieux » ;
- Pas de zone de létalité en dehors de l'établissement □ « Modéré ».

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

Hypothèses de calcul

Au sein de ce rayon d'études de 150 mètres, nous avons identifié plusieurs lieux potentiellement fréquentés par des personnes.

- Des espaces agricoles, pour lesquels la fréquentation, donnée par l'annexe 1 de l'étude de dangers type de l'INERIS, est évaluée à 1 personne par tranche de 100 ha ;
- Des axes de circulation non structurants (voies communales, pistes de desserte aux éoliennes...), pour lesquels la fréquentation, donnée par l'annexe 1 de l'étude dangers type de l'INERIS, est évaluée à 1 personne par tranche de 10 hectares. Ce sont des axes de circulation pour lesquels le trafic est inférieur à 2 000 véhicules par jour. Nous avons alors considéré une largeur de chemin à 5 mètres (largeur la plus impactante).

Effondrement de l'éolienne (dans un rayon inférieur ou égal à la hauteur totale de l'éolienne en bout de pale = 150 m)				
Eolienne	Section concernée (en mètres linéaire)	Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)	Somme des personnes permanentes	Gravité
E7	rayon 150 m	0,071 (terrains non aménagés et très peu fréquentés : cultures)	0,087	Modérée
	300 m	0,015 sur le chemin rural de Chaignepain à Chef-Boutonne		
	20 m	0,001 (piste de desserte éolienne E7)		
E8	rayon 150 m	0,071 (terrains non aménagés et très peu fréquentés : bois et cultures)	0,087	Modérée
	300 m	0,015 sur le chemin rural de Chaignepain à Chef-Boutonne		
	10 m	0,001 (piste de desserte éolienne E8)		
E9	rayon 150 m	0,071 (terrains non aménagés et très peu fréquentés : cultures)	0,101	Modérée
	284 m	0,014 sur le chemin rural de Chaignepain à Chef-Boutonne		
	82 m	0,0041 sur le Chemin Rural vers La Tranchée		
	182 m	0,009 piste de desserte E4		
	51 m	0,003 Piste de desserte E9		

8.2.1.4 Probabilité

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

Source	Fréquence	Justification
Guide for risk based zoning of wind turbines ¹⁰	4,5 x 10 ⁻⁴	Retour d'expérience
Specification of minimum distances ¹¹	1,8 x 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'expérience¹², soit une probabilité de 4,47 x 10⁻⁴ par éolienne et par an.

¹⁰ 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

¹¹ Specification of minimum distances, Dr-ing. Veenker ingenieurgesellschaft, 2004

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 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.

Ainsi, selon l'étude INERIS de mai 2012, il est considéré que la classe de probabilité de l'accident est « D », à savoir : « *S'est produit mais a fait l'objet de mesures correctives réduisant significativement la probabilité* ».

8.2.1.5 Acceptabilité

Dans le cas d'implantation d'éoliennes équipées des technologies récentes, compte tenu de la classe de probabilité d'un effondrement, on pourra conclure à l'acceptabilité de ce phénomène si moins de 10 personnes sont exposées et dans le cas où moins de 10 personnes sont exposées dans la zone d'effet d'un aérogénérateur, l'exploitant pourra démontrer que des mesures de sécurité supplémentaires sont mises en place. Il est également rappelé que la bonne pratique est de préserver une distance d'isolement égale à la hauteur totale de l'éolienne entre l'aérogénérateur et les autoroutes.

Le tableau suivant rappelle, pour chaque aérogénérateur de l'extension du parc des Raffauds, 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, 150 m)		
Eolienne	Gravité	Niveau de risque
E7	Modérée	Acceptable
E8	Modérée	Acceptable
E9	Modérée	Acceptable

Ainsi, pour l'extension du parc éolien des Raffauds, le phénomène d'effondrement des éoliennes constitue un risque acceptable pour les personnes.

En effet, compte tenu du nombre de personnes exposées dans la zone d'effets indiqué plus haut, qui est bien inférieur à 10 pour chaque éolienne, le niveau de risque est considéré comme acceptable pour chacune des éoliennes.

Il n'est donc pas nécessaire de prendre des mesures de sécurité supplémentaires afin d'améliorer l'acceptabilité de ce risque.

¹² 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.

8.2.2 Chute de glace

8.2.2.1 Considérations générales

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

Selon l'étude WECO¹³, une grande partie du territoire français (hors zones de montagne) est concernée par moins d'un jour de formation de glace par an. Certains secteurs du territoire comme les zones côtières affichent des moyennes variant entre 2 et 7 jours de formation de glace par an.

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

8.2.2.2 Zone d'effet

Le risque de chute de glace est cantonné à la zone de survol des pales, soit un disque de rayon égal à un demi-diamètre de rotor autour du mât de l'éolienne. Pour les éoliennes du projet d'extension du parc des Raffauds, la zone d'effet à donc un rayon de 41 mètres. Cependant, il convient de noter que, lorsque l'éolienne est à l'arrêt, les pales n'occupent qu'une faible partie de cette zone.

8.2.2.3 Intensité

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

Le tableau ci-dessous permet d'évaluer l'intensité du phénomène de chute de glace dans le cas de l'extension du parc des Raffauds. Z_I est la zone d'impact, Z_E est la zone d'effet, R est la longueur de pale ($R=41\text{ m}$), SG est la surface du morceau de glace majorant ($SG=1\text{ m}^2$).

Chute de glace (dans un rayon inférieur ou égal à $D/2 = \text{zone de survol} = 41\text{ m}$)			
Zone d'impact en m^2	Zone d'effet du phénomène étudié en m^2	Degré d'exposition du phénomène étudié en %	Intensité
$Z_I = SG$	$Z_E = \pi \times R^2$	$d = Z_I / Z_E$	
1	5 278	0,019 ($< 1\%$)	Exposition modérée

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

8.2.2.4 Gravité

En fonction de cette intensité et des définitions issues du paragraphe 8.1.3, il est possible de définir les différentes classes de gravité pour le phénomène de chute de glace, dans la zone de survol de l'éolienne :

- Plus de 1 000 personnes exposées : « Désastreux » ;
- Entre 100 et 1000 personnes exposées : « Catastrophique » ;
- Entre 10 et 100 personnes exposées : « Important » ;
- Moins de 10 personnes exposées : « Sérieux » ;
- Présence humaine exposée inférieure à « une personne » : « Modéré ».

Hypothèses de calcul

Au sein de ce rayon d'études de 41 mètres, nous avons identifié plusieurs lieux potentiellement fréquentés par des personnes.

- 1- Des espaces agricoles, pour lesquels la fréquentation, donnée par l'annexe 1 de l'étude de dangers type de l'INERIS, est évaluée à 1 personne par tranche de 100 ha ;
- 2- Des axes de circulation non structurants (voie communale et pistes de desserte aux éoliennes...), pour lesquels la fréquentation, donnée par l'annexe 1 de l'étude dangers type de l'INERIS, est évaluée à 1 personne par tranche de 10 hectares. Ce sont des axes de circulation pour lesquels le trafic est inférieur à 2 000 véhicules par jour. Nous avons alors considéré une largeur de chemin à 5 mètres (largeur la plus impactante).

Chute de glace (dans un rayon inférieur ou égal à $D/2 = \text{zone de survol} = 41\text{ m}$)				
Eolienne	Section concernée (en mètres linéaire)	Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)	Somme des personnes permanentes	Gravité
E7	Rayon de 41 m	0,0053 (terrains non aménagés et très peu fréquentés : cultures)	0,01	Modérée
	93 m	0,0046 (chemin rural de Chef Boutonne à Chaignepain et chemin exploitation E7)		
E8	Rayon de 41 m	0,0053 (terrains non aménagés et très peu fréquentés : cultures et boisements)	0,0095	Modérée
	84 m	0,0042 (chemin rural de Chef Boutonne à Chaignepain et chemin exploitation E8)		
E9	Rayon de 41m	0,13 (terrains non aménagés et très peu fréquentés : cultures)	0,005	Modérée
	99 m	0,003 (chemin rural de Chef Boutonne à Chaignepain et chemin exploitation E9)		

¹³ Wind energy production in cold climate (WECO), Final report - Bengt Tammelin et al. - Finnish Meteorological Institute, Helsinki, 2000

8.2.2.5 Probabilité

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

8.2.2.6 Acceptabilité

Avec une classe de probabilité de A, le risque de chute de glace pour chaque aérogénérateur est évalué comme acceptable dans le cas d'une gravité « Modérée » qui correspond pour cet événement à un nombre de personnes permanentes (ou équivalent) inférieur à 1. Dans le cas contraire, l'exploitant devra démontrer que des mesures de sécurité supplémentaires sont mises en place afin d'améliorer l'acceptabilité de ce risque.

Le tableau suivant rappelle, pour chaque aérogénérateur de l'extension du parc des Raffauds, 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, 41 m)		
Eolienne	Gravité	Niveau de risque
E1	Modérée	Acceptable
E2	Modérée	Acceptable
E3	Modérée	Acceptable

Ainsi, pour les éoliennes de l'extension du parc des Raffauds, le phénomène de chute de glace des éoliennes constitue un risque acceptable pour les personnes.

En effet, compte tenu du nombre de personnes exposées dans la zone d'effets indiqué plus haut, qui est largement inférieur à 1 pour chaque éolienne, le niveau de risque est considéré comme acceptable pour chacune des éoliennes. Il n'est donc pas nécessaire de prendre des mesures de sécurité supplémentaires afin d'améliorer l'acceptabilité de ce risque.

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.

Il n'est donc pas nécessaire de prendre des mesures de sécurité supplémentaires afin d'améliorer l'acceptabilité de ce risque.



Figure 10 : Exemple de panneau d'avertissement installé au niveau d'une éolienne

8.2.3 Chute d'éléments de l'éolienne

8.2.3.1 Zone d'effet

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

Le risque de chute d'élément est cantonné à la zone de survol des pales, c'est-à-dire une zone d'effet correspondant à un disque de rayon égal à un demi-diamètre de rotor (41 m dans le cas présent).

8.2.3.2 Intensité

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

Le tableau ci-dessous permet d'évaluer l'intensité du phénomène de chute d'éléments de l'éolienne dans le cas de l'extension du parc éolien des Raffauds, d est le degré d'exposition, Z_I la zone d'impact, Z_E la zone d'effet, R la longueur de pale (R= 41 m) et LB la largeur de la base de la pale (LB= 3 m).

Chute d'éléments de l'éolienne (dans un rayon inférieur ou égal à 1/D = zone de survol = 41 m)			
Zone d'impact en m ²	Zone d'effet du phénomène étudié en m ²	Degré d'exposition du phénomène étudié en %	Intensité
$Z_I = R \cdot LB / 2$	$Z_E = \pi \cdot R^2$	$d = Z_I / Z_E$	
61,5	5 278	1,16 (d > 1 %)	Exposition forte

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

8.2.3.3 Gravité

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 d'éléments de l'éolienne, dans la zone de survol de l'éolienne :

Si le phénomène de chute d'élément a engendré une zone d'exposition forte :

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

Hypothèses de calcul

Au sein de ce rayon d'études de 41 mètres, nous avons identifié plusieurs lieux potentiellement fréquentés par des personnes.

- 1- Des espaces agricoles, pour lesquels la fréquentation, donnée par l'annexe 1 de l'étude de dangers type de l'INERIS, est évaluée à 1 personne par tranche de 100 ha ;
- 2- Des axes de circulation non structurants (voie communale et pistes de desserte aux éoliennes...), pour lesquels la fréquentation, donnée par l'annexe 1 de l'étude dangers type de l'INERIS, est évaluée à 1 personne par tranche de 10 hectares. Ce sont des axes de circulation pour lesquels le trafic est inférieur à 2 000 véhicules par jour. Nous avons alors considéré une largeur de chemin à 5 mètres (largeur la plus impactante).

Chute d'éléments de l'éolienne (dans un rayon inférieur ou égal à D/2 = zone de survol = 41 m)				
Eolienne	Section concernée (en mètres linéaire)	Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)	Somme des personnes permanentes	Gravité
E7	Rayon de 41 m	0,0053 (terrains non aménagés et très peu fréquentés : cultures)	0,01	Modérée
	93 m	0,0046 (chemin rural de Chef Boutonne à Chaignepain et chemin exploitation E7)		
E8	Rayon de 41 m	0,0053 (terrains non aménagés et très peu fréquentés : cultures et boisements)	0,0095	Modérée
	84 m	0,0042 (chemin rural de Chef Boutonne à Chaignepain et chemin exploitation E8)		
E9	Rayon de 41 m	0,13 (terrains non aménagés et très peu fréquentés : cultures)	0,005	Modérée
	99 m	0,003 (chemin rural de Chef Boutonne à Chaignepain et chemin exploitation E9)		

8.2.3.4 Probabilité

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

Le retour d'expérience connu en France montre que ces événements ont une classe de probabilité « C » (2 chutes et 5 incendies pour 15 667 années d'expérience, soit $4,47 \times 10^{-4}$ événement par éolienne et par an).

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

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

8.2.3.5 Acceptabilité

Avec une classe de probabilité « C », le risque de chute d'éléments pour chaque aérogénérateur est évalué comme acceptable dans le cas d'un nombre de personnes permanentes (ou équivalent) inférieur à 10 dans la zone d'effet.

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

Il n'est donc pas nécessaire de prendre des mesures de sécurité supplémentaires afin d'améliorer l'acceptabilité de ce risque.

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

Chute d'éléments de l'éolienne (dans un rayon inférieur ou égal à D/2 = zone de survol, 41 m)		
Eolienne	Gravité	Niveau de risque
E7	Modérée	Acceptable
E8	Modérée	Acceptable
E9	Modérée	Acceptable

Ainsi, pour l'extension du parc éolien des Raffauds, le phénomène de chute d'éléments de l'éolienne constitue un risque **acceptable** pour les personnes.

En effet, compte tenu du nombre de personnes exposées dans la zone d'effets indiqué plus haut, qui est largement inférieur à 10 pour chaque éolienne, le niveau de risque est considéré comme acceptable pour chacune des éoliennes.

Il n'est donc pas nécessaire de prendre des mesures de sécurité supplémentaires afin d'améliorer l'acceptabilité de ce risque.

8.2.4 Projection de pales ou de fragments de pales

8.2.4.1 Zone d'effet

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

L'accidentologie éolienne mondiale manque de fiabilité car la source la plus importante (en termes statistiques) est une base de données tenue par une association écossaise majoritairement opposée à l'énergie éolienne¹⁴.

L'analyse de ce recueil d'accidents indique une distance maximale de projection de l'ordre de 500 mètres à deux exceptions près :

- 1 300 m rapporté pour un accident à Hundhammerfjellet en Norvège le 20/01/2006 ;
- 1 000 m rapporté pour un accident à Burgos en Espagne le 09/12/2000.

Toutefois, pour ces deux accidents, les sources citées ont été vérifiées par le SER-FEE et aucune distance de projection n'y était mentionnée. Les distances ont ensuite été vérifiées auprès des constructeurs concernés et dans les deux cas elles n'excédaient pas 300 m.

Ensuite, pour l'ensemble des accidents pour lesquels une distance supérieure à 400 m était indiquée, les sources mentionnées dans le recueil ont été vérifiées de manière exhaustive (articles de journal par exemple), mais aucune d'elles ne mentionnait ces mêmes distances de projection. Quand une distance était écrite dans la source, il pouvait s'agir par exemple de la distance entre la maison la plus proche et l'éolienne, ou du périmètre de sécurité mis en place par les forces de l'ordre après l'accident, mais en aucun cas de la distance de projection réelle.

Pour autant, des études de risques déjà réalisées dans le monde ont utilisé une distance de 500 mètres¹⁵. Sur la base de ces éléments et de façon conservatrice, **une distance d'effet de 500 mètres est considérée comme distance raisonnable pour la prise en compte des projections de pales ou de fragments de pales dans le cadre des études de dangers des parcs éoliens.**

8.2.4.2 Intensité

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

Le tableau ci-dessous permet d'évaluer l'intensité du phénomène de chute d'éléments de l'éolienne dans le cas de l'extension du parc éolien des Raffauds. d est le degré d'exposition, Z_I la zone d'impact, Z_E la zone d'effet, R la longueur de pale ($R=41$ m) et LB la largeur de la base de la pale ($LB=3$ m).

Projection de pale ou de fragment de pale (zone de 500 m autour de chaque éolienne)			
Zone d'impact en m^2	Zone d'effet du phénomène étudié en m^2	Degré d'exposition du phénomène étudié en %	Intensité
$Z_I = R \cdot LB / 2$	$Z_E = \pi \times 500^2$	$d = Z_I / Z_E$	
61,5	785 000	0,0078 (< 1%)	Exposition modérée

8.2.4.3 Gravité

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 :

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

Hypothèses de calcul retenues

Au sein de ce rayon d'études de 500 mètres, nous avons identifié plusieurs lieux potentiellement fréquentés par des personnes :

- 1- Nous avons identifié tout d'abord des espaces boisés et des espaces de culture considérés comme des terrains non aménagés et très peu fréquentés. Nous avons donc appliqué, telle que définie par l'annexe 1 de l'étude générique Inéris, la densité d'une personne exposée par tranche de 100 ha ;
- 2- Ensuite nous avons identifié plusieurs chemins (voies communales, chemin rural, piste de desserte) comme axes de circulation non structurants. Nous avons alors appliqué une fréquence d'une personne par tranche de 10 ha (cf. annexe 1 de l'étude Inéris).
- 3- Nous avons identifié ensuite la RD 111. Selon les informations issues du Conseil Général des Deux-Sèvres, le trafic moyen journalier est inférieur à 500 véhicules par jour sur la RD 111. Ce trafic inclut la circulation des véhicules dans les deux sens.

Ainsi selon l'annexe 1 de l'étude Inéris, la RD 111 est considérée comme une voie non structurante (<2 000 véhicules par jour) ; elle est donc compatible dans la catégorie des terrains aménagés mais peu fréquentés. Nous avons alors appliqué une fréquence d'une personne par tranche de 10 ha (cf. annexe 1 de l'étude Inéris).
- 4- Enfin, nous avons identifié la présence d'éoliennes en fonctionnement. Ces éoliennes ont été considérées comme des zones d'activités (industries et autres activités ne recevant pas du public) et 3 salariés présents simultanément ont été pris en compte par éolienne.

¹⁴ Wind Turbine Accident data to 31 March 2011, Caithness Windfarm Information Forum

¹⁵ 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 et Specification of minimum distances, Dr-ing. Veenker ingenieursgesellschaft, 2004

Projection de pale ou de fragment de pale (zone de 500 m autour de chaque éolienne)				
Eolienne	Section concernée (en mètres linéaire)	Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)	Somme des personnes permanentes	Gravité
E7	rayon 500 m	0,79 (terrains non aménagés et très peu fréquentés : cultures)	6,94	Sérieuse
	1 000 m	0,05 (Chemin rural de Chef Boutonne à Chaignepain)		
	560 m	0,028 (Voie communale n° 3)		
	890 m	0,045 (RD 111)		
	255 m	0,013 (Chemin rural de La Gaillochonnière)		
	215 m	0,011 (chemin d'exploitation E7, E5 et E2)		
	-	6 (Personnel de maintenance E2 et E5)		
E8	rayon 500 m	0,79 (terrains non aménagés et très peu fréquentés : cultures et boisements)	6,93	Sérieuse
	1000 m	0,05 (Chemin rural de Chef Boutonne à Chaignepain)		
	950 m	0,048 (RD 111)		
	395 m	0,02 (Chemin rural de La Gaillochonnière)		
	345 m	0,017 (chemin d'exploitation E3, E6 et E8)		
	-	6 (Personnel de maintenance E6 et E8)		
E9	rayon 500 m	0,79 (terrains non aménagés et très peu fréquentés : cultures)	0,87	Modérée
	440 m	0,022 (Chemin rural de Chef Boutonne à Chaignepain)		
	475 m	0,024 (chemin rural de La Tranchée)		
	700 m	0,035 (chemin d'exploitation E4 et E9)		

8.2.4.4 Probabilité

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

Source	Fréquence	Justification
Site specific hazard assesment for a wind farm project ¹⁶	1×10^{-6}	Respect de l'Eurocode EN 1990 - Basis of structural design
Guide for risk based zoning of wind turbines ¹⁰	$1, 1 \times 10^{-3}$	Retour d'expérience au Danemark (1984-1992) et en Allemagne (1989-2001)
Spécification of minimum distances ¹¹	$6,1 \times 10^{-4}$	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 ».

¹⁶ Site Specific Hazard Assessment for a wind farm project - Case study - Germanischer Lloyd, Windtest Kaiser-Wilhelm-Koog GmbH, 2010/08/24

8.2.4.5 Acceptabilité

Avec une classe de probabilité de « D », le risque de projection de tout ou partie de pale pour chaque aérogénérateur est évalué comme acceptable dans le cas d'un nombre équivalent de personnes permanentes inférieur à 1 000 dans la zone d'effet.

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

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

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

Projection de pale ou de fragment de pale		
Eolienne	Gravité	Niveau de risque
E7	Sérieuse	Acceptable
E8	Sérieuse	Acceptable
E9	Modérée	Acceptable

Ainsi, pour l'extension du parc éolien des Raffauds, le phénomène de projection de tout ou partie de pale des éoliennes constitue un risque acceptable pour les personnes.

En effet, compte tenu du nombre de personnes exposées dans la zone d'effets indiqué plus haut, qui est pour chaque cas bien inférieur à 1 000, le niveau de risque est considéré comme acceptable pour chacune des éoliennes.

Il n'apparaît donc pas nécessaire de prendre des mesures de sécurité supplémentaires afin d'améliorer l'acceptabilité de ce risque.

8.2.5 Projection de glace

8.2.5.1 Zone d'effet

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

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

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

Cette distance de projection est jugée conservatrice dans des études postérieures. A défaut de données fiables, il est proposé de considérer cette formule pour le calcul de la distance d'effet pour les projections de glace. **Cette distance est de 286,5 m dans le cas de l'extension du parc éolien des Raffauds.**

8.2.5.2 Intensité

Pour le phénomène de projection de glace, le degré d'exposition correspond au ratio entre la surface d'un morceau de glace (cas majorant de 1 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 de l'extension du parc éolien des Raffauds. d est le degré d'exposition, Z_i la zone d'impact, Z_e la zone d'effet, R la longueur de pale (R= 41 m), H la hauteur au moyeu (H= 109 m), et SG la surface majorante d'un morceau de glace.

Projection de morceaux de glace (dans un rayon de RPG = 1,5 x (H+2R) autour de l'éolienne= 286,5 m)			
Zone d'impact en m ²	Zone d'effet du phénomène étudié en m ²	Degré d'exposition du phénomène étudié en %	Intensité
Z _i = SG	Z _e = π x (1,5*(H+2*R)) ²	d = Z _i /Z _e	
1	257 738	0,00039 (< 1%)	Exposition modérée

8.2.5.3 Gravité

En fonction de cette intensité et des définitions issues du paragraphe 8.1.3, il est possible de définir les différentes classes de gravité pour le phénomène de projection de glace, dans la zone d'effet de ce phénomène :

- Plus de 1 000 personnes exposées : « Désastreux » ;
- Entre 100 et 1 000 personnes exposées : « Catastrophique » ;
- Entre 10 et 100 personnes exposées : « Important » ;
- Moins de 10 personnes exposées : « Sérieux » ;
- Présence humaine exposée inférieure à « une personne » : « Modéré ».

Il a été observé dans la littérature disponible¹⁷ 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.

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

Hypothèses de calcul

Au sein de ce rayon d'études de 286,5 mètres, nous avons identifié plusieurs lieux potentiellement fréquentés par des personnes :

- 1- Nous avons identifié tout d'abord des espaces boisés et des espaces de culture considérés comme des terrains non aménagés et très peu fréquentés. Nous avons donc appliqué, telle que définie par l'annexe 1 de l'étude générique Inéris, la densité d'une personne exposée par tranche de 100 ha ;
- 2- Ensuite nous avons identifié plusieurs chemins (voies communales, chemin rural) comme axes de circulation non structurants. Nous avons alors appliqué une fréquence d'une personne par tranche de 10 ha (cf. annexe 1 de l'étude Inéris).
- 3- Enfin, nous avons identifié ensuite la RD 111. Selon les informations issues du Conseil Général des Deux-Sèvres, le trafic moyen journalier est inférieur à 500 véhicules par jour sur la RD 111. Ce trafic inclut la circulation des véhicules dans les deux sens.

Ainsi selon l'annexe 1 de l'étude Inéris, la RD 111 est considérée comme une voie non structurante (<2 000 véhicules par jour) ; elle est donc compatible dans la catégorie des terrains aménagés mais peu fréquentés. Nous avons alors appliqué une fréquence d'une personne par tranche de 10 ha (cf. annexe 1 de l'étude Inéris).

Projection de pale ou de fragment de pale (zone de 286,5 m autour de chaque éolienne)				
Eolienne	Section concernée (en mètres linéaire)	Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)	Somme des personnes permanentes	Gravité
E7	rayon 286,5 m	0,26 (terrains non aménagés et très peu fréquentés : cultures)	0,31	Modérée
	580 m	0,029 (chemin rural de Chef Boutonne à Chaignepain)		
	360 m	0,018 (RD 111)		
	20 m	0,001 (chemin d'exploitation E7)		
E8	rayon 286,5 m	0,26 (terrains non aménagés et très peu fréquentés : cultures et boisements)	0,33	Modérée
	610 m	0,030 (chemin rural de Chef Boutonne à Chaignepain)		
	490 m	0,025 (RD 111)		
	140 m	0,007 (Chemin rural de la Gaillochonnière)		
	103 m	0,005 (chemin d'exploitation E3 et E8)		
E9	rayon 286,5 m	0,26 (terrains non aménagés et très peu fréquentés : cultures)	0,29	Modérée
	235 m	0,012 (chemin rural La Tranchée)		
	380 m	0,02 (chemin d'exploitation E4 et E9)		

8.2.5.4 Probabilité

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

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

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

8.2.5.5 Acceptabilité

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

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

Projection de morceaux de glace (dans un rayon de RPG = 1,5 x (H+2R) autour de l'éolienne = 286,5 m)			
Eolienne	Gravité	Présence de système d'arrêt en cas de détection ou déduction de glace et de procédure de redémarrage	Niveau de risque
E1	Modérée	oui	Acceptable
E2	Modérée	oui	Acceptable
E3	Modérée	oui	Acceptable

Ainsi, pour l'extension du parc éolien des Raffauds, le phénomène de projection de glace constitue un risque **acceptable** pour les personnes.

En effet, compte tenu du nombre de personnes exposées dans la zone d'effets indiqué plus haut, qui est inférieur à 10 pour chaque éolienne, le niveau de risque est considéré comme acceptable pour chacune des éoliennes.

Il n'est donc pas nécessaire de prendre des mesures de sécurité supplémentaires afin d'améliorer l'acceptabilité de ce risque.

8.3 Synthèse de l'étude détaillée des risques

8.3.1 Tableaux de synthèse des scénarios étudiés

Les tableaux suivants récapitulent, pour chaque aérogénérateur, l'ensemble des scénarios étudiés et les paramètres de cinétique, intensité, gravité et probabilité qui leur sont associés.

Scénario	Zone d'effet	Cinétique	Intensité	Probabilité	Gravité
Effondrement de l'éolienne	Disque dont le rayon correspond à une hauteur totale de la machine en bout de pale, 150 m	Rapide	Exposition modérée	D (pour les éoliennes récentes)	Modérée
Chute de glace	Zone de survol, 41 m	Rapide	Exposition modérée	A (hypothèse conservatrice)	Modérée
Chute d'éléments de l'éolienne	Zone de survol, 41 m	Rapide	Exposition forte	C	Modérée
Projection d'éléments d'éoliennes	500 m autour de l'éolienne	Rapide	Exposition modérée	D (pour les éoliennes récentes)	Sérieuse pour E7 et E8 Modérée pour E9
Projection de glace	1,5 x (H + 2R) autour de l'éolienne, 286,5 m	Rapide	Exposition modérée	B (forfaitaire)	Modérée

8.3.2 Synthèse d'acceptabilité des risques

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

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

GRAVITÉ des Conséquences	Classe de probabilité				
	E	D	C	B	A
Désastreux	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange
Catastrophique	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange
Important	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange
Sérieux	Vert	Projection d'éléments d'éoliennes (E7 et E8)	Orange	Orange	Orange
Modéré	Vert	Effondrement de l'éolienne Projection d'éléments de l'éolienne (E9)	Chute d'éléments d'éoliennes	Projection de glace	Chute de glace

Légende de la matrice :

Niveau de risque	Couleur	Acceptabilité
Risque très faible	Vert	Acceptable
Risque faible	Orange	Acceptable
Risque important	Orange	Non Acceptable

Il apparaît au regard de la matrice ainsi complétée que :

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

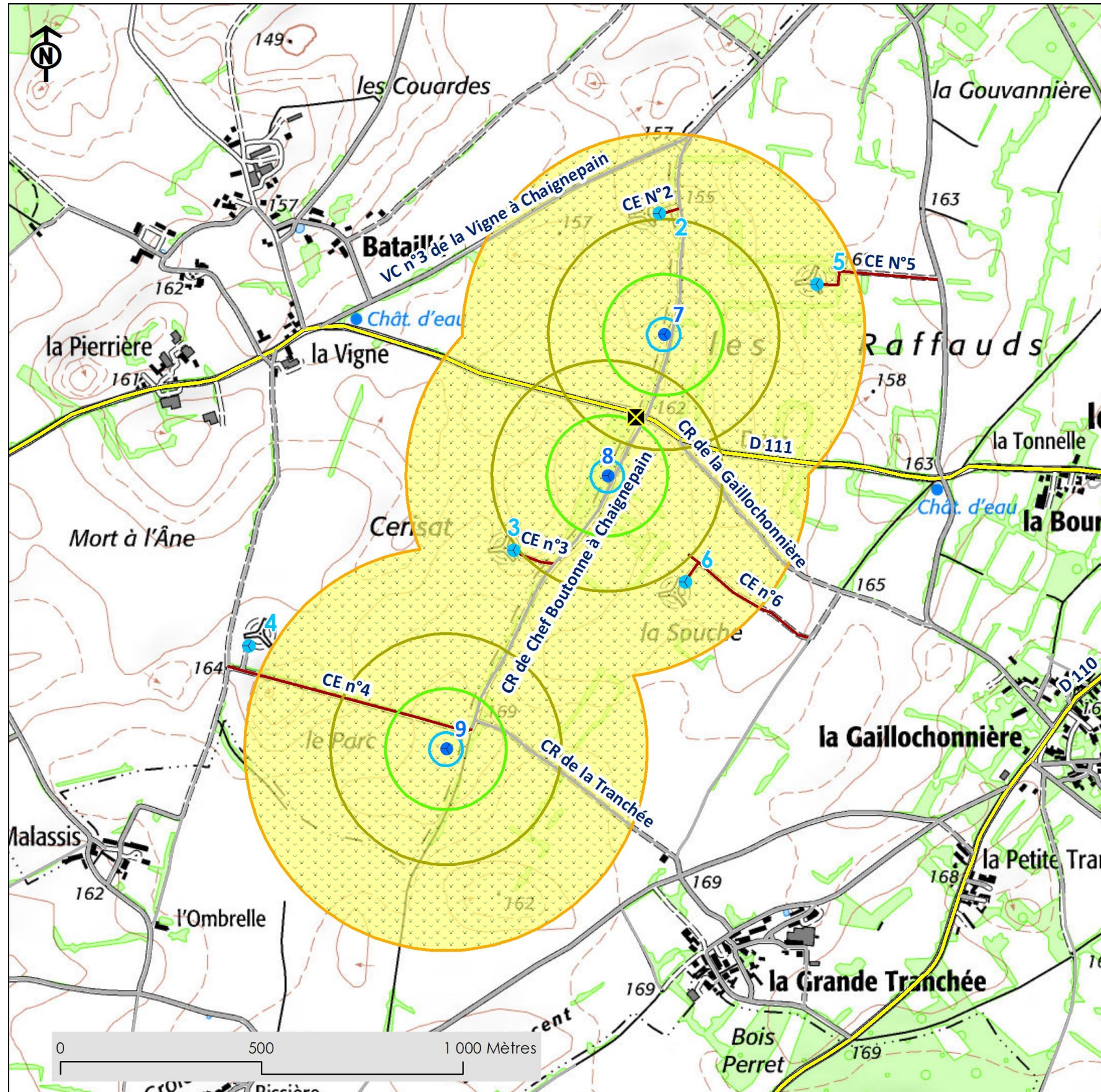
A la lumière de l'analyse ci-dessus, nous pouvons conclure que les trois éoliennes du projet d'extension des Raffauds présentent des risques acceptables.

8.3.3 Cartographie des risques

La carte de synthèse doit faire apparaître, pour les scénarios détaillés dans le tableau de synthèse :

- les enjeux étudiés dans l'étude détaillée des risques ;
- l'intensité des différents phénomènes dangereux dans les zones d'effet de chaque phénomène dangereux ;
- le nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes) exposées par zone d'effet.

La carte qui suit représente les différentes distances seuils calculées dans le cadre de l'extension du parc des Raffauds.



Carte 12 : Synthèse des risques

Projet éolien Les Raffauds



Synthèse des risques

- Eoliennes en projet
- Poste de livraison

Zone d'effet et nombre de personnes exposées

 Projection d'éléments éoliens (500 m)
 Nombre de personnes exposées 6,94 au plus
 = GRAVITE Sérieuse (E7 et E8) ou Modérée (E9)

 Projection de glace (286,5 m)
 Nombre de personnes exposées 0,33 au plus
 = GRAVITE Modérée (E7, E8, E9)

 Effondrement de l'éolienne (150 m)
 Nombre de personnes exposées 0,1 au plus
 = GRAVITE Modérée (E7, E8, E9)

 Chute de glace et éléments d'éoliennes (41 m)
 Nombre de personnes exposées 0,01 au plus
 = GRAVITE Modérée (E7, E8, E9)

Intensité du risque

 Exposition modérée

Enjeux

- Route secondaire
- Voie communale (VC) ou chemin rural (CR)
- Chemin d'exploitation (CE)
- Terrains non aménagés

- Eoliennes existantes

Fond : Scan250®-IGN France - Reproduction interdite
 Réalisation : ABIES - Octobre 2015

9 Conclusions



L'analyse du retour d'expérience recensant les accidents et les incidents survenus sur les installations éoliennes et l'analyse préliminaire des risques ont permis d'identifier cinq scénarios d'accidents majeurs pour les éoliennes de l'extension du parc des Raffauds :

- Effondrement de l'éolienne ;
- Chute de glace ;
- Chute d'éléments de l'éolienne ;
- Projection de pales ou de fragments de pales ;
- Projection de glace.

Chaque accident majeur est caractérisé par son intensité, sa probabilité et sa gravité.

L'effondrement de l'éolienne présente en termes de risques une exposition modérée. Cependant sa probabilité est jugée « rare » d'après le retour d'expérience et les mesures correctives pour éviter ce genre d'accident (contrôles réguliers des fondations et des différentes pièces d'assemblage, procédure de maintenance, 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, procédure de veille météorologique et d'intervention). Sa gravité est considérée comme « modérée » au regard des enjeux de l'extension du parc éolien des Raffauds (terrains non aménagés et très peu fréquentés et existence de différents chemins ruraux, ...).

Le scénario d'accident lié à la **chute de glace** a une probabilité qualifiée de « courante ». Un panneau d'information du risque de chute et de projection de glace sera installé à proximité de chacune des éoliennes. La gravité de chute de glace est considérée comme « modérée » au regard des enjeux de l'extension du parc éolien des Raffauds (terrains non aménagés, très peu fréquentés et existence de différents chemins ruraux, ...).

La **chute d'éléments de l'éolienne** est considérée comme « improbable » d'après le retour d'expérience. Les principales barrières de sécurité pour réduire ce scénario sont les contrôles réguliers des différentes pièces d'assemblage (ex : brides, joints, etc.) et les procédures générales de maintenance. La gravité associée à cet accident est jugée « modérée » au regard des enjeux de l'extension du parc éolien des Raffauds (terrains non aménagés et très peu fréquentés et existence de chemins ruraux).

Le scénario de **projection de pales ou de fragments de pales** présente également une probabilité « rare » d'après le retour d'expérience et les mesures correctives pour éviter ce genre d'accident (détection de survitesse et système de freinage, contrôles réguliers des fondations et des différentes pièces d'assemblage, 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). Sa gravité est considérée comme « sérieuse » pour les éoliennes 7 et 8 (en raison de la proximité avec du personnel de maintenance potentiellement présent sur les éoliennes du premier parc des Raffauds) et « modérée » pour l'éolienne 9.

Enfin le scénario de **projection de glace** est qualifié de probable. Un panneau d'information de projection de glace sera installé à l'entrée du parc. La gravité de projection de glace est considérée comme « Modérée » au regard des enjeux de l'extension du parc éolien des Raffauds (existence de terrains non aménagés et très peu fréquentés ainsi que des chemins ruraux et voies communales très peu fréquentées).

Finalement, au regard des enjeux de l'extension du parc éolien des Raffauds, les mesures de maîtrise des risques mises en place sur l'installation sont suffisantes pour garantir un risque acceptable pour chacun des phénomènes dangereux retenus dans l'étude détaillée.

10 Annexes



10.1 Annexe 1 : Méthode de comptage des personnes pour la détermination de la gravité potentielle d'un accident à proximité d'une éolienne	89
10.1.1 Terrains non bâtis	89
10.1.2 Voies de circulation	89
10.1.3 Logements	89
10.1.4 Etablissements recevant du public (ERP)	89
10.1.5 Zones d'activité	89
10.2 Annexe 2 : Scénarios génériques issus de l'analyse préliminaire des risques	90
10.2.1 Scénarios relatifs aux risques liés à la glace (G01 et G02).....	90
10.2.2 Scénarios relatifs aux risques d'incendie (I01 à I07).....	90
10.2.3 Scénarios relatifs aux risques de fuites (F01 à F02).....	90
10.2.4 Scénarios relatifs aux risques de chute d'éléments (C01 à C03).....	91
10.2.5 Scénarios relatifs aux risques de projection de pales ou de fragments de pales (P01 à P03)	91
10.2.6 Scénarios relatifs aux risques d'effondrement des éoliennes (E01 à E10)	91
10.3 Annexe 3 - Glossaire	92
10.4 Annexe 4 - Bibliographie et références utilisées.....	93

10.1 Annexe 1 : Méthode de comptage des personnes pour la détermination de la gravité potentielle d'un accident à proximité d'une éolienne

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

Dans le cadre de l'étude de dangers des parcs éoliens, cette méthode permet tout d'abord, au stade de la description de l'environnement de l'installation, 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.

10.1.1 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.

10.1.2 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.

10.1.2.1 Voies de circulation automobiles

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

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

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

10.1.2.2 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.

10.1.2.3 Voies navigables

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

10.1.2.4 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.

10.1.3 Logements

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

10.1.4 Etablissements recevant du public (ERP)

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

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

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

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

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

10.1.5 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.

10.2 Annexe 2 : Scénarios génériques issus de l'analyse préliminaire des risques

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

Le tableau générique issu de l'analyse préliminaire des risques est présenté dans la partie 1.8 de la présente 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 (« G » pour les scénarios concernant la glace, « I » pour ceux concernant l'incendie, « F » pour ceux concernant les fuites, « C » pour ceux concernant la chute d'éléments de l'éolienne, « P » pour ceux concernant les risques de projection, « E » pour ceux concernant les risques d'effondrement).

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

10.2.1.1 Scénario G01

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

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

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

Note : Si les enjeux principaux seront principalement humains, il conviendra d'évoquer les enjeux matériels, avec la présence éventuelle d'éléments internes au parc éolien (poste de livraisons, sous-stations), ou extérieurs sous le surplomb de la machine.

10.2.1.2 Scénario G02

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

10.2.3.1 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 s'écoulent dans un bacs de rétention adapté pouvant contenir l'ensemble des volumes de produits en jeu dans 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.

10.2.3.2 Scénario F02

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

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

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

Ce scénario est à adapter en fonction des produits utilisés.

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

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

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

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

10.2.5 Scénarios relatifs aux risques de projection de pales ou de fragments de pales (P01 à P03)

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.

Si l'éolienne est en fonctionnement la zone d'effet sera déterminée en fonction de l'étude balistique et du site.

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).

10.2.5.1 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.

10.2.5.2 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.

10.2.5.3 Scénarios P03

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

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

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

- Erreur de dimensionnement de la fondation : Contrôle qualité, respect des spécifications techniques du constructeur de l'éolienne, étude de sol, contrôle technique de construction ;
- Non-respect des instructions de montage et/ou de maintenance : Formation du personnel intervenant ;
- Causes externes dues à l'environnement : séisme, ...

10.3 Annexe 3 - Glossaire

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

Accident : 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.

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

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

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

Événement 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.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Attention aux confusions possibles :

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

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

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

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

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

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

Scénario d'accident (majeur) : Enchaînement d'événements conduisant d'un événement initiateur à un accident (majeur), dont la séquence et les liens logiques découlent de l'analyse de risque. En général, plusieurs scénarios peuvent mener à un même phénomène dangereux pouvant conduire à un accident (majeur) : on dénombre autant

de scénarios qu'il existe de combinaisons possibles d'événements y aboutissant. Les scénarios d'accident obtenus dépendent du choix des méthodes d'analyse de risque utilisées et des éléments disponibles.

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

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

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

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

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

ICPE : Installation Classée pour la Protection de l'Environnement

SER : Syndicat des Energies Renouvelables

FEE : France Energie Eolienne

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

EDD : Etude de dangers

APR : Analyse Préliminaire des Risques

ERP : Etablissement Recevant du Public

10.4 Annexe 4 - Bibliographie et références utilisées

- ❖ L'évaluation des fréquences et des probabilités à partir des données de retour d'expérience (ref DRA-11-117406-04648A), INERIS, 2011 ;
- ❖ NF EN 61400-1 Eoliennes - Partie 1 : Exigences de conception, Juin 2006 ;
- ❖ Wind Turbine Accident data to 31 March 2011, Caithness Windfarm Information Forum ;
- ❖ Site Specific Hazard Assessment for a wind farm project - Case study - Germanischer Lloyd, Windtest Kaiser-Wilhelm-Koog GmbH, 2010/08/24 ;
- ❖ Guide for Risk-Based Zoning of wind Turbines, Energy research centre of the Netherlands (ECN), H. Braam, G.J. van Mulekom, R.W. Smit, 2005 ;
- ❖ Specification of minimum distances, Dr-ing. Veenker ingenieuresellschaft, 2004 ;
- ❖ Permitting setback requirements for wind turbine in California, California Energy Commission - Public Interest Energy Research Program, 2006 ;
- ❖ Oméga 10: Evaluation des barrières techniques de sécurité, INERIS, 2005 ;
- ❖ Arrêté du 26 août 2011 relatif aux installations de production d'électricité utilisant l'énergie mécanique du vent au sein d'une installation soumise à autorisation au titre de la rubrique 2980 de la législation des installations classées pour la protection de l'environnement ;
- ❖ Arrêté du 29 Septembre 2005 relatif à l'évaluation et à la prise en compte de la probabilité d'occurrence, de la cinétique, de l'intensité des effets et de la gravité des conséquences des accidents potentiels dans les études de dangers des installations classées soumises à autorisation ;
- ❖ Circulaire du 10 mai 2010 récapitulant les règles méthodologiques applicables aux études de dangers, à l'appréciation de la démarche de réduction du risque à la source et aux plans de prévention des risques technologiques (PPRT) dans les installations classées en application de la loi du 30 Juillet 2003 ;
- ❖ Bilan des déplacements en Val-de-Marne, édition 2009, Conseil Général du Val-de-Marne ;
- ❖ Arrêté du 29 Septembre 2005 relatif à l'évaluation et à la prise en compte de la probabilité d'occurrence, de la cinétique, de l'intensité des effets et de la gravité des conséquences des accidents potentiels dans les études de dangers des installations classées soumises à autorisation ;
- ❖ Alpine test site Güttsch : monitoring of a wind turbine under icing conditions- R. Cattin et al. ;
- ❖ Wind energy production in cold climate (WECO), Final report - Bengt Tammelin et al. - Finnish Meteorological Institute, Helsinki, 2000 ;
- ❖ Rapport sur la sécurité des installations éoliennes, Conseil Général des Mines - Guillet R., Leteurtois J.-P. - juillet 2004 ;
- ❖ Risk analysis of ice throw from wind turbines, Seifert H., Westerhellweg A., Kröning J. - DEWI, Avril 2003 ;
- ❖ Wind energy in the BSR: impacts and causes of icing on wind turbines, Narvik University College, novembre 2005.