

Aménagement d'un parc éolien

Département de l'Aude

Commune de Saint-Ferriol

PIECE 5 Etude de Danger

Réf : 94373 Mars 2014

SOMMAIRE

I	Préambule	7
1	Objectif de l'étude de dangers	8
2	Contexte législatif et réglementaire	8
3	Nomenclature des installations classées	9
II	Informations générales concernant l'installation	10
1	Renseignements administratifs	10
1.1	Présentation du demandeur	10
1.2	Présentation de BayWa r.e	10
1.3	Rédacteurs de l'étude de dangers	11
2	Localisation du site	12
3	Définition de l'aire d'étude	12
III	Description de l'environnement de l'installation	13
1	Environnement humain	13
1.1	Zones urbanisées	13
1.2	Etablissements recevant du public (ERP)	15
1.2.1	Zones commerciales	15
1.2.2	Etablissements sensibles	15
1.2.3	Etablissements touristiques	15
1.3	Installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE) et installations nucléaires de base	15
1.4	Autres activités	15
2	Environnement naturel	15
2.1	Contexte climatique	15
2.1.1	Données climatologiques générales	15
2.1.2	Données climatologiques locales	15
2.2	Risques naturels	16
2.2.1	Sismicité	16
2.2.2	Stabilité	16
2.2.3	Tempêtes	16
2.2.4	Activité orageuse	17
2.2.5	Risque d'incendies, de feux de forêt	17
2.2.6	Inondation	17
3	Environnement matériel	17
3.1	Voies de communication	17
3.2	Réseaux publics et privés	17
3.3	Autres ouvrages publics	17
4	Cartographie de synthèse	19

IV	Description de l'installation	21
1	Caractéristiques de l'installation	21
1.1	Caractéristiques générales d'un parc éolien	21
1.1.1	Éléments constitutifs d'un aérogénérateur	21
1.1.2	Emprise au sol	22
1.1.3	Chemins d'accès	22
1.2	Activité de l'installation	22
1.3	Composition de l'installation	22
2	Fonctionnement de l'installation	24
2.1	Principe de fonctionnement d'un aérogénérateur	24
2.1.1	Arrêt de l'éolienne	24
2.1.2	Arrêt manuel	24
2.1.3	Arrêt manuel d'urgence	24
2.1.4	Absence de vent	25
2.1.5	Tempête	25
2.1.6	Caractéristiques des éoliennes Nordex 100/2500	25
2.2	Sécurité de l'installation	26
2.3	Opérations de maintenance de l'installation	26
2.4	Stockage et flux de produits dangereux	28
3	Fonctionnement des réseaux de l'installation	28
3.1	Raccordement électrique	28
3.1.1	Réseau inter-éolien	28
3.1.2	Poste de livraison et réseau électrique externe	28
3.2	Autres réseaux	28
V	Identification des potentiels de dangers de l'installation	29
1	Potentiels de dangers liés aux produits	29
2	Potentiels de dangers liés au fonctionnement de l'installation	30
3	Réduction des potentiels de dangers à la source	30
3.1	Principales actions préventives	30
3.2	Utilisation des meilleures techniques disponibles	31
VI	Analyse des retours d'expérience	32
1	Inventaire des accidents et incidents en France	32
2	Inventaire des accidents et incidents à l'international	33
3	Inventaire des accidents majeurs survenus sur les sites de l'exploitant	34
4	Synthèse des phénomènes dangereux redoutés issus du retour d'expérience	34
4.1	Analyse de l'évolution des accidents en France	34
4.2	Analyse des typologies d'accidents les plus fréquents	34
5	Limites d'utilisation de l'accidentologie	34

VII Analyse préliminaire des risques	35
1 Objectif de l'analyse préliminaire des risques	35
2 Recensement des événements initiateurs exclus de l'analyse des risques	35
3 Recensement des agressions externes potentielles	35
3.1 Agressions externes liées aux activités humaines	35
3.2 Agressions externes liées aux phénomènes naturels	36
4 Scénarios étudiés dans l'analyse préliminaire des risques	37
5 Effets dominos	39
6 Mise en place des mesures de sécurité	39
7 Conclusion de l'analyse préliminaire des risques	44

VIII *Etude détaillée des risques* 45

1 Rappel des définitions	45
1.1 Cinétique	45
1.2 Intensité	45
1.3 Gravité	46
1.4 Probabilité	46
2 Caractérisation des scénarios retenus	47
2.1 Effondrement de l'éolienne	47
2.1.1 Zone d'effet	47
2.1.2 Intensité	47
2.1.3 Gravité	47
2.1.4 Probabilité	48
2.1.5 Acceptabilité	48
2.2 Chute d'éléments de l'éolienne	49
2.2.1 Zone d'effet	49
2.2.2 Intensité	49
2.2.3 Gravité	49
2.2.4 Probabilité	49
2.2.5 Acceptabilité	49
2.3 Projection de pales ou de fragments de pales	50
2.3.1 Zone d'effet	50
2.3.2 Intensité	50
2.3.3 Gravité	50
2.3.4 Probabilité	51
2.3.5 Acceptabilité	51
2.4 Chute de glace	52
2.4.1 Considérations générales	52
2.4.2 Zone d'effet	52
2.4.3 Intensité	52
2.4.4 Gravité	52

2.4.5 Probabilité	52
2.4.6 Acceptabilité	52
2.5 Projection de glace	53
2.5.1 Zone d'effet	53
2.5.2 Intensité	53
2.5.3 Gravité	53
2.5.4 Probabilité	54
2.5.5 Acceptabilité	54
3 Synthèse de l'étude détaillée des risques	54
3.1 Tableaux de synthèse des scénarios étudiés	54
3.2 Synthèse de l'acceptabilité des risques	55
3.3 Cartographie des risques	56

IX Conclusion 60

X Résumé Non Technique 62

1 Préambule	62
1.1 Objectif de l'étude de dangers	62
1.2 Contexte législatif et réglementaire	62
1.3 Nomenclature des installations classées	62
2 Informations générales concernant l'installation	62
2.1 Renseignements administratifs	62
2.1.1 Présentation du demandeur	62
2.1.2 Rédacteurs de l'étude de dangers	63
2.1.3 Localisation du site	63
2.1.4 Définition de l'aire d'étude	63
3 Synthèse de la description de l'environnement de l'installation	63
4 Description de l'installation	66
4.1 Caractéristiques et fonctionnement de l'installation	66
4.1.1 Caractéristiques générales	66
4.1.2 Sécurité de l'installation	67
4.1.3 Opérations de maintenance de l'installation	67
4.1.4 Stockage et flux de produits dangereux	67
4.2 Fonctionnement des réseaux de l'installation	69
5 Identification des potentiels de dangers de l'installation	69
5.1 Potentiels de dangers liés aux produits	69
5.2 Potentiels de dangers liés au fonctionnement de l'installation	69
5.3 Réduction des potentiels de dangers à la source	69
6 Synthèse des phénomènes dangereux redoutés issus du retour d'expérience	70
6.1 Analyse de l'évolution des accidents en France	70
6.2 Analyse des typologies d'accidents les plus fréquents	70
6.3 Limites d'utilisation de l'accidentologie	70

7	Analyse préliminaire des risques	71
7.1	Objectif de l'analyse préliminaire des risques	71
7.2	Recensement des événements initiateurs exclus de l'analyse des risques	71
7.3	Recensement des agressions externes potentielles	71
7.3.1	Agressions externes liées aux activités humaines	71
7.3.2	Agressions externes liées aux phénomènes naturels	71
7.4	Scénarios étudiés dans l'analyse préliminaire des risques	72
7.5	Effets dominos	72
7.6	Mise en place des mesures de sécurité	72
7.7	Conclusion de l'analyse préliminaire des risques	72
8	Etude détaillée des risques	72
8.1	Rappel des définitions	72
8.2	Synthèse de l'étude détaillée des risques	73
8.2.1	Tableaux de synthèse des scénarios étudiés	73
8.2.2	Synthèse de l'acceptabilité des risques	74
9	Conclusion	74

TABLES DES CARTES, TABLEAUX ET ILLUSTRATIONS

<i>Carte 1 : Situation géographique de l'aire d'étude du projet</i>	12
<i>Carte 2 : « Zone d'étude » et implantation des éoliennes</i>	12
<i>Carte 3 : Communes inscrites dans le rayon d'affichage de 6 km autour des éoliennes</i>	13
<i>Carte 4 : Implantation de l'habitat le plus proche par rapport aux éoliennes</i>	14
<i>Carte 5 : Implantation des éoliennes par rapport aux voies de communication</i>	18
<i>Carte 6 : Synthèse des enjeux au niveau de l'éolienne E1</i>	19
<i>Carte 7 : Synthèse des enjeux au niveau de l'éolienne E2</i>	20
<i>Carte 8 : Synthèse des enjeux au niveau de l'éolienne E3</i>	20
<i>Carte 9 : Synthèse des enjeux au niveau de l'éolienne E4</i>	21
<i>Carte 10 : Composition de l'installation</i>	23
<i>Carte 11 : Cartographie des risques pour E1</i>	56
<i>Carte 12 : Cartographie des risques pour E2</i>	57
<i>Carte 13 : Cartographie des risques pour E3</i>	58
<i>Carte 14 : Cartographie des risques pour E4</i>	59
<i>Carte 15 : Distance des éoliennes au voisinage proche</i>	65
<i>Illustration 1 : Nouveau zonage sismique de la France (www.planseisme.fr)</i>	16
<i>Illustration 2 : Schéma simplifié d'un aérogénérateur</i>	22
<i>Illustration 3 : Arrêt de l'éolienne (source : ENERCON)</i>	24
<i>Illustration 4 : Raccordement électrique des installations</i>	28
<i>Illustration 5 : Répartition des évènements accidentels et de leurs causes premières sur le parc d'aérogénérateurs français entre 2000 et 2011.</i>	32
<i>Illustration 6 : Répartition des évènements accidentels dans le monde entre 2000 et 2011</i>	33
<i>Illustration 7 : Répartition des causes premières d'effondrement</i>	33
<i>Illustration 8 : répartition des causes premières de rupture de pales</i>	33
<i>Illustration 9 : Répartition des causes premières d'incendie</i>	33
<i>Illustration 10 : Evolution du nombre d'incidents annuels en France et nombre d'éoliennes installées</i>	34

I PREAMBULE

En application de la loi n°2010-788 du 12 juillet 2010 portant engagement national pour l'environnement, dite loi Grenelle II, les éoliennes sont désormais soumises au régime des installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE).

L'article 90 de ladite loi précise que « les installations terrestres de production d'électricité utilisant l'énergie mécanique du vent constituant des unités de production telles que définies au 3° de l'article 10 de la loi n°2000-108 du 10 février 2000 relative à la modernisation et au développement du service public de l'électricité, et dont la hauteur des mâts dépasse 50 mètres sont soumises à autorisation au titre de l'article L. 511-2, au plus tard un an à compter de la date de publication de la loi n°2010-788 du 12 juillet 2010 précitée. »

Le décret n°2011-984 du 23 août 2011, modifiant l'article R. 511-9 du Code de l'environnement, crée la rubrique 2980 pour les installations de production d'électricité à partir de l'énergie mécanique du vent et regroupant un ou plusieurs aérogénérateurs. Cette nouvelle réglementation prévoit que, dans le cadre d'une demande d'autorisation d'exploiter, l'exploitant doit réaliser une étude de dangers.

Enfin, 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 prévoit un certain nombre de dispositions par rapport à l'implantation, la construction, l'exploitation et la prévention des risques. Ces prescriptions nationales sont applicables à tous les nouveaux parcs éoliens et, pour partie, aux installations existantes. Elles devront être prises en compte dans le cadre de l'étude de dangers.

Ce dossier présente les différentes étapes de la démarche d'analyse des risques qui sont mises en œuvre dans le cadre de l'étude de dangers du parc éolien de **Saint-Ferriol**, conformément à la réglementation en vigueur et aux recommandations de l'inspection des installations classées. Elles sont énumérées ici dans l'ordre dans lequel elles sont présentées.

1. **Identifier les enjeux pour permettre une bonne caractérisation des conséquences des accidents** (présence et vulnérabilité de maisons, infrastructures, etc.). Cette étape s'appuie sur une description et caractérisation de l'environnement.
2. **Connaître les équipements étudiés pour permettre une bonne compréhension des dangers potentiels qu'ils génèrent.** Cette étape s'appuie sur une description des installations et de leur fonctionnement.
3. **Identifier les potentiels de danger.** Cette étape s'appuie sur une identification des éléments techniques et la recherche de leurs dangers. Suit une étape de réduction / justification des potentiels.
4. **Connaître les accidents qui se sont produits sur le même type d'installation pour en tirer des enseignements** (séquences des événements, possibilité de prévenir ces accidents, etc.). Cette étape s'appuie sur un retour d'expérience (des accidents et incidents représentatifs).
5. **Analyser les risques inhérents aux installations étudiées en vue d'identifier les scénarios d'accidents possibles** (qui se sont produits et qui pourraient se produire). Cette étape utilise notamment les outils d'analyses de risques classiques (tableaux d'Analyse Préliminaire des Risques par exemple).

6. **Caractériser et classer les différents phénomènes et accidents en termes de probabilités, cinétique, intensité et gravité.** C'est l'étape détaillée des risques, avec mise en œuvre des outils de quantification en probabilité et en intensité / gravité.
7. **Réduire le risque si nécessaire.** Cette étape s'appuie sur des critères d'acceptabilité du risque : si le risque est jugé inacceptable, des évolutions et mesures d'amélioration sont proposées par l'exploitant.
8. **Représenter le risque.** Cette étape s'appuie sur une représentation cartographique.
9. **Résumer l'étude de dangers.** Cette étape s'appuie sur un résumé non technique de l'étude de dangers.

1 OBJECTIF DE L'ETUDE DE DANGERS

La présente étude de dangers a pour objet de rendre compte de l'examen effectué par Saint-Ferriol Energies, filiale de BayWa r.e.France SAS, et le Cabinet Ectare pour caractériser, analyser, évaluer, prévenir et réduire les risques du parc éolien de Saint-Ferriol, autant que technologiquement réalisable et économiquement acceptable, que leurs causes soient intrinsèques aux substances ou matières utilisées, liées aux procédés mis en œuvre ou dues à la proximité d'autres risques d'origines interne ou externe à l'installation.

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

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

2 CONTEXTE LEGISLATIF ET REGLEMENTAIRE

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

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

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

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

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

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

3 NOMENCLATURE DES INSTALLATIONS CLASSEES

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

A. – Nomenclature des installations classées			
N°	DÉSIGNATION DE LA RUBRIQUE	A, E, D, S, C (1)	RAYON (2)
2980	Installation terrestre de production d'électricité à partir de l'énergie mécanique du vent et regroupant un ou plusieurs aérogénérateurs :		
	1. Comprenant au moins un aérogénérateur dont le mât a une hauteur supérieure ou égale à 50 m.....	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 parc éolien de Saint-Ferriol comprend 4 aérogénérateurs dont le mât a une hauteur de 80 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.

II INFORMATIONS GENERALES CONCERNANT L'INSTALLATION

1 RENSEIGNEMENTS ADMINISTRATIFS

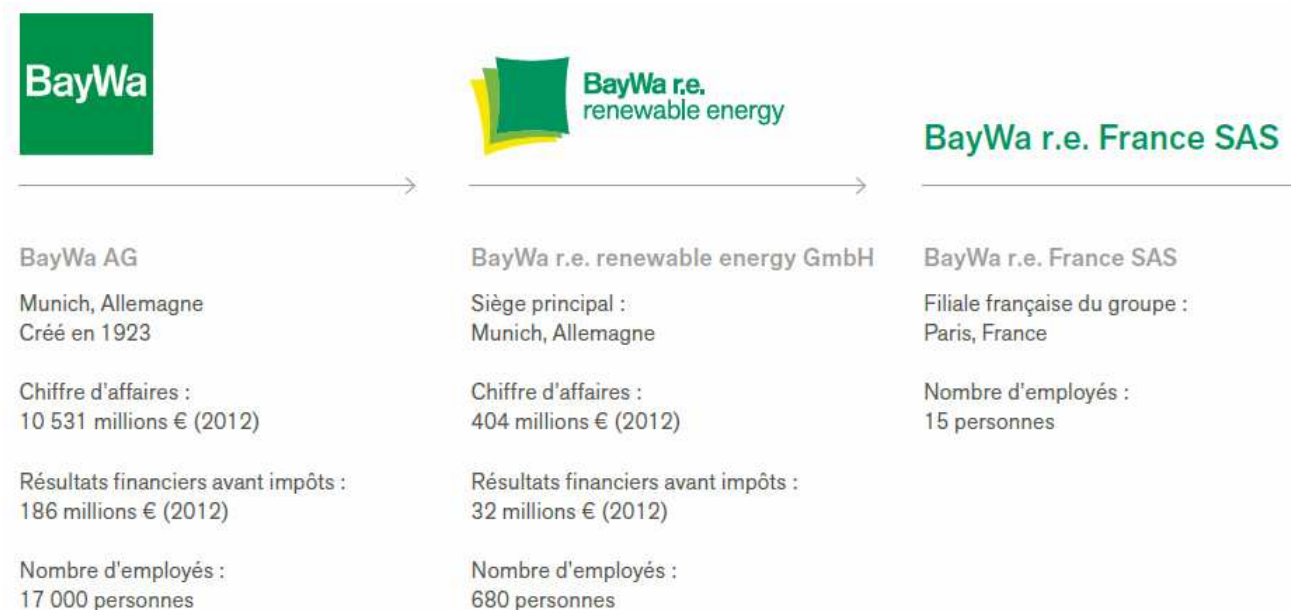
1.1 Présentation du demandeur

La demande est présentée par la société **SAS Saint Ferriol Energies**, domiciliée à Paris et représentée par Can Nalbantoglu en qualité de président. **Maître d'Ouvrage de l'opération envisagée**, cette société dont l'objet est uniquement la construction et l'exploitation du Parc Eolien de Saint-Ferriol est rattachée à BayWa r.e. France SAS.

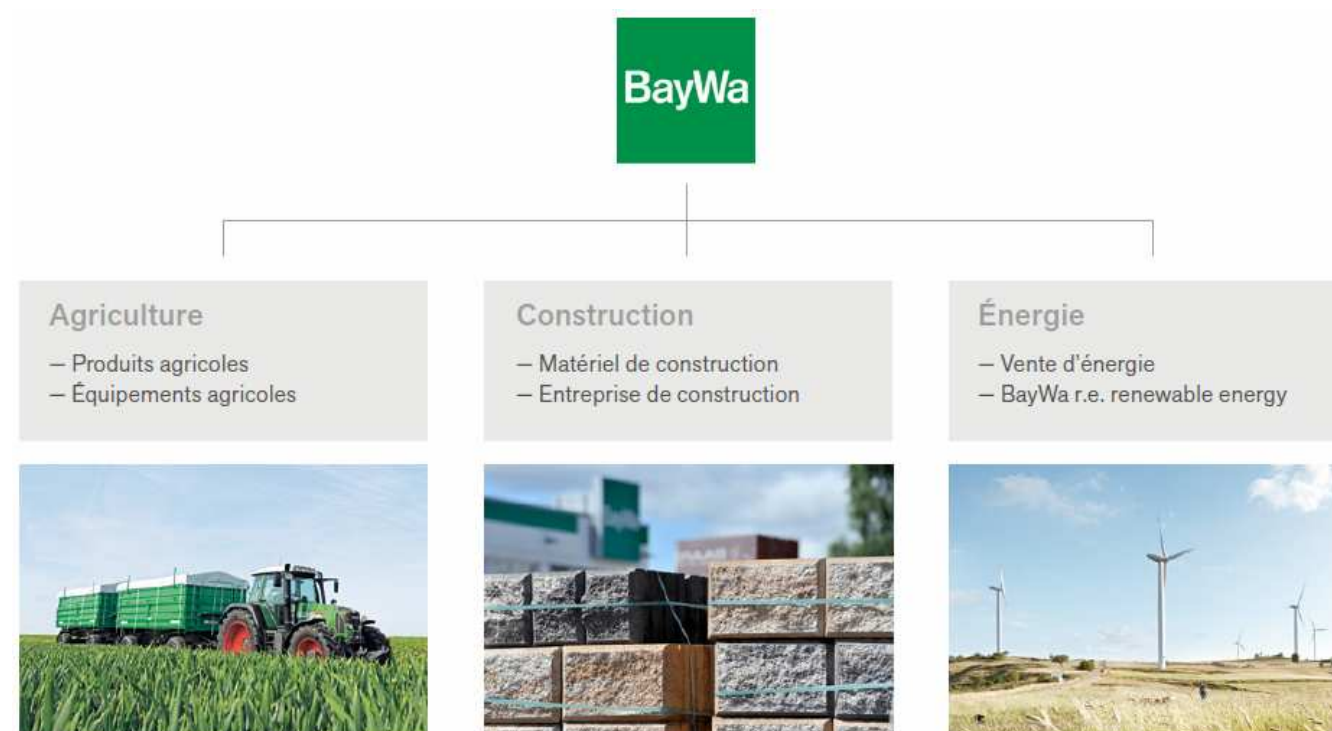
	Filiale	Groupe
Dénomination sociale	Saint-Ferriol Energies	BayWa r.e France
Forme Juridique	SAS	SAS
Capital	2000 €	200 000 euros
Code SIRET	800 546 434 00013	503 450 462 000 26
Code APE	3511Z : Production d'électricité	7112B
RCS	800 546 434 R.C.S. PARIS	Paris B 503 450 462
Nom du Directeur	Can Nalbantoglu	M. Nalbantoglu Can
Coordonnées du siège social	9 Boulevard de Denain 75010 PARIS	50 T Rue de Malte 75011 Paris

1.2 Présentation de BayWa

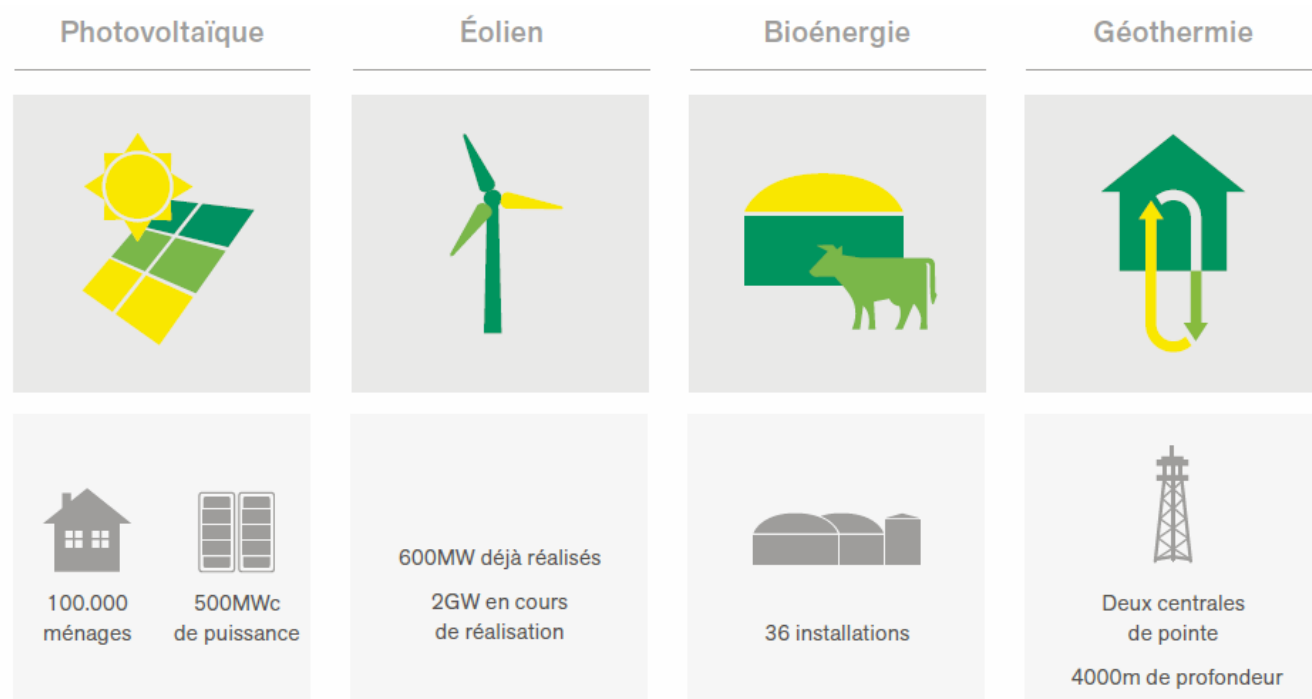
Le groupe BayWa



Champ d'activité de BayWa r.e



Les secteurs d'activité de BayWa r.e



Les prestations de BayWa r.e en France

La France est un marché clé pour BayWa r.e. qui y a débuté ses activités en 2005. Créée en 2008 (sous le nom de RENERCO Energies SAS), BayWa r.e. France SAS, filiale du groupe allemand BayWa r.e. renewable energy GmbH est aujourd'hui devenu un acteur incontournable sur le marché des énergies renouvelables.

BayWa r.e. France conçoit, développe et exploite des projets éoliens et solaires dits « clé en main » en partenariat avec des développeurs locaux. Toutes les étapes d'un projet sont effectivement prises en charge par nos équipes pluridisciplinaires : de la conception au démantèlement, en passant par les études de faisabilité, le développement, le financement, la construction et l'exploitation.

Développement de projets	Financement	Construction	Exploitation et maintenance
Tous les aspects d'un projet : recherche de sites, rencontre avec les élus, les propriétaires et les exploitants, réunions d'information avec les riverains, réalisation des études techniques (faune/flore, potentiel éolien, solaire ...) en collaboration avec des bureaux d'études reconnus, dépôt des demandes d'autorisations (permis de construire, ICPE, ...)	20 ans d'expérience acquise par le groupe BayWa r.e. dans le financement et la planification de projets d'énergies renouvelables.	Définition des besoins et budgets propres à chaque projet. Négociation des différents contrats : raccordement électrique, infrastructure et système de productions (éoliennes, panneaux solaires ...) en mettant à profit l'expérience acquise par le groupe BayWa r.e. Programmation et coordination des différents intervenants. Etant contractant général, notre objectif est de permettre la réception des projets dans le respect des notions de qualité, sécurité, délais et coûts.	Gestions technique et commerciale de parcs éoliens et photovoltaïques : – Surveillance à distance des centrales – Collecte et analyse des données – Suivi des travaux de réparation – Inspections – Rapports mensuels – Facturation, comptabilité – Gestion des relations avec les assurances, les sous-traitants, l'opérateur réseau, les administrations ... – Maintenances préventive et curative de centrales photovoltaïques

BayWa r.e France est une société, qui co-développe des projets, structure le financement, construit et exploite des fermes éoliennes.

Dans cette activité, BayWa r.e. France s'attache régulièrement les services de la société ENERPOLE. ENERPOLE est en effet une société qui développe des projets éoliens dans le cadre d'une maîtrise d'ouvrage déléguée.

ENERPOLE développe actuellement près de 350MW de projets dont 60 à l'étranger et a déposé en juin 2007 son premier permis de construire pour un projet éolien de 22.5 MW.

L'expérience professionnelle des personnes qui composent la société ENERPOLE a permis le développement de près de 500MW de projets éoliens dont 205MW ont été déposés en demande de permis de construire dont plus de 50 MW (5 parcs éoliens) sont actuellement en exploitation.

1.3 Rédacteurs de l'étude de dangers

La présente étude de dangers a été réalisée par :

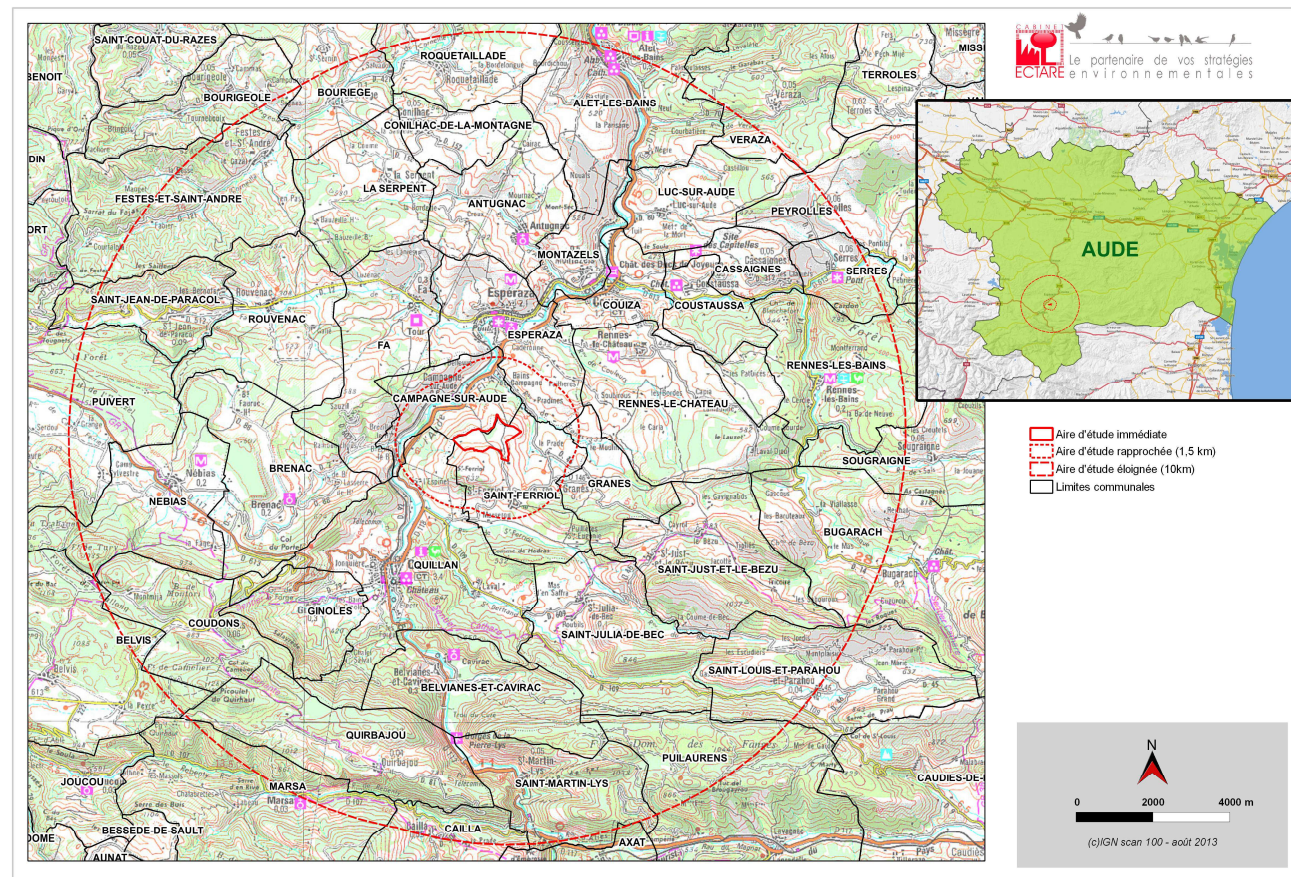
- **Jérôme Segonds**, chef du Pôle Infrastructures au Cabinet ECTARE
- **Lucie Davin**, assistante d'études au Cabinet ECTARE
- **Laurie Debrondeau**, infographiste

2 LOCALISATION DU SITE

Le site étudié pour l'implantation d'un projet de parc éolien se situe sur la commune de Saint-Ferriol, dans la partie sud-ouest du département de l'Aude (11). Il se trouve ainsi dans la région Languedoc-Roussillon.

Le territoire d'étude se situe à 50 km au Sud de la commune de Carcassonne, chef-lieu du département, à 25 km au Sud de Limoux, et à 5 km au nord-est de Quillan. Les terrains étudiés se situent plus précisément sur un secteur de replat entre le sommet du Pech de Saint-Ferriol et une ligne de falaises, dominant la vallée de l'Aude, en partie nord-ouest du territoire communal.

On accède à Saint-Ferriol par la RD118 qui va de Carcassonne à Quillan, via Limoux et qui longe l'Ouest de la commune de Saint-Ferriol. Le site étudié s'intercale entre la route départementale n°509 (prolongée de la RD109) au Sud et la route départementale n°46 à l'Est/Nord-Est, qui rejoignent toutes deux la RD118 et forment une boucle autour du projet.



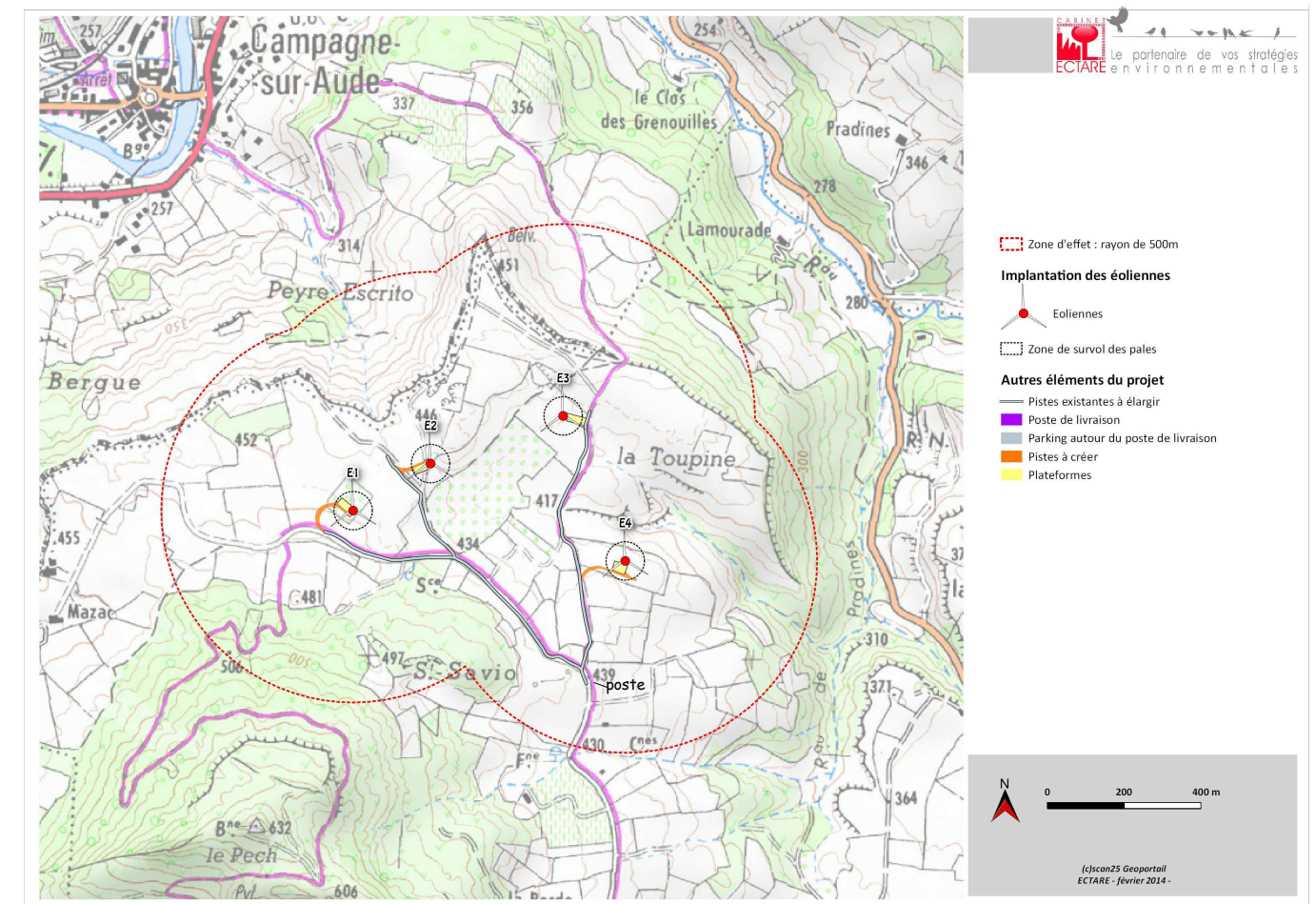
Carte 1 : Situation géographique de l'aire d'étude du projet

3 DEFINITION DE L'AIRES D'ETUDE

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

Chaque aire d'étude correspond à l'ensemble des points situés à une distance inférieure ou égale à 500 m à partir de l'emprise du mât de l'aérogénérateur. Cette distance équivaut à la distance d'effet retenue pour les phénomènes de projection, telle que définie au paragraphe VIII.2.3.

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



Carte 2 : « Zone d'étude » et implantation des éoliennes

III DESCRIPTION DE L'ENVIRONNEMENT DE L'INSTALLATION

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

1 ENVIRONNEMENT HUMAIN

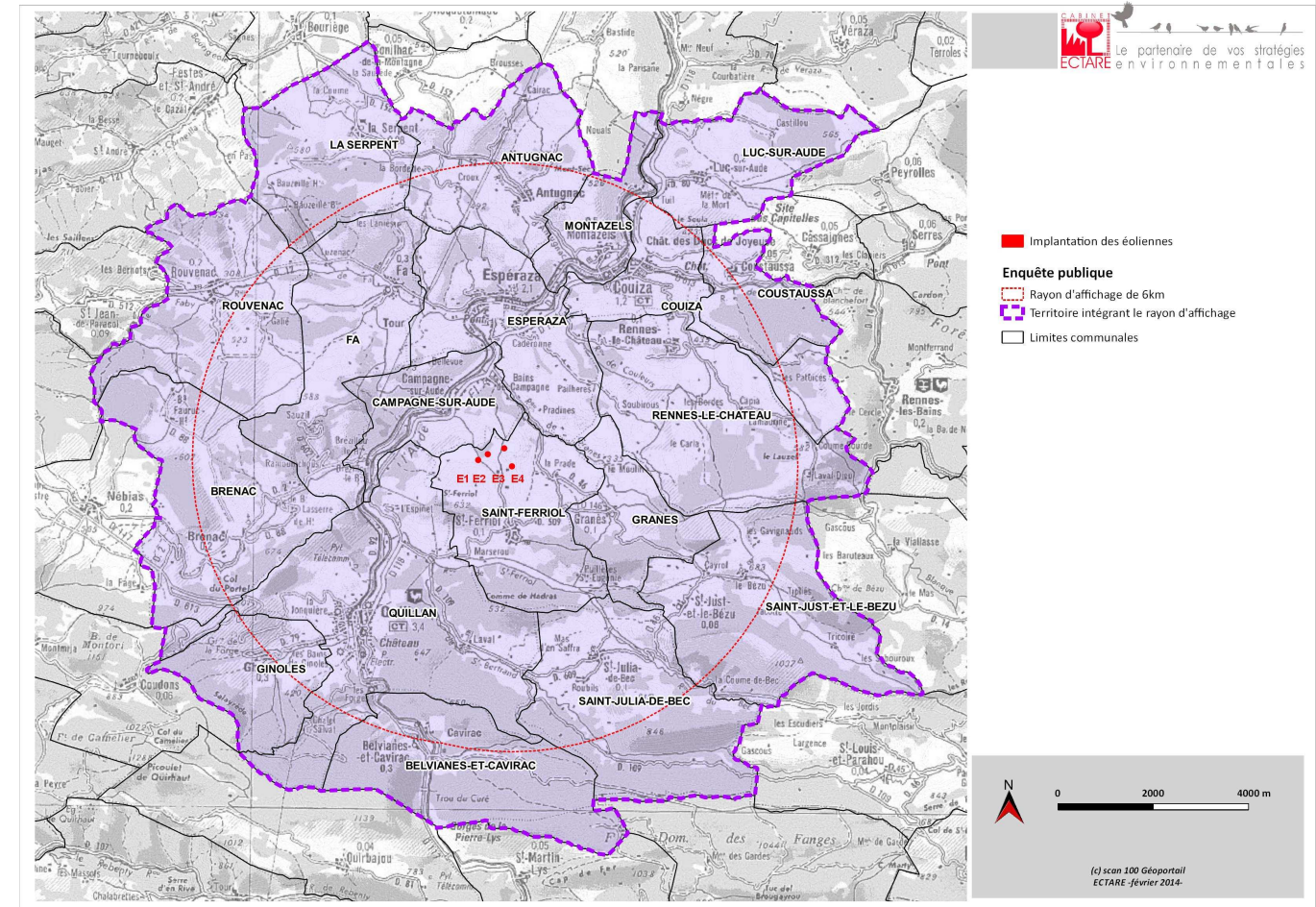
1.1 Zones urbanisées

Le périmètre de 6 km retenu comme rayon d'affichage dans le cadre du dossier ICPE intègre les foyers d'urbanisation suivants :

Commune	Département	Densité moyenne de population (hab/km ²)	Nombre d'habitants (en 2009)	Orientation par rapport aux éoliennes objets du dossier	Distance entre les éoliennes et les limites communales (en m)
Saint-Ferriol	Aude	14,6	144	Toutes les éoliennes sont sur le territoire	
Quillan		159,8	3352	sud-ouest	780/ E1
Espérasa		196,1	2063	nord	1030/ E3
Campagne-sur-Aude		109,2	652	nord-ouest	148/E2
Granès		23	124	Sud-est	2000/E4
Fa		30,7	352	nord-ouest	2300/E1
Rennes-le-Château		5,6	82	est	2870/E4
Antugnac		33,8	321	nord	11300/E3
Montazels		115,3	506	nord-est	4670/E3
Couiza		174	1178	nord-est	4100/E3
Coustaussa		12,3	55	nord-est	6640/E3
Luc-sur-Aude		25,7	197	nord-est	8000/E3
Alet-les-Bains		18,5	436	nord	8300/E3
La Serpent		8,2	79	nord-ouest	5600/E1
Rouvenac		16,7	204	nord-ouest	3900/E1
Brenac		14,5	198	ouest	2890/E1
Ginols		58,3	360	sud-ouest	4900/E1
Belvianes-et-Cavirac	24,7	288	sud	5020/E1	
Saint-Julia-de-Bec	7,7	107	sud-est	4300/E4	
Saint-Just-et-le-Bezu	4,9	67	sud-est	4700/E4	

Tableau 1: Liste des communes concernées par le projet

*Communes limitrophes du parc éolien



Carte 3 : Communes inscrites dans le rayon d'affichage de 6 km autour des éoliennes

La commune de Saint-Ferriol est une commune rurale qui ne compte que très peu d'habitants.. Le secteur d'étude se situe hors de toute zone urbaine.

La grande majorité des communes du secteur d'étude présentent également très peu d'habitants.

Globalement, la zone d'étude est très peu peuplée. La population se concentre surtout au niveau des centres-bourgs de Quillan et Espérasa.

La densité de la population, de 14,6 habitants au km² en 2009 à Saint-Ferriol, est largement inférieure à celle du canton (Communauté de communes d'Aude en Pyrénées : 46,6 hab/km²), ainsi qu'à celle du département (57,7 hab/km²), déjà très en dessous de la moyenne nationale (101,1 hab/km²).

Globalement, les densités de population de l'ensemble des communes de l'aire d'étude sont très faibles.

L'habitat est relativement caractéristique d'une zone rurale et est représentatif de la population et de son évolution. Ainsi, on compte à Saint-Ferriol 99 logements pour 144 habitants, soit environ 1 logement pour 1,5 habitants.

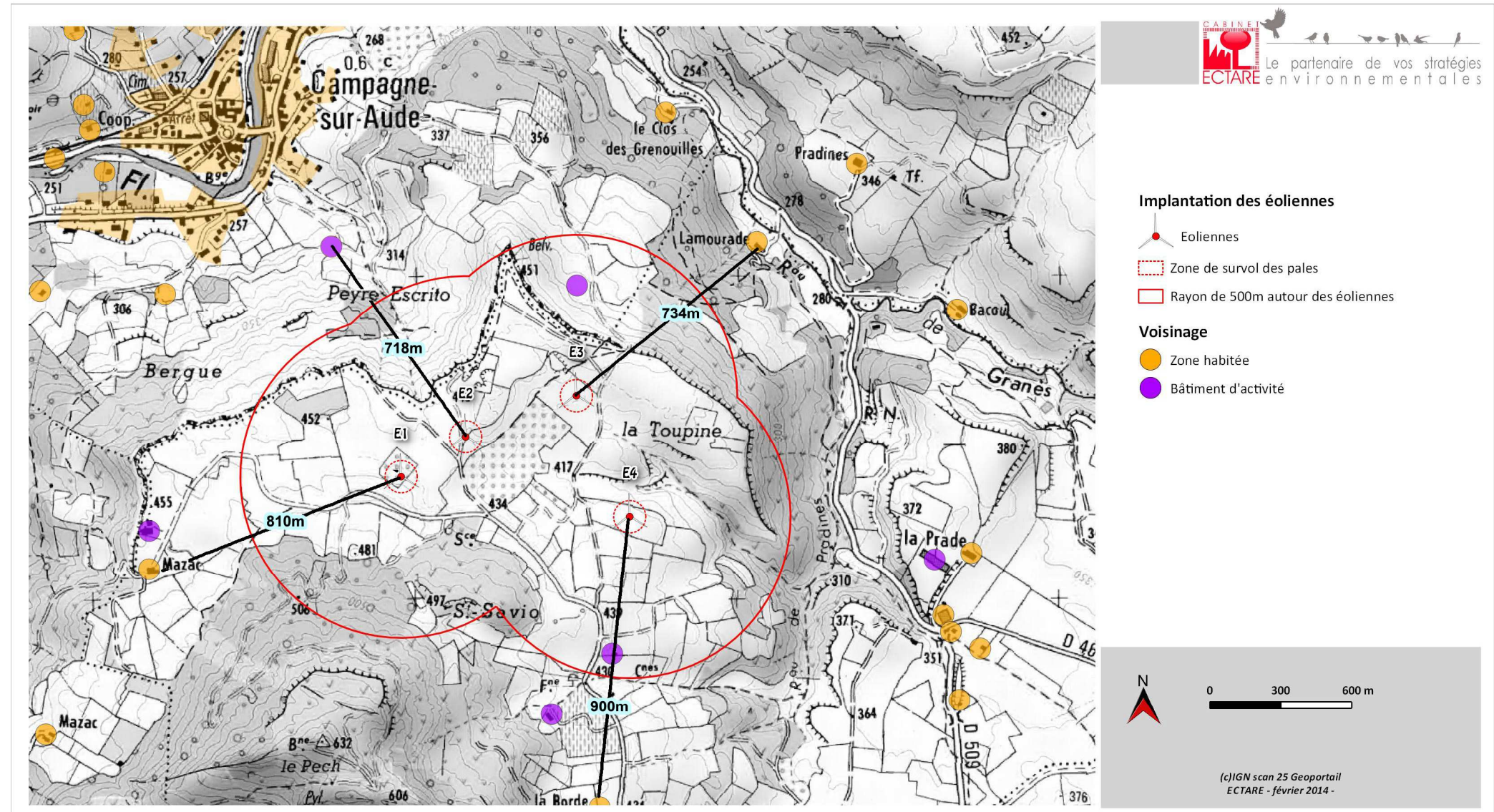
L'habitat est majoritairement concentré dans le bourg de Saint-Ferriol, puis dispersé en petits hameaux.

Les maisons individuelles dominent largement face aux logements collectifs qui restent rares (3%). Cette forme d'habitat favorise la dispersion de la population sur le territoire.

Aucune zone urbanisée n'est présente au droit de la zone d'étude. En effet, les éoliennes de Saint-Ferriol s'implanteront à une distance minimale de 730 m de la première habitation. Cette distance est mesurée entre l'éolienne E1 et le lieu-dit Mazac (qui n'est pas en fait une habitation mais un bâtiment - chenil), et l'éolienne E3 avec l'habitation au lieu-dit Lamourade.

Les parcelles foncières du projet éolien appartiennent à des propriétaires privés. Conformément au Règlement National d'Urbanisme, **aucune zone à urbaniser n'est présente sur la zone d'étude.**

La carte ci-dessous matérialise ces informations et permet de connaître les distances les plus proches des éoliennes aux habitations.



Carte 4 : Implantation de l'habitat le plus proche par rapport aux éoliennes

1.2 Etablissements recevant du public (ERP)

1.2.1 Zones commerciales

Le site Internet <http://www.zones-activites.net> ne recense **aucune zone d'activités économiques majeures dans le périmètre d'étude.**

Les zones d'activités les plus proches sont une zone industrielle à Espéraza (situées à 3 km au nord du parc éolien).

1.2.2 Etablissements sensibles

Les établissements sensibles sont les crèches, les écoles (maternelles et élémentaires), les collèges et les lycées ainsi que les établissements hébergeant des enfants handicapés, les établissements de soins et les maisons de retraite.

Il n'existe aucun établissement sensible dans la zone d'étude de 500m.

1.2.3 Etablissements touristiques

Il n'existe aucun établissement accueillant des touristes dans la zone d'étude des 500 m retenue.

La fréquentation touristique sur le site même d'implantation se résume aux sentiers de randonnées et au belvédère sur la vallée de l'Aude. Le site d'étude est traversé du Nord au Sud, dans sa partie Est, par un sentier balisé menant du bourg de Saint-Ferriol à celui de Campagne sur Aude. Sur toute la bordure Nord du périmètre immédiat, limité par la barre rocheuse, un chemin non balisé longe la falaise et surplombe la vallée de l'Aude. Le long de ce parcours se trouve un belvédère dominant la vallée de l'Aude.

1.3 Installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE) et installations nucléaires de base

Aucun établissement SEVESO et aucune installation nucléaire de base (INB) ne sont présents dans les limites de la zone d'étude.

Aucune éolienne n'est présente dans la zone d'étude ni à ses abords.

Aucune carrière, aucune installation agricole n'est présente à moins de 500 mètres des éoliennes.

1.4 Autres activités

La zone d'étude ne présente pas d'autres activités.

La base de données des Anciens Sites Industriels et Activités de Service (BASIAS)¹ et le site Internet du MEEDDTL² ont également été consultés. Aucun site BASIAS n'est recensé dans le périmètre

¹ Site du BRGM recensant les sites potentiellement pollués par département (<http://basias.brgm.fr>)

² Site répertoriant dans sa base de données BASOL les sites et sols (potentiellement) pollués appelant une action des pouvoirs publics à titre préventif ou curatif (<http://basol.environnement.gouv.fr>)

d'étude. Le site BASIAS le plus proche, à environ 1 km de l'éolienne la plus proche (E3), n'est plus en activité.

En revanche, il existe actuellement sur la zone d'étude des activités agricoles. L'exercice de cette activité se poursuivra en dehors des zones défrichées.

2 ENVIRONNEMENT NATUREL

2.1 Contexte climatique

Source : site Météo-France, base de données Météorage, Dossier Départemental des Risques Majeurs du département de l'Aude.

2.1.1 Données climatologiques générales

L'aire d'étude éloignée est implantée au sud-ouest du département de l'Aude. Le climat dominant de ce département reste de type méditerranéen, mais sa position dans l'axe du seuil de Naurouze, qui marque la limite entre bassins aquitain et méditerranéen, rend sa partie occidentale, au sein duquel se trouve l'aire d'étude immédiate, très perméable aux influences océaniques.

Au Sud, la proximité de la chaîne pyrénéenne apporte une pluviométrie abondante et un climat tempéré.

2.1.2 Données climatologiques locales

La commune de Saint-Ferriol est donc sous un climat à dominante méditerranéenne, à influence océanique.

Malgré la proximité avec la Méditerranée (60 km) et sa grande influence sur la région, il arrive que les gelées soient fortes dans le secteur d'étude, avec des températures se situant souvent entre -5 et -9 °C, et des minimales autour de -13 à -15°C. L'été, du fait de sa situation encaissée où les vents dominants n'ont que peu d'influence, les températures arrivent fréquemment au niveau des 30°C.

Les hauteurs de pluie enregistrées au niveau des stations les plus proches varient entre 640 mm/an à Limoux et 770 mm/an à Villebazy. Les précipitations sont assez importantes du fait de la proximité avec les Pyrénées.

La région est également parfois soumise à des vents violents qui s'y manifestent 86 jours par an, plus fréquemment durant les mois de février à avril. Les vents soufflent peu dans les vallées, plus en altitude. Les vents dominants sont la Tramontane de Nord-Ouest et le Marin, ou l'Autan de Sud Sud Est.

La vitesse moyenne enregistrée lors de la campagne de mesures de vent pour le mât sur site permet de conclure à une vitesse moyenne sur la zone de 4.8 m/s à 50m. D'une manière générale, les vents sont d'origine Nord-Ouest. Cette vitesse de vent, relevée sur une longue période, indique que la zone de Saint-Ferriol possède un potentiel de vent certain et intéressant.

2.2 Risques naturels

2.2.1 Sismicité

Dans la nomenclature des zones de sismicité (décret n° 2010-1255 du 22 octobre 2010 portant délimitation des zones de sismicité du territoire français et décret n° 2010-1254 du 22 octobre 2010 relatif à la prévention du risque sismique), la commune de Saint-Ferriol se trouve en zone de sismicité 3 (modérée).

Cette zone correspond à une zone dans laquelle il existe des prescriptions parasismiques particulières pour certaines catégories de bâtiments (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 »).

Dans le cadre du projet, au regard du type d'infrastructure envisagée (éolienne) aucune règle de protection particulière n'est à appliquer dans les constructions.

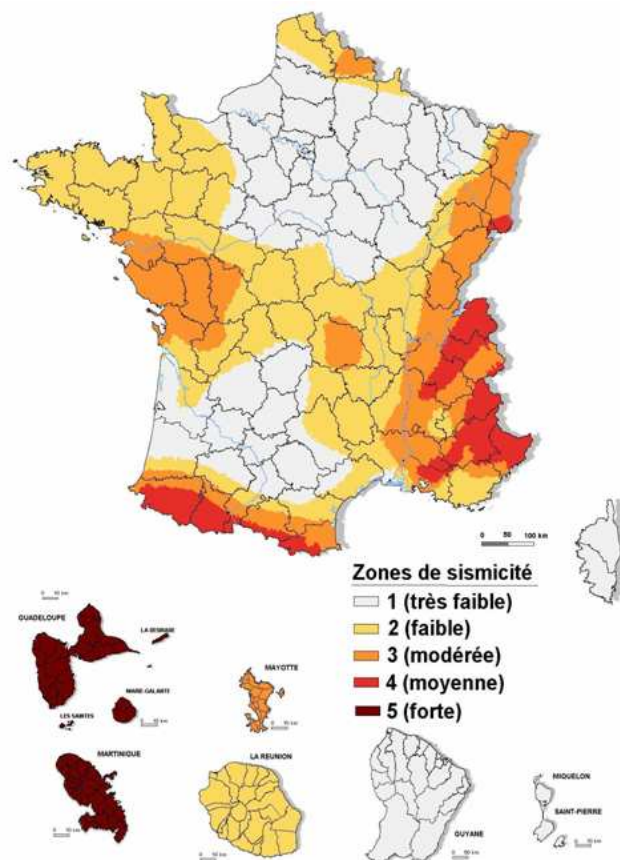


Illustration 1 : Nouveau zonage sismique de la France (www.planseisme.fr)

Plusieurs épicentres sont recensés dans le département de l'Aude mais il n'y a pas de séisme local recensé dans les communes de l'aire d'étude rapprochée ressentis à moins de 40 km.

Les risques liés aux séismes ne seront donc pas considérés comme une source potentielle extérieure de danger et ne seront pas retenus dans la suite de l'étude.

2.2.2 Stabilité

Trois éléments sont recensés et cartographiés par le BRGM et sont susceptibles d'influencer la stabilité : le retrait-gonflement des argiles, les mouvements de terrains et les cavités souterraines.

• Aléa retrait-gonflement des argiles

L'aléa retrait-gonflement des argiles a été cartographié sur le territoire de Saint-Ferriol. L'AEI est classée en zone d'aléa faible à fort.

Dans ces zones, selon l'importance de l'aléa, afin d'éviter tout désordre au droit des bâtiments, des prescriptions sont faites pour les constructions, notamment au droit des fondations.

la profondeur des fondations doit tenir compte de la capacité de retrait du sous-sol. Seule une étude géotechnique spécifique est en mesure de déterminer précisément cette capacité. Toutefois, à titre indicatif, on considère que cette profondeur d'ancrage, qui doit être au moins égale à celle imposée par la mise hors gel, doit atteindre au minimum 0,80 m en zone d'aléa faible à moyen et 1,20 m en zone d'aléa fort.

• Mouvements de terrain

L'aire d'étude immédiate, qui se développe sur un secteur relativement plat d'un pech, ne se situe pas dans un secteur particulièrement instable.

Cependant, un mouvement de terrain est recensé en limite de zone d'implantation : un éboulement a pu être observé à Campagne-sur-Aude en 2000, en limite de l'aire d'étude immédiate, au niveau de la barre rocheuse au Nord-Ouest du projet (coordonnées : X : 589310 Y : 1767195 - Lambert II étendu métrique -, identifié n°61100185 par le BRGM). Avec un volume de 10 m³ il s'est propagé sur une amplitude de 200m et 40m de dénivelé.

• Cavités souterraines

Aucune cavité souterraine abandonnée d'origine non minière n'est recensée au sein de l'aire d'étude immédiate, et dans les communes de l'aire d'étude rapprochée (rayon de 1,5 km).

La cavité naturelle la plus proche est située à plus de 2 km sur la commune de Rennes-le-Château, qui dénombre 13 cavités (aven, grotte, ou orifice isolé).

2.2.3 Tempêtes

Une tempête a fait l'objet d'un arrêté de catastrophe naturelle sur les communes de l'aire d'étude rapprochée (événement du 6 au 10 novembre 1982 avec un arrêté du 18/11/1982).

La problématique de « tempête » sera considérée comme une source potentielle extérieure de danger et sera retenue dans la suite de l'étude.

2.2.4 Activité orageuse

L'activité orageuse est définie par deux paramètres :

- le niveau kéraunique (Nk) = nombre de jours par an où l'on entend gronder le tonnerre,
- la densité d'arcs (Da) = nombre d'arcs, par kilomètre-carré et par an.

La base de données statistiques METEORAGE indique les valeurs suivantes :

	Da
Saint- Ferriol	1,12
Moyenne France	1,55

Les chiffres communaux montrent que le secteur est au-dessous de la moyenne nationale en nombre de jour d'orage par an et en intensité. Ceci illustre le fait que le secteur n'est pas particulièrement soumis aux phénomènes orageux.

Les risques liés à l'activité orageuse ne seront donc pas considérés comme une source potentielle extérieure de danger et ne seront pas retenus dans la suite de l'étude.

2.2.5 Risque d'incendies, de feux de forêt

Les feux de forêts sont des sinistres qui se déclarent et se propagent dans des formations, d'une surface minimale d'un hectare pouvant être :

- des forêts : formations végétales, organisées ou spontanées, dominées par des arbres et des arbustes, d'essences forestières, d'âges divers et de densité variable ;
- des formations sub-forestières : formations d'arbres feuillus ou de broussailles appelées maquis (formation végétale basse, fermée et dense, poussant sur des sols silicieux) ou garrigue (formation végétale basse, ouverte et poussant sur des sols calcaires).

Deux ensembles de forêts fermées mélangées de feuillus et résineux sont présents aux pointes nord-est et sud de l'AEI. Le site d'étude (aire d'étude immédiate) est un espace ouvert agricole, composé de pelouses sèches, friches et jachères, vergers et vignes.

L'aléa feu de forêt peut être considéré comme une source potentielle extérieure de danger.

2.2.6 Inondation

Le risque inondation n'est pas identifié sur la commune de Saint-Ferriol.

L'aléa inondation ne sera donc pas considéré comme une source potentielle extérieure de danger.

3 ENVIRONNEMENT MATERIEL

3.1 Voies de communication

Aucun axe important de communication, d'ordre national ou départemental n'est présent dans les limites de la zone d'étude de 500 mètres autour des 4 éoliennes. La route la plus proche est la RD509, située à environ 900 m à l'est de l'éolienne la plus proche (E4).

Une **voie communale**, reliant le bourg de Saint-Ferriol à l'AEI, traverse également cette dernière d'est en ouest en direction du lieu-dit « Mazac ».

Plusieurs chemins sont présents dans les limites de la zone d'étude de 500 mètres autour des 4 éoliennes :

- un chemin non balisé qui longe la falaise et surplombe la vallée de l'Aude,
- un sentier balisé (sentier du Pech de Saint-Ferriol), traversant le site d'étude du Nord au Sud, dans sa partie Est, reliant le bourg de Saint-Ferriol à celui de Campagne sur Aude
- plusieurs autres chemins en terre sur l'AEI qui peuvent être empruntés par des promeneurs.

Environ 14,6 km de **chemins** passent à moins de 500 mètres des éoliennes, dont 2740 m de voirie communale (carrossable), 6250 m de chemins ruraux et 5630 m de sentier balisé.

Aucun transport ferroviaire n'est présent dans les limites de la zone d'étude.

Aucun transport fluvial n'est présent dans les limites de la zone d'étude.

Aucun transport aérien n'est présent dans les limites de la zone d'étude.

Sur la zone d'étude, un sentier balisé est présent.

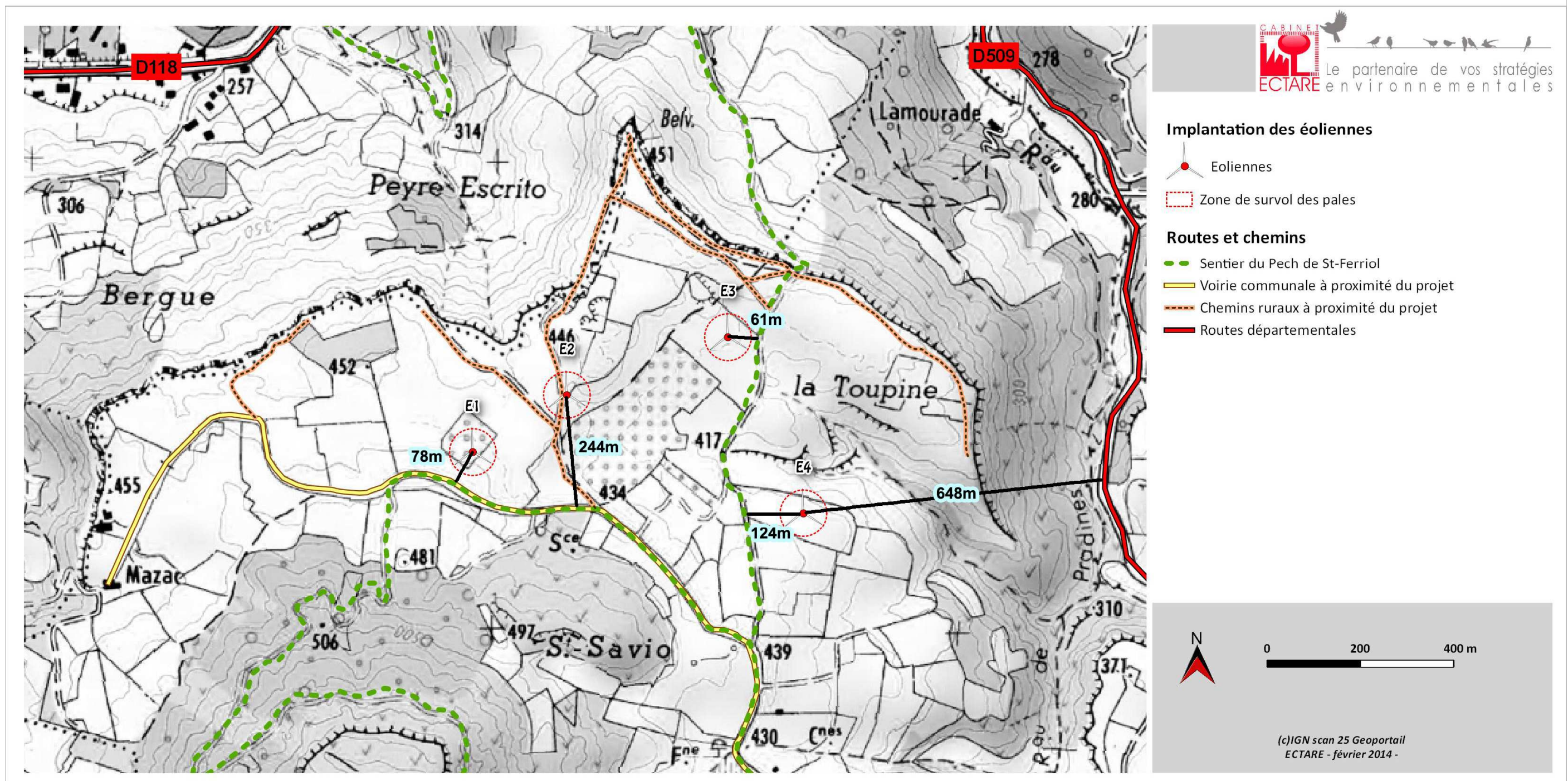
3.2 Réseaux publics et privés

Aucun périmètre de protection de captage d'eau potable, ni aucune canalisation de gaz ne se trouve au sein de la zone d'étude de 500 m autour des éoliennes.

Ces risques ne seront donc pas pris en compte dans le reste de l'étude de danger.

3.3 Autres ouvrages publics

Aucun autre ouvrage public n'est recensé au droit de la zone d'étude.



Carte 5 : Implantation des éoliennes par rapport aux voies de communication

4 CARTOGRAPHIE DE SYNTHESE

La carte ci-dessous matérialise les principaux enjeux identifiés. Ces derniers sont listés dans le document intitulé la méthode de comptage des enjeux humains dans chaque secteur. Elle se base sur la fiche n°1 de la circulaire du 10 mai 2010 relative aux règles méthodologiques applicables aux études de dangers.

Dans le cadre du projet de Saint-Ferriol, en l'absence au sein de la zone d'étude :

- ↳ de zones urbanisées
- ↳ d'ERP
- ↳ d'ICPE
- ↳ d'installations nucléaires de base
- ↳ de captages AEP et de périmètre de protection
- ↳ de lignes d'installations publiques non enterrées
- ↳ d'autres ouvrages publics

La carte de synthèse fait apparaître :

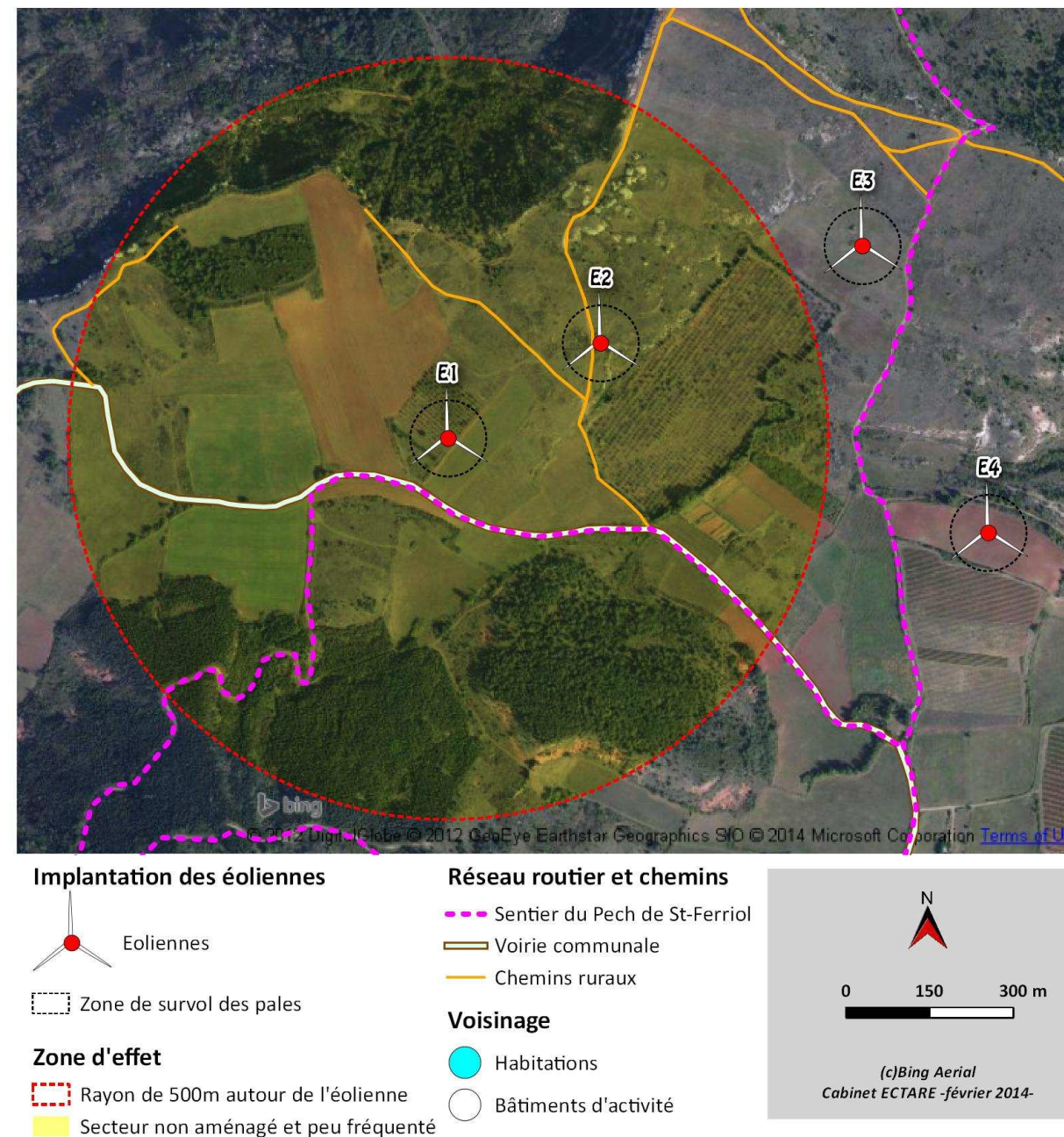
- ↳ les voies de communications (voie communale),
- ↳ le sentier balisé traversant la zone d'étude,
- ↳ les chemins ruraux en terre parcourant le site,
- ↳ le nombre de personnes exposées par secteur :

Eolienne	Voies de communication		Nombre de personnes potentiellement présentes dans le secteur ***
	Terrains non aménagés et très peu fréquentés (ha)*	voiries (m) **	
E1	78.5	Voirie : 1000 m Chemins : 1162 m Sentier : 1212 m	3,2
E2	78.5	Voirie : 810 m Chemins : 1968 m Sentier : 1425 m	3,6
E3	78.5	Voirie : 218 m Chemins : 2410 m Sentier : 1375 m	3,5
E4	78.5	Voirie : 712 m Chemins : 710 m Sentier : 1614 m	4

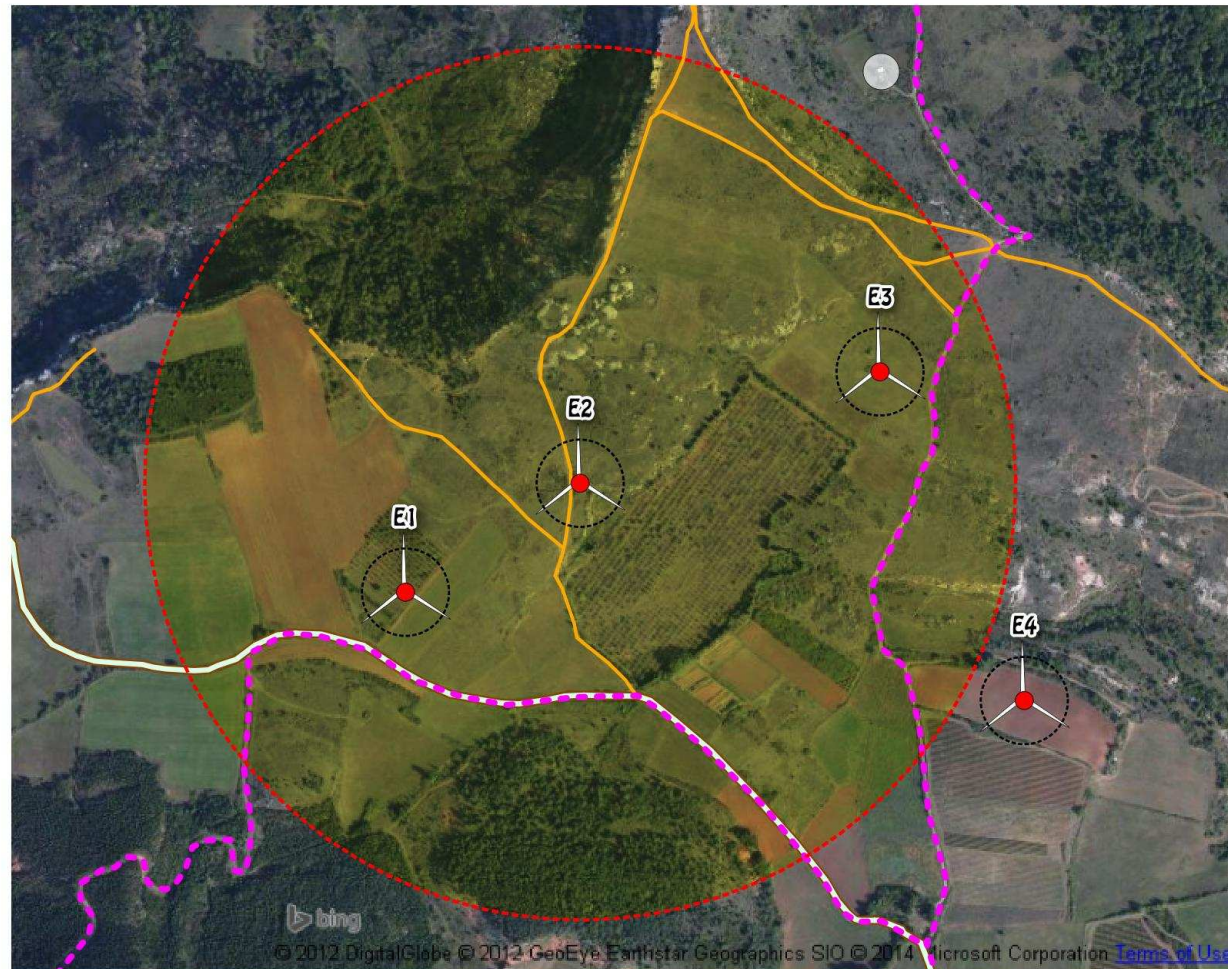
Tableau 2 : Tableau du nombre de personne exposées par secteur par éolienne

*Afin de conserver une approche majorante, la surface comptabilisée correspond à la surface de la zone d'étude. Les surfaces des chemins et des plateformes n'ont donc pas été soustraites.

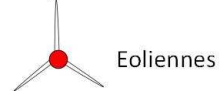
** Correspond aux, routes communales et chemins carrossables



Carte 6 : Synthèse des enjeux au niveau de l'éolienne E1



Implantation des éoliennes



Zone de survol des pales

Zone d'effet

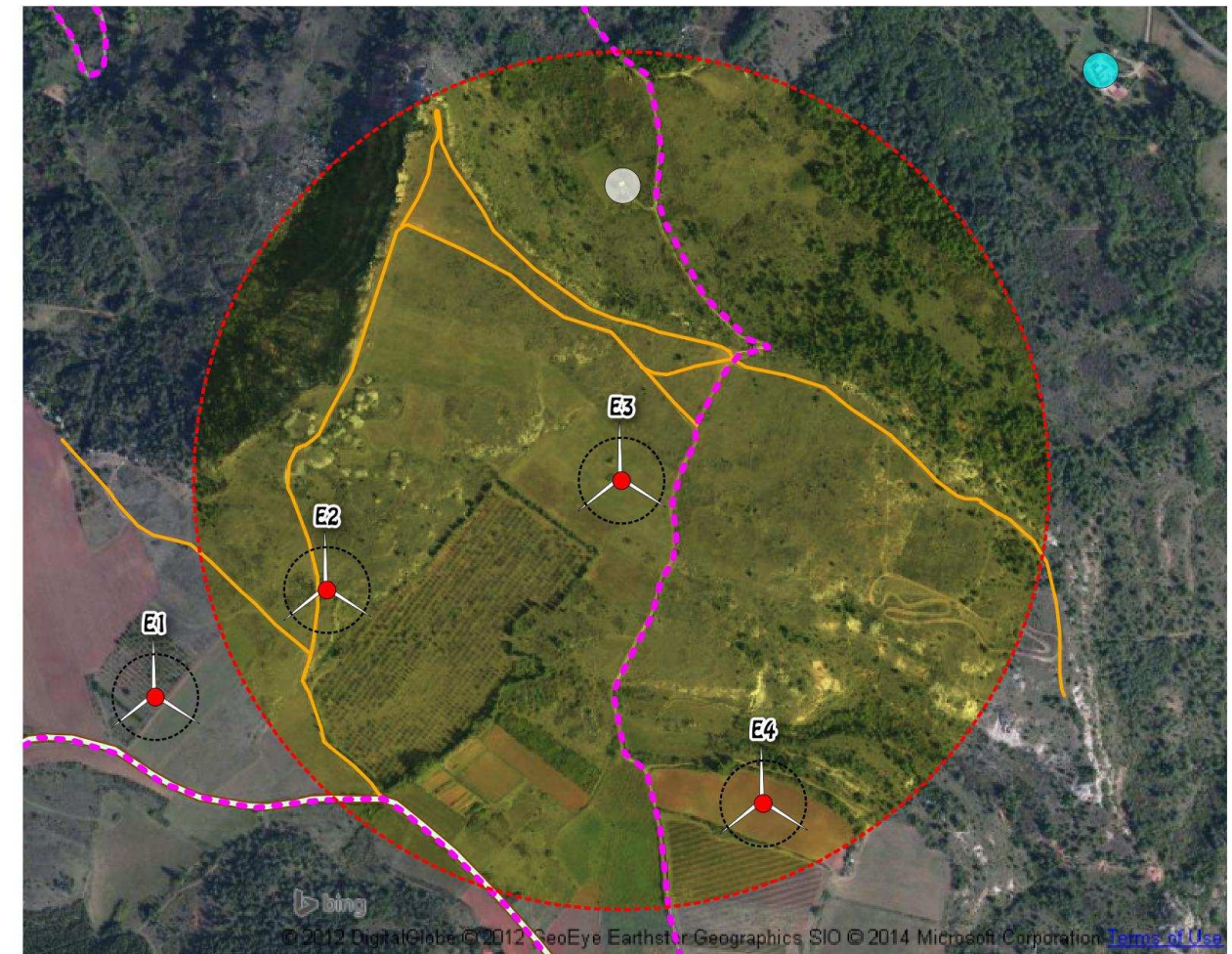
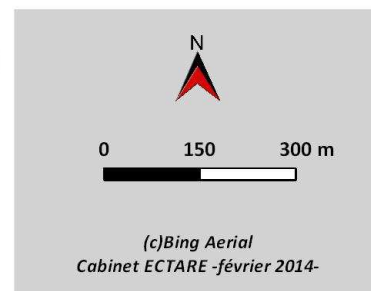
- Rayon de 500m autour de l'éolienne
- Secteur non aménagé et peu fréquenté

Réseau routier et chemins

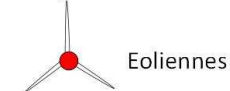
- Sentier du Pech de St-Ferriol
- Voirie communale
- Chemins ruraux

Voisinage

- Habitations
- Bâtiments d'activité



Implantation des éoliennes



Zone de survol des pales

Zone d'effet

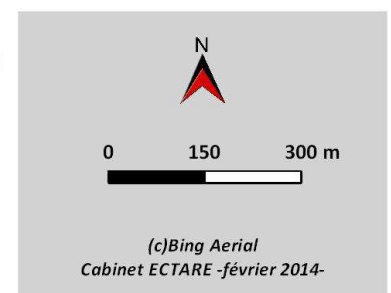
- Rayon de 500m autour de l'éolienne
- Secteur non aménagé et peu fréquenté

Réseau routier et chemins

- Sentier du Pech de St-Ferriol
- Voirie communale
- Chemins ruraux

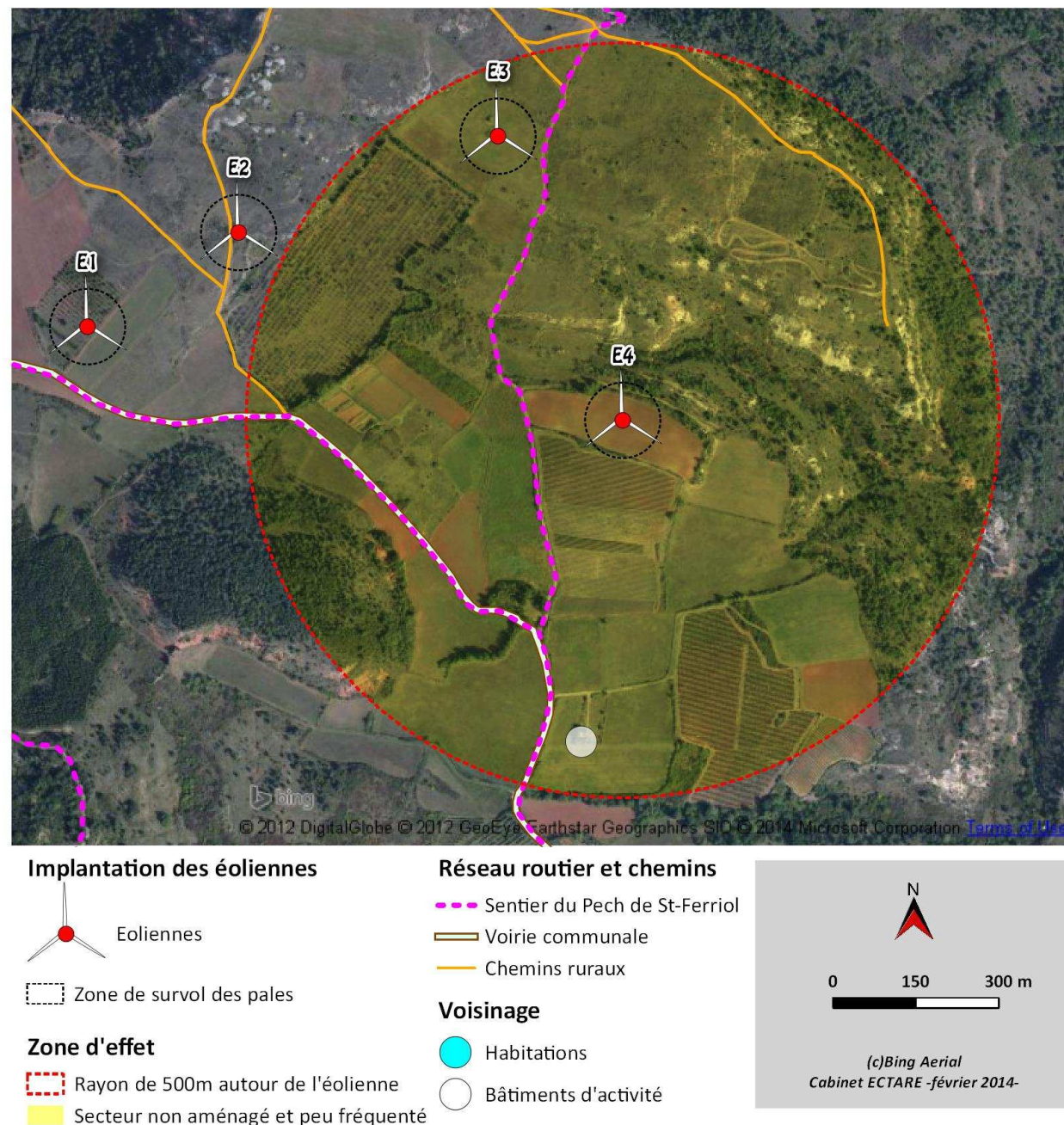
Voisinage

- Habitations
- Bâtiments d'activité



Carte 7 : Synthèse des enjeux au niveau de l'éolienne E2

Carte 8 : Synthèse des enjeux au niveau de l'éolienne E3



Carte 9 : Synthèse des enjeux au niveau de l'éolienne E4

IV DESCRIPTION DE L'INSTALLATION

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

1 CARACTERISTIQUES DE L'INSTALLATION

1.1 Caractéristiques générales d'un parc éolien

Un parc éolien est une centrale de production d'électricité à partir de l'énergie du vent. Il est composé de plusieurs aérogénérateurs et de leurs annexes (cf. schéma du raccordement électrique au paragraphe 3.1) :

- 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 poste de livraison électrique, concentrant l'électricité des éoliennes et organisant son évacuation vers le réseau public d'électricité au travers du poste source local (point d'injection de l'électricité sur le réseau public),
- un réseau de câbles enterrés permettant d'évacuer l'électricité regroupée au(x) poste(s) de livraison vers le poste source (appelé « réseau externe » et appartenant le plus souvent au gestionnaire du réseau de distribution d'électricité),
- un réseau de chemins d'accès,
- éventuellement des éléments annexes type mât de mesure de vent, aire d'accueil du public, aire de stationnement, etc.

1.1.1 Eléments constitutifs d'un aérogénérateur

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

Les aérogénérateurs se composent de trois principaux éléments :

- **Le rotor** qui est composé de trois pales (pour la grande majorité des éoliennes actuelles) construites en matériaux composites et réunies au niveau du moyeu. Il se prolonge dans la nacelle pour constituer l'arbre lent.

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

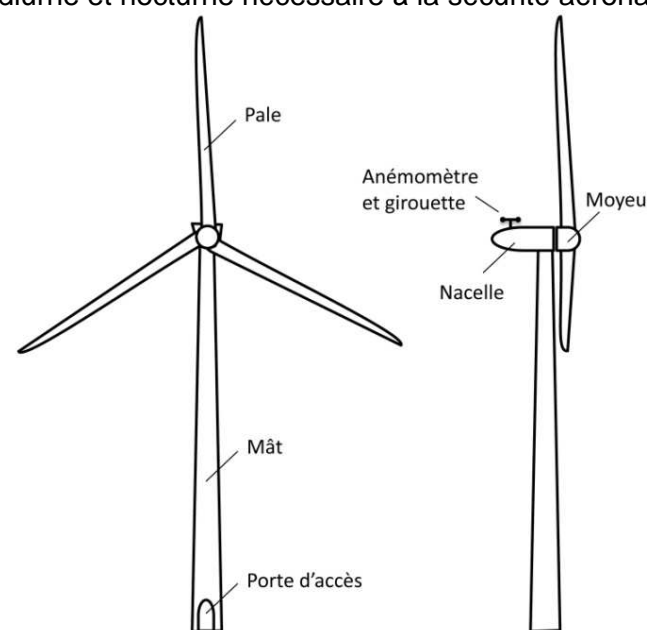


Illustration 2 : Schéma simplifié d'un aérogénérateur

1.1.2 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° d u 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.

1.1.3 Chemins d'accès

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

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

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

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

1.2 Activité de l'installation

L'activité du parc éolien de Saint-Ferriol est la production d'électricité à partir de l'énergie mécanique du vent avec une hauteur (mât + nacelle) de 130 m. Cette installation est donc soumise à la rubrique 2980 des installations classées pour la protection de l'environnement.

1.3 Composition de l'installation

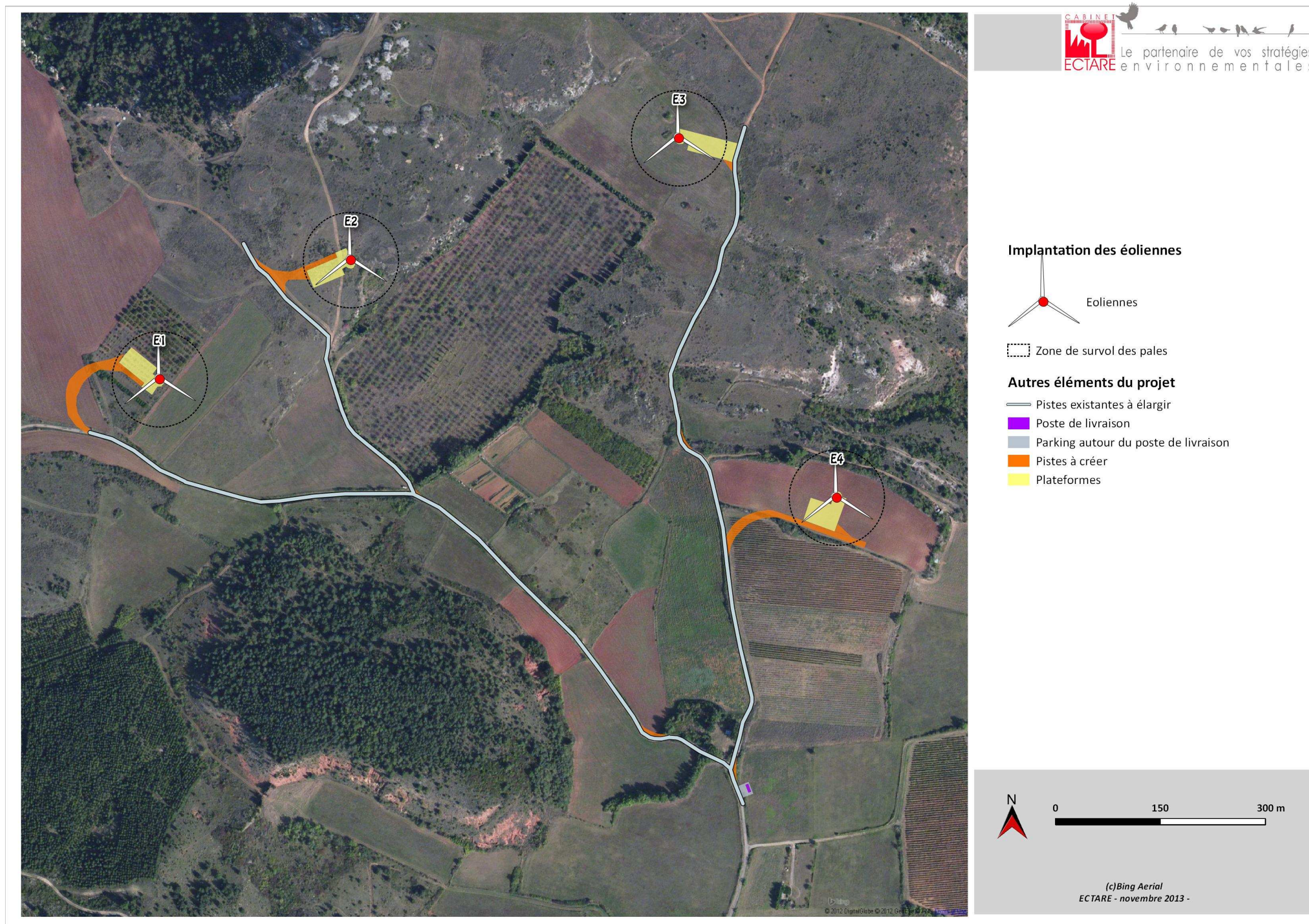
Le parc éolien de Saint-Ferriol est composé de 4 aérogénérateurs et d'un poste de livraison. Chaque aérogénérateur a une hauteur de moyeu de 80 mètres et un diamètre de rotor de 99,8 mètres. La hauteur totale en bout de pale est de 130 mètres.

Le tableau suivant indique les coordonnées géographiques des aérogénérateurs et du poste de livraison en système de coordonnées en Lambert 93:

Numéro de l'éolienne	X	Y
E1	635 723	6 201 070
E2	635 925	6 201 191
E3	636 271	6 201 314
E4	636 431	6 200 937
Poste de livraison	636 330	6 200 639

Tableau 3 : coordonnées des éoliennes

Carte 10 : Composition de l'installation



2 FONCTIONNEMENT DE L'INSTALLATION

2.1 Principe de fonctionnement d'un aérogénérateur

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

Les pales se mettent en mouvement lorsque **l'anémomètre** (positionné sur la nacelle) indique une vitesse de vent d'environ 10 km/h et c'est seulement à partir de 12 km/h que l'éolienne peut être couplée au réseau électrique.

Les machines du constructeur retenu pour ce projet, sont pourvues de multiplicateurs, situés entre le rotor et la génératrice, et qui correspondent à un train d'engrenage. Le rotor transmet l'énergie du vent au train d'entraînement, puis le train d'entraînement transmet le mouvement de rotation du rotor à la génératrice. La génératrice transforme l'énergie mécanique captée par les pales en énergie électrique.

La puissance électrique produite varie en fonction de la vitesse de rotation du rotor. Dès que le vent atteint environ 40 km/h à hauteur de nacelle, l'éolienne fournit sa puissance maximale. Cette puissance est dite « nominale ».

L'électricité produite par la génératrice est convertie en courant alternatif de fréquence 50 Hz avec une tension d'environ 660 V. La tension est ensuite élevée jusqu'à 20 kV par un transformateur placé dans chaque éolienne pour être ensuite injectée dans le réseau électrique public.

Lorsque la mesure de vent, indiquée par l'anémomètre dépasse la vitesse maximale de fonctionnement, l'éolienne cesse de fonctionner pour des raisons de sécurité. Deux systèmes de freinage permettront d'assurer la sécurité de l'éolienne :

- le premier par la mise en drapeau des pales, c'est-à-dire un freinage aérodynamique : les pales prennent alors une orientation parallèle au vent et ne sont donc plus entraînées par le vent;
- le second par un frein mécanique sur l'arbre de transmission à l'intérieur de la nacelle. Ce frein mécanique n'est activé que par un arrêt d'urgence.

2.1.1 Arrêt de l'éolienne

L'éolienne peut être arrêtée manuellement (interrupteur Marche/Arrêt) ou en actionnant le bouton d'arrêt d'urgence. Le système de commande arrête l'éolienne en cas de dérangement, ou encore si les conditions de vent sont défavorables.

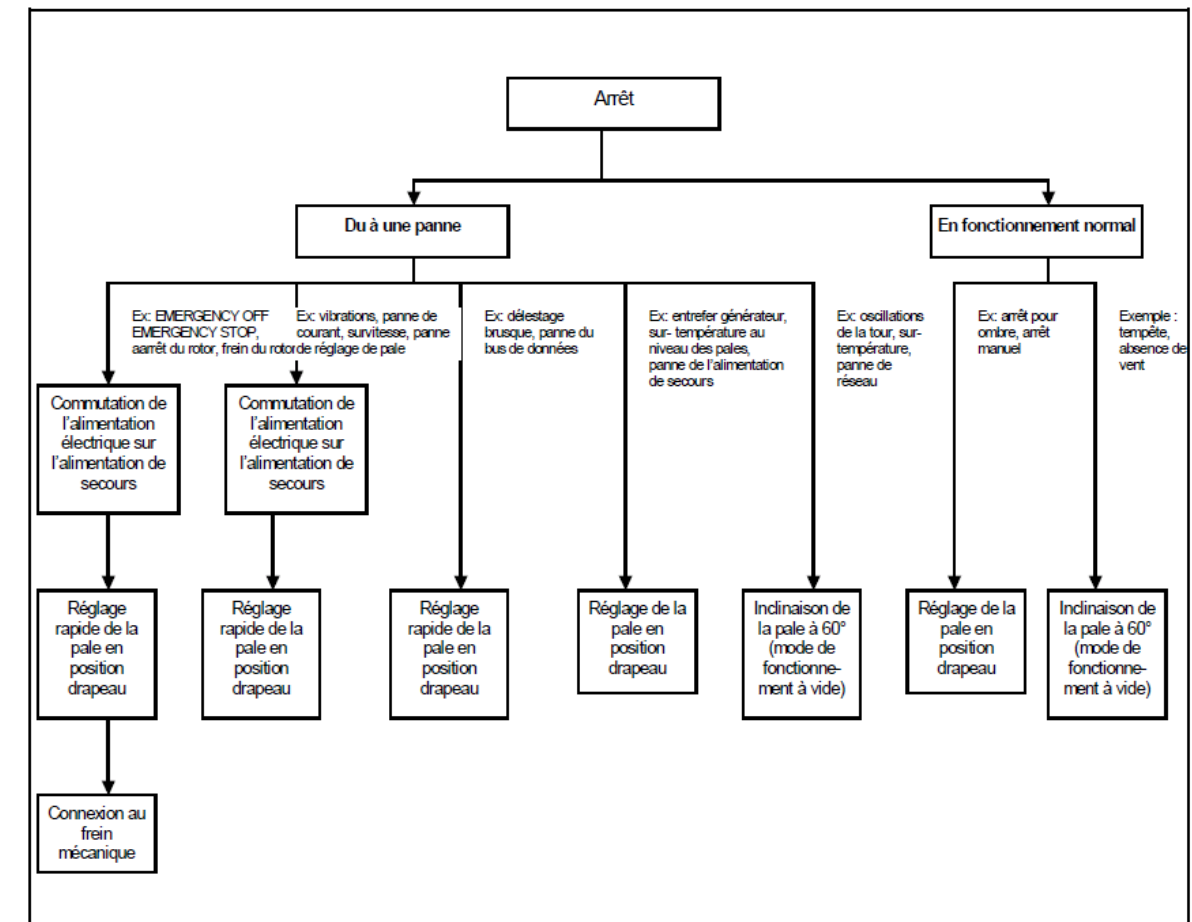


Illustration 3 : Arrêt de l'éolienne (source : ENERCON)

2.1.2 Arrêt manuel

L'éolienne peut être arrêtée à l'aide de l'interrupteur Marche/Arrêt (armoire de commande). 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 du moteur d'orientation reste active. L'éolienne peut donc continuer à s'adapter avec précision au vent.

2.1.3 Arrêt manuel d'urgence

Si nécessaire, l'éolienne peut être stoppée immédiatement, en appuyant sur le bouton d'arrêt d'urgence (armoire de commande). Ce bouton déclenche un freinage d'urgence sur le rotor, avec une inclinaison rapide par l'intermédiaire des unités de réglage des pales et de freinage d'urgence. Le frein d'arrêt mécanique est actionné simultanément. L'alimentation électrique de tous les composants reste assurée. Une fois l'urgence passée, le bouton d'arrêt d'urgence doit être réarmé pour permettre le redémarrage l'éolienne.

Si l'interrupteur principal de l'armoire de commande est mis en position d'arrêt, tous les composants de l'éolienne, à l'exception de l'éclairage du mât et de l'armoire électrique, ainsi que les différents interrupteurs d'éclairage et les connecteurs mobiles, sont déconnectés.

L'éolienne déclenche l'inclinaison rapide des pales par l'intermédiaire des dispositifs d'inclinaison d'urgence. Le frein d'arrêt mécanique n'est pas activé lorsque l'interrupteur principal est actionné.

2.1.4 Absence de vent

Si l'éolienne est en service, mais que l'absence de vent fait trop ralentir le rotor, l'éolienne passe en mode de fonctionnement au ralenti par l'inclinaison lente des pales du rotor dans une direction de 60°. L'éolienne reprend automatiquement son fonctionnement une fois que la vitesse de vent de démarrage est de nouveau atteinte.

L'éolienne tente de redémarrer toutes les heures pour vérifier si la vitesse du vent est suffisante. Lorsque l'éolienne redémarre et produit de l'électricité, elle repasse en mode de fonctionnement normal.

2.1.5 Tempête

L'éolienne ne démarre pas si elle se trouve à l'arrêt ou en fonctionnement au ralenti lorsque la vitesse du vent dépasse la vitesse de vent de coupure. L'éolienne s'arrête également si l'angle maximum admis pour les pales est dépassé.

L'éolienne démarre automatiquement lorsque la vitesse du vent tombe en dessous de la vitesse de vent de coupure pendant 10 minutes consécutives.

Le système à pas commande l'angle des pales. Il peut faire pivoter les pales autour de leur axe vertical. Pendant le fonctionnement, l'angle des pales est optimisé de manière que l'énergie puisse être prélevée du vent et transformée en rotation de manière optimale.

Chaque pale est commandée et entraînée indépendamment des autres et constitue donc un système de sécurité redondant. Les mouvements d'orientation des pales sont synchronisés électroniquement.

2.1.6 Caractéristiques des éoliennes Nordex 100/2500

L'éolienne Nordex N100 2,5 MW est décrite ici en exemple car elle est la plus représentative de la gamme des machines qui pourraient être retenues dans le cadre de ce projet.

Les caractéristiques de l'éolienne Nordex 100 2,5 MW sont décrites dans le tableau ci-dessous :

Tableau 4 : principaux éléments d'une éolienne Nordex 100 2,5 MW

Eolienne : Nordex N100 2.5 MW	
Caractéristiques générales	
Puissance nominale	2500 kW
Vitesse de vent au démarrage	3 m/s
Vitesse nominale	13 m/s
Vitesse de vent au décrochage	25 m/s
Concept de l'installation	Sans boîte de vitesse, régime variable, ajustage individuel des pales

Fondation	
Fonction	Ancrer et stabiliser l'éolienne
Matière	Béton armé
Dimensions	Le type et le dimensionnement exacts des fondations seront déterminés suite aux résultats de l'expertise géotechnique.
Mât	
Fonction	Supporter la nacelle et le rotor
Type de mât	tubulaire
Poids du mât	182 tonnes d'acier
Hauteur maximale	80 m
Poids de la nacelle	91,5 tonnes
Diamètre de la base de la tour	4,04 m
Rotor / pâles	
Type	Rotor face au vent avec système actif de réglage des pales
Fonction	Capter l'énergie mécanique du vent et la transmettre à la génératrice
Sens de rotation	Sens horaire
Diamètre du rotor	99,8 m
Nombre de pales	3
Longueur des pales	48,8 m
Poids d'une pale	Entre 9,8 et 11,2 tonnes en fonction du fabricant
Surface balayée	Environ 7 854 m ²
Matériau des pales	Fibre de verre renforcée avec époxy et fibre de carbone
Vitesse de rotation	Entre 9,6 et x16,8 tours / minute
Largeur à la base de la pale	Env 2,5 m
Générateur et transformateur	
Fonction	Générateur : produire de l'énergie électrique à partir d'énergie mécanique Transformateur : élever la tension de sortie de la génératrice avant l'acheminement du courant électrique par le réseau
Générateur	Générateur de type triphasé synchrone
Transformateur	Transformateur triphasé de type sec
Emplacement du transformateur	Dans une pièce fermée à l'arrière de la nacelle
Système de freinage	3 systèmes indépendants de réglage des pales avec alimentation de secours Frein d'arrêt du rotor Blocage du rotor
Contrôle d'orientation	Par mécanisme de réglage

Le courant électrique circulant entre la nacelle et le transformateur est de 660 volts. A sa sortie, il est converti en 20 000 volts pour être acheminé par les câbles souterrains jusqu'au poste source. Ensuite il sera à nouveau élevé selon la tension du poste.

2.2 Sécurité de l'installation

Conformément à l'arrêté du 26 août 2011³, les aérogénérateurs sont conformes aux dispositions de la norme IEC 61 400-1. Conformément aux dispositions de l'article R. 111-38 du code de la construction et de l'habitation, les aérogénérateurs subiront un contrôle technique.

L'installation sera mise à la terre et respectera les dispositions de la norme IEC 61 400-24 (version de juin 2010). Les opérations de maintenance incluront un contrôle visuel des pales et des éléments susceptibles d'être impactés par la foudre.

Les installations électriques à l'intérieur des aérogénérateurs respecteront les dispositions de la directive 2006/42/CE du parlement européen et du conseil du 17 mai 2006 relative aux machines et modifiant la directive 95/16/CE qui leur sont applicables.

Les installations électriques extérieures à l'aérogénérateur seront conformes aux normes NFC 15-100. Ces installations seront entretenues et maintenues en bon état et seront contrôlées avant la mise en service industrielle puis à une fréquence annuelle, après leur installation ou leur modification. Ces interventions seront effectuées par du personnel du turbinier choisi dans le cadre de la garantie constructeur ou du personnel de l'équipe de maintenance de Saint-Ferriol Energies.

La périodicité, l'objet et l'étendue des vérifications des installations électriques ainsi que le contenu des rapports relatifs aux dites vérifications sont fixés par l'arrêté du 10 octobre 2000 fixant la périodicité, l'objet et l'étendue des vérifications des installations électriques au titre de la protection des travailleurs ainsi que le contenu des rapports relatifs aux dites vérifications.

Le balisage de l'installation sera 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.

Pour ce faire, la société Saint-Ferriol Energies tient à disposition de l'inspection des installations classées l'ensemble des rapports de conformité aux normes précédemment citées.

Le site dispose en permanence de voies d'accès carrossables au moins pour permettre l'intervention des services d'incendie et de secours. Ces accès sont entretenus.

Les abords de l'installation placés sous le contrôle de l'exploitant sont maintenus en bon état de propreté.

2.3 Opérations de maintenance de l'installation

Un système de surveillance complet garantit la sécurité de l'éolienne. Toutes les fonctions pertinentes pour la sécurité (par exemple : vitesse du rotor, températures, charges, vibrations) sont surveillées par un système électronique et, en plus, par l'intervention à un niveau hiérarchique supérieur de capteurs mécaniques. L'éolienne est immédiatement arrêtée si l'un des capteurs détecte une anomalie sérieuse. Avant la mise en service industrielle du parc éolien de Saint-Ferriol, puis suivant une périodicité annuelle, l'exploitant réalisera des essais permettant de s'assurer du fonctionnement normal de l'ensemble des équipements.

Ces essais comprennent :

- un arrêt,
- un arrêt d'urgence,
- un arrêt depuis un régime de survitesse ou une simulation de ce régime.

Outres les dispositifs de sécurités intégrés aux éoliennes NORDEX, les opérations de maintenance suivantes contribueront à réduire le risque :

- Maintenance et inspections périodiques sur les éoliennes :
 - Possibilité de maintenance prédictive et préventive,
 - Inspection après 3 mois, 1an de fonctionnement, puis tous les 3 ans conformément à l'arrêté du 26 août 2011,
 - Les opérations de maintenance courante sont répétées lors de l'inspection après la première année de fonctionnement, puis régulièrement selon le calendrier de maintenance,
 - Une maintenance curative est prévue dès lors qu'un défaut a été identifié lors d'une analyse ou dès qu'un incident (foudroiement) a endommagé l'éolienne.

³ 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

Inspection après chaque année de fonctionnement

Composants	Opérations
Moyeu	Vérification de l'état de la fibre de verre Vérification des joints d'étanchéité Vérification de la fonctionnalité des trappes d'accès et de leurs verrous
Pales	Vérification des tubes de graissage et du bloc de distribution de graisse Vérification du niveau de graisse dans les collecteurs de graisse et remplacement s'ils sont pleins Remplissage du distributeur de graisse
Système de transfert de courant foudre Moyeu / nacelle	Vérification du câble connectant les bandes anti-foudre Vérification des amortisseurs d'usure Vérification des bandes anti-foudre
Système d'inclinaison des pales	Vérification du bon fonctionnement du système d'inclinaison des pales Vérification de la pression des accumulateurs Vérification de la tension des fixations des accumulateurs Vérification des boulons Vérification des pistons des vérins hydrauliques
Arbre principal	Vérification et lubrification des roulements principaux tous les 5 ans Vérification de l'ajustement des capteurs RPM Lubrification des boulons de blocage du rotor
Bras de couple	Vérification des boulons entre le bras de couple et le bâti tous les 4 ans
Multiplicateur	Vérification et remplacement (si nécessaire) des filtres à air Remplacement des filtres à air tous les 10 ans Remplacement du système de détection de particules tous les 10 ans Vérification des flexibles de drainage. Remplacement si nécessaire. Remplacement des flexibles de drainage tous les 10 ans Remplacement des tuyaux tous les 7 ans Inspection des boulons du système d'accouplement entre le multiplicateur et l'arbre principal tous les 4 ans Extraction d'un échantillon d'huile pour analyse
Système de freinage	Vérification du câblage des capteurs d'usure et de chaleur Remplacement des plaquettes de freins tous les 7 ans
Générateur	Vérification du bruit des roulements Vérification du système de graissage automatique Vérification du système de refroidissement
Système de refroidissement par eau	Remplacement du liquide de refroidissement tous les 5 ans
Système hydraulique	Vérification des niveaux d'huile et remplacement si nécessaire Extraction d'un échantillon d'huile pour analyse Changement d'huile selon les rapports d'analyse

	Remplacement des filtres (tous les ans, tous les 2 ans ou tous les 4 ans, selon le filtre) Remplacement des filtres (tous les ans, tous les 2 ans ou tous les 4 ans, selon le filtre) Contrôle des flux et de la pression Vérification de la pression dans le système de frein
Système parafoudre	Inspection visuelle
Onduleur	Vérification du bon fonctionnement de l'onduleur Remplacement des différents filtres des ventilateurs Remplacement des différents ventilateurs tous les 5 ans Remplacement de la batterie tous les 5 ans
Capteur de vent et balisage aérien	Inspection visuelle du capteur de vitesse de vent et du bon fonctionnement du balisage.
Nacelle	Changement des filtres à air Changement des batteries des processeurs
Tour	Changement des filtres de ventilation contaminés Maintenance de l'élévateur de personnes
Système de détection d'arc électrique	Test du capteur de détection d'arc électrique du jeu de barres et dans la salle du transformateur
Système d'orientation nacelle	Lubrification de la Couronne d'orientation Vérification du niveau d'huile des motoréducteurs, et remplissage si besoin Changement de l'huile des motoréducteurs tous les 10 ans Vérification et ajustement du couple de freinage
Armoire de contrôle en pied de tour	Test des batteries Remplacement des batteries de secours tous les 5 ans Remplacement des radiateurs en cas de défaillance
Sécurité générale	Test des boutons d'arrêt d'urgence Test d'arrêt en cas de survitesse Vérification des équipements de sauvetage Vérification de la date d'inspection des extincteurs Test des détecteurs de fumée (si installés) Vérification du système antichute

- Lors des inspections visuelles, vérification de l'éolienne. Points particuliers de vigilance :
 - Corrosion
 - Dommages mécaniques (par exemple fissures, déformation, écaillage, câbles usés)
 - Fuites (huile, eau)
 - Unités incomplètes
 - Encrassements / corps étrangers
- Maintenance mécanique :
 - Panneaux d'avertissement
 - Pied du mât / local des armoires électriques
 - Mât : Echelle de secours, ascenseurs de service, plate-forme et accessoires, chemin et fixation de câbles, assemblages à vis
 - Nacelle : treuil à chaîne, extincteurs et trousse de secours, système de ventilation, câbles, trappes, support principal, arbre de moyeu, transmissions d'orientation, contrôle d'orientation, couronne d'orientation, entrefer du générateur, groupe hydraulique, frein électromécanique, dispositif de blocage du rotor, assemblages à vis
 - Tête du rotor : rotor, câbles et lignes, générateur, moyeu du rotor et adaptateur de pale, engrenage de réglage des pales (« pitch »), système de graissage centralisé, vis des pales du rotor,
 - Système parafoudre
 - Anémomètre

Ces contrôles feront l'objet d'un rapport tenu à la disposition de l'inspecteur des installations classées. Les installations électriques extérieures et intérieures à l'aérogénérateur seront entretenues en bon état et seront contrôlées avant la mise en service industrielle puis à une fréquence annuelle, après leur installation par une personne compétente (soit par du personnel du constructeur soit celui de l'exploitant).

D'une manière générale, les vérifications suivantes seront opérées :

- les véhicules et matériels utilisés seront contrôlés périodiquement (révision, contrôle technique),
- les installations électriques seront vérifiées et contrôlées annuellement conformément aux dispositions du Code du Travail,
- le matériel incendie sera vérifié chaque année,
- les équipements de protection individuelle et les équipements de travail seront contrôlés et remplacés si nécessaire.

Ces divers contrôles et vérifications seront réalisés soit par un organisme agréé, soit par un contrôle interne et consignés sur des registres qui seront tenus à la disposition de l'administration (inspecteur du travail et inspecteur des installations classées).

2.4 Stockage et flux de produits dangereux

Conformément à l'article 16 de l'arrêté du 26 août 2011, aucun matériel inflammable ou combustible ne sera stocké dans les éoliennes du parc de Saint-Ferriol.

3 FONCTIONNEMENT DES RESEAUX DE L'INSTALLATION

3.1 Raccordement électrique

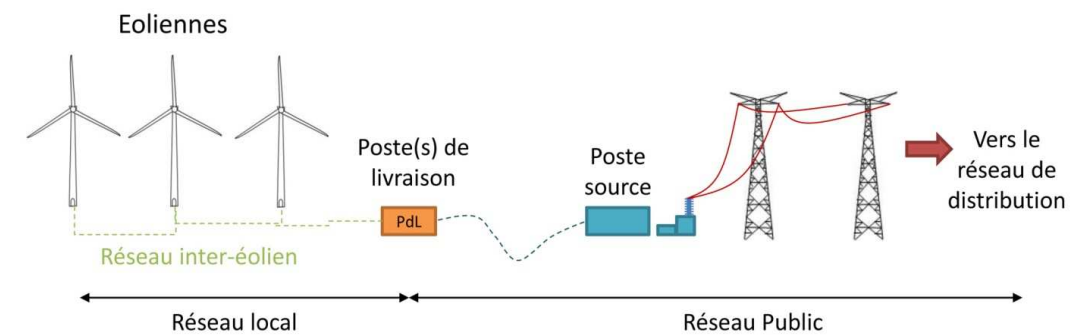


Illustration 4 : Raccordement électrique des installations

3.1.1 Réseau inter-éolien

Le réseau inter-éolien permet de relier le transformateur, intégré dans la nacelle de chaque éolienne, au point de raccordement avec le réseau public. Les câbles électriques seront enfouis à une profondeur minimale de 80 cm. Chaque tranchée sera équipée de fibre optique reliant chaque éolienne au terminal de télésurveillance.

3.1.2 Poste de livraison et réseau électrique externe

Le poste de livraison est le nœud de raccordement de toutes les éoliennes avant que l'électricité ne soit injectée dans le réseau public. Le projet éolien de Saint-Ferriol prévoit l'installation d'un poste de livraison situé non loin du local de chasse (parcelle 197 section du cadastre de Saint-Ferriol). La tension à la sortie de chaque poste de livraison est de 20 kV (20 000 V). Tout le transport de l'énergie se fera en souterrain du site au poste de livraison et du poste de livraison au poste source ERDF/RTE.

Le raccordement sera placé sous la maîtrise d'œuvre générale d'ERDF. La ligne de raccordement sera réalisée en souterrain (câble enterré de 0,90 à 1,20 mètres de profondeur (hors gel) vers le poste source le long des voiries - Routes Nationales, Départementales et Voies Communales privilégiées). Dans la mesure où la procédure de raccordement ERDF n'est lancée qu'après le dépôt du permis de construire du parc éolien, le tracé de la ligne de raccordement n'est à ce jour pas déterminé, même si on peut indiquer que, dans le cas général, celui-ci reste sur le domaine public. Le tracé exact du câblage électrique et l'emplacement du poste de livraison feront l'objet d'une demande d'article 50 du décret n°75781 du 14 août 1975 auprès de l'administration.

A noter qu'une seule liaison électrique relie l'éolienne au réseau public, cette liaison fonctionnant en alimentation du réseau lors du fonctionnement de l'éolienne et en retour depuis le réseau lors des phases d'arrêt.

3.2 Autres réseaux

Le parc éolien de Saint-Ferriol ne comporte aucun réseau d'alimentation en eau potable ni aucun réseau d'assainissement. De même, les éoliennes ne sont reliées à aucun réseau de gaz.

V IDENTIFICATION DES POTENTIELS DE DANGERS DE L'INSTALLATION

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

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

1 POTENTIELS DE DANGERS LIES AUX PRODUITS

L'activité de production d'électricité par les éoliennes ne consomme pas de matières premières, ni de produits pendant la phase d'exploitation. De même, cette activité ne génère pas de déchet, ni d'émission atmosphérique, ni d'effluent potentiellement dangereux pour l'environnement. Les produits identifiés dans le cadre du parc éolien de Saint-Ferriol sont utilisés pour le bon fonctionnement des éoliennes, leur maintenance et leur entretien :

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

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

Les substances ou produits chimiques mis en œuvre dans l'installation sont limités. Les seuls produits présents sont :

- L'huile hydraulique (circuit haute pression) dont la quantité présente est de l'ordre de 20 litres est l'huile VG 32 ;
- L'huile de lubrification du multiplicateur dont la quantité présente est de l'ordre de 650 litres (comprenant le circuit de refroidissement) est l'huile VG 320 ;
- L'eau glycolée (mélange d'eau et d'éthylène glycol), qui est utilisée comme liquide de refroidissement, dont le volume total de la boucle est d'environ 400 litres) ;
- Les graisses pour les roulements et systèmes d'entraînements ;
- L'hexafluorure de soufre (SF6), qui est le gaz utilisé comme milieu isolant pour les cellules de protection électrique au niveau du poste de livraison. La quantité présente varie entre 1,5 kg et 2,2 kg suivant le nombre de caissons composant la cellule.

D'autres produits peuvent être utilisés lors des phases de maintenance (lubrifiants, décapants, produits de nettoyage), mais toujours en faibles quantités (quelques litres au plus).

Les dangers des produits peuvent être :

❖ Inflammabilité et comportement vis à vis de l'incendie

Les huiles, les graisses et l'eau glycolée ne sont pas des produits inflammables. Ce sont néanmoins des produits combustibles qui sous l'effet d'une flamme ou d'un point chaud intense peuvent développer et entretenir un incendie. Dans les incendies d'éoliennes, ces produits sont souvent impliqués.

Certains produits de maintenance peuvent être inflammables mais ils ne sont amenés dans l'éolienne que pour les interventions et sont repris en fin d'opération.

Le SF6 est pour sa part ininflammable.

❖ Toxicité pour l'homme

Ces divers produits ne présentent pas de caractère de toxicité pour l'homme. Ils ne sont pas non plus considérés comme corrosifs (à causticité marquée).

❖ Dangereusité pour l'environnement

Vis-à-vis de l'environnement, le SF6 possède un potentiel de réchauffement global (gaz à effet de serre) très important, mais les quantités présentes sont très limitées (seulement 1 à 2 kg de gaz dans les cellules de protection).

Les huiles et graisses, même si elles ne sont pas classées comme dangereuses pour l'environnement, peuvent en cas de déversement au sol ou dans les eaux entraîner une pollution du milieu.

En conclusion, il ressort que les produits ne présentent pas de réel danger, si ce n'est lorsqu'ils sont soumis à un incendie, où ils vont entretenir cet incendie, ou s'ils sont déversés dans l'environnement générant un risque de pollution des sols ou des eaux

Les risques inhérents à ces aspects pour le personnel sont :

- des brûlures chimiques (projections de produits caustiques),
- une intoxication.

Pour se prévenir de ces risques, tous les récipients contenant des matières premières seront étiquetés. Et le personnel intervenant sera sensibilisé aux points suivants :

- les dangers présentés par les produits,
- les opérations de manipulation de produits,
- le comportement à tenir en cas d'incident ou d'accident.

Les fiches de données de sécurité des produits sont portées à la connaissance des personnes les manipulant et toujours disponibles.

2 POTENTIELS DE DANGERS LIES AU FONCTIONNEMENT DE L'INSTALLATION

Les dangers liés au fonctionnement du parc éolien de Saint-Ferriol sont de cinq types :

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

Ces dangers potentiels sont recensés dans le tableau suivant :

Installation ou système	Fonction	Phénomène redouté	Danger potentiel
Système de transmission	Transmission d'énergie mécanique	Survitesse	Echauffement des pièces mécaniques et flux thermique
Pale	Prise au vent	Bris de pale ou chute de pale	Energie cinétique d'éléments de pales
Aérogénérateur	Production d'énergie électrique à partir d'énergie éolienne	Effondrement	Energie cinétique de chute
Poste de livraison, intérieur de l'aérogénérateur	Réseau électrique	Court-circuit interne	Arcs électriques
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

3 REDUCTION DES POTENTIELS DE DANGERS A LA SOURCE

3.1 Principales actions préventives

En ce qui concerne les potentiels de dangers internes aux équipements associés au projet :

Les équipements et installations présentes ont été optimisés de façon à réduire au mieux les dangers potentiels dans des conditions technico-économiquement acceptables.

Pour l'équipement en lui-même :

Les dangers des équipements sont principalement dus au caractère mobile de ceux-ci (pièces en rotation) et à leur situation (à plusieurs dizaines de mètres au-dessus du sol). Ceci peut entraîner des chutes ou projection de pièces au sol.

Un autre danger est lié à la présence d'installations électriques avec des tensions élevées dont le dysfonctionnement peut être à l'origine d'incendies.

Les équipements qui constituent à ce jour l'éolienne sont tous indispensables à son fonctionnement. Il n'est donc pas possible à priori de les substituer.

Depuis les débuts du développement de l'éolien, des évolutions technologiques ont permis de mettre en place des équipements plus performants en termes d'optimisation des rendements et de diminution des risques :

- Remplacement de pales métalliques par des pales en matériaux composites, plus légères et moins sujettes aux phénomènes de fatigue ;
- Dispositif d'orientation des pales permettant de fonctionner par vent faible et de diminuer les contraintes par vent fort ;
- Dispositif aérodynamique d'arrêt en cas de survitesse ;
- Dispositifs de surveillance des dysfonctionnements électriques (détecteur d'arcs notamment).

Ces évolutions se poursuivent toujours afin d'améliorer la sécurité.

Le Maître d'Ouvrage installera sur le site de Saint-Ferriol des éoliennes de dernière technologie limitant ainsi le risque d'incident.

Pour les pales :

Le projet intègre uniquement des éoliennes tripales, permettant ainsi de limiter les vibrations et la fatigue du rotor.

Pour l'emplacement des éoliennes :

Afin de minimiser le risque d'effondrement vis-à-vis des usagers, le parc éolien est implanté à une distance supérieure à 500 m des habitations et à plus de 700 m des axes de circulation majeurs. Ainsi, le parc éolien est distant de 900 m de la RD509.

Substitution des produits utilisés :

Les huiles et lubrifiants utilisés sont des produits de base des installations de réparation et de maintenance qui ne peuvent être remplacés. Ces produits ne présentent pas de caractère dangereux marqué et les quantités mises en œuvre sont adaptées aux volumes des équipements. De plus, tous les éléments stockant de l'huile sur les éoliennes sont équipés de détecteurs de niveau d'huile (boîte de vitesse, système hydraulique, générateur, etc....) permettant de prévenir les éventuelles fuites d'huile et d'arrêter l'éolienne en cas d'urgence.

Le SF6 est un très bon isolant et ne dispose pas à ce jour de produit de substitution présentant des qualités équivalentes. De plus, malgré son caractère de gaz à effet de serre, il ne présente pas de danger pour l'homme (inflammable et non toxique). Il n'est donc pas prévu de solution de substitution. Il faut rappeler que ce gaz est contenu dans les cellules d'isolement disposées en pied d'éolienne (cellules étanches) qui sont des matériels du commerce, et ne sont pas fabriqués par Nordex.

Pour les zones de manipulation de produits dangereux :

Afin de limiter la pollution des sols et du sous-sol lors d'un déversement accidentel, la zone de fondation est bétonnée. Une aire étanche d'alimentation en carburant est prévue lors du chantier. Cette aire sera utilisée aussi pour les éventuelles opérations de maintenance du matériel de construction et lavage.

De plus, les personnes en charge de la maintenance et de l'entretien possèdent une instruction technique relative aux opérations réalisées.

Autres :

Une attention particulière est portée sur la prévention des sources d'inflammation possibles (cigarette, portable...) et les travaux à point chaud font l'objet de mesures spécifiques, « le permis feu », qui est associé à un ensemble de mesure permettant de prévenir le risque d'inflammation (surveillance permanente et extincteur à proximité).

En ce qui concerne les potentiels de dangers extérieurs au site :

Pour la foudre :

Il n'est pas possible d'agir pour supprimer ou diminuer le nombre d'impacts de foudre. Donc, une protection contre la foudre est installée sur les éoliennes.

Toutes les éoliennes sont équipées d'un système de protection contre la foudre conforme à la norme internationale IEC 61400 -24, et conçues pour répondre à la classe de protection I. Compte tenu de leur situation et des matériaux de construction, les pales sont les éléments les plus sensibles à la foudre.

En effet, le point haut de l'éolienne est constitué du sommet de la pale qui culmine à 130 m de hauteur et représente donc un point singulier en cas d'orage. De plus, les matériaux constituant la pale sont des matériaux synthétiques (résine et fibre de verre), mauvais conducteurs électriques et donc ne facilitant pas l'écoulement des charges en cas de coup de foudre.

Les protections installées sont considérées comme suffisantes pour qu'une Analyse des Risques Foudre (ARF) ne soit pas à réaliser conformément à l'Arrêté du 15 janvier 2008 et à sa circulaire du 24 avril 2008 relatif à la protection contre la foudre de certaines installations classées.

Pour le risque de feu de forêt :

Les éoliennes sont dotées d'un extincteur de CO₂, requis lors des activités de maintenance ou de service, à moins qu'un extincteur permanent dans la nacelle soit rendu obligatoire par les autorités.

Afin de limiter la propagation du feu : la réglementation concernant le débroussaillage sera respecté (article L322-3 du code forestier) : les propriétaires ont donc l'obligation de débroussailler et de maintenir en l'état débroussaillé, les terrains situés en zone boisée ou à moins de 200 mètres d'un massif forestier, de landes garrigues ou maquis.

En zone « non urbaine », l'obligation de débroussailler concerne :

- un rayon de 50 mètres autour de l'habitation, même dans le cas où cette distance dépasse les limites de la propriété ; le maire peut porter ce rayon jusqu'à 100 m ;
- une bande de 10 mètres de profondeur de part et d'autre de la voie d'accès.

3.2 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.

VI ANALYSE DES RETOURS D'EXPERIENCE

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

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

1 INVENTAIRE DES ACCIDENTS ET INCIDENTS EN FRANCE

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

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

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

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

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

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

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

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

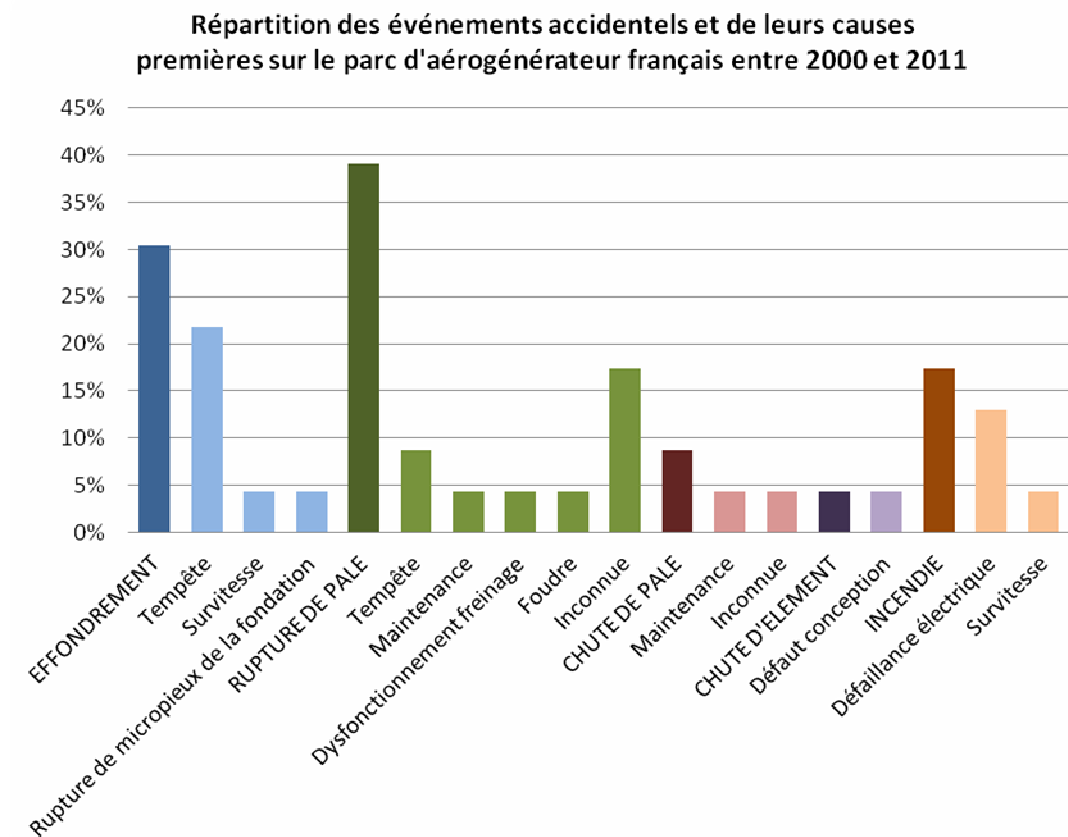


Illustration 5 : Répartition des événements accidentels et de leurs causes premières sur le parc d'aérogénérateurs français entre 2000 et 2011.

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

2 INVENTAIRE DES ACCIDENTS ET INCIDENTS A L'INTERNATIONAL

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

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

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

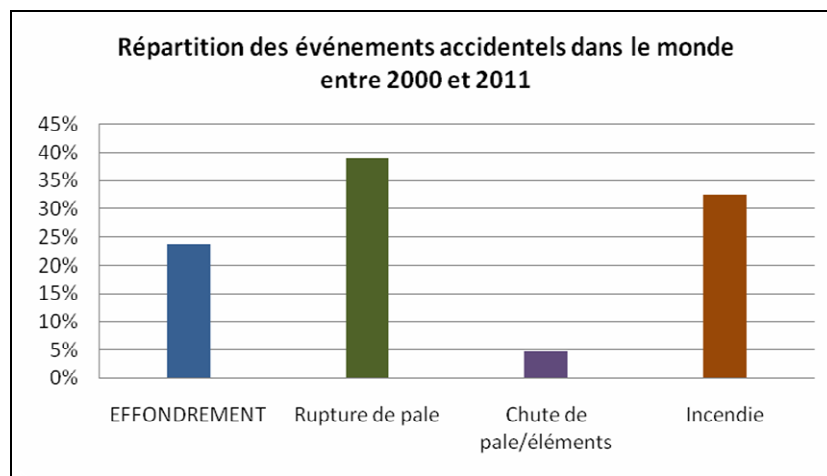


Illustration 6 : Répartition des événements accidentels dans le monde entre 2000 et 2011

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

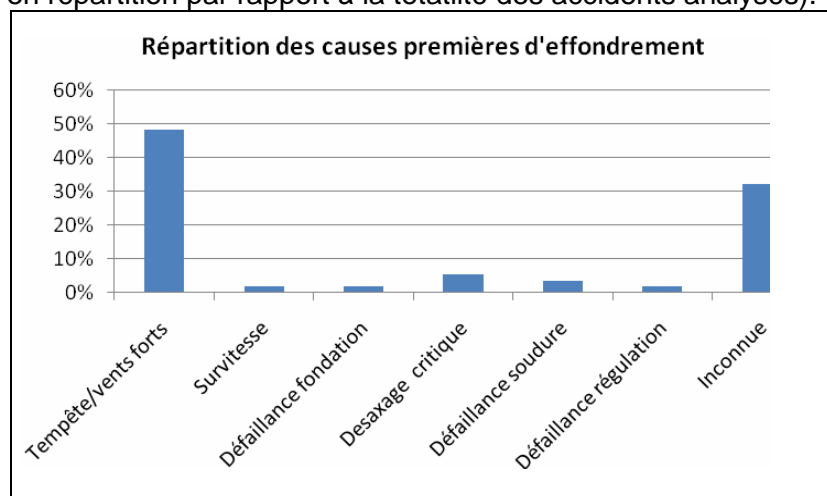


Illustration 7 : Répartition des causes premières d'effondrement

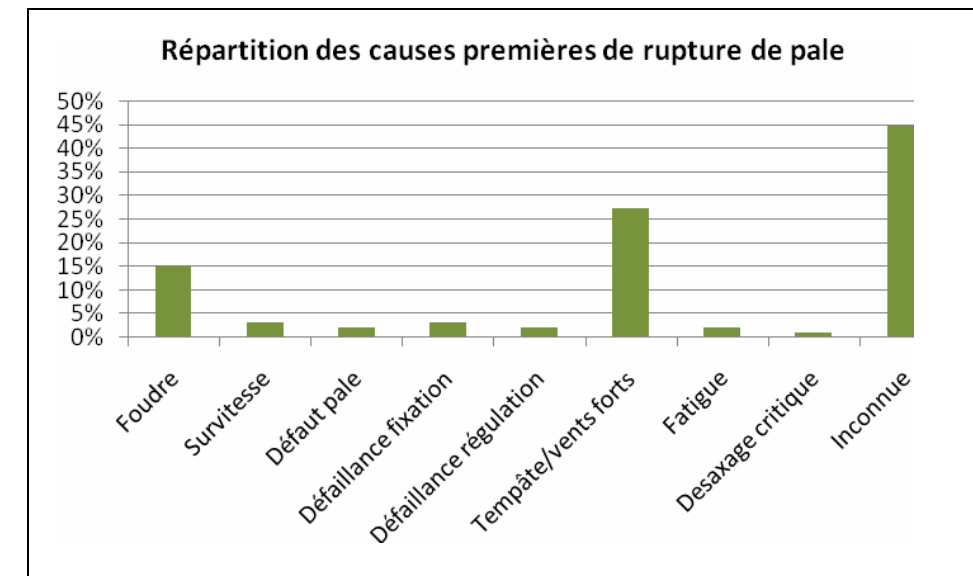


Illustration 8 : répartition des causes premières de rupture de pales

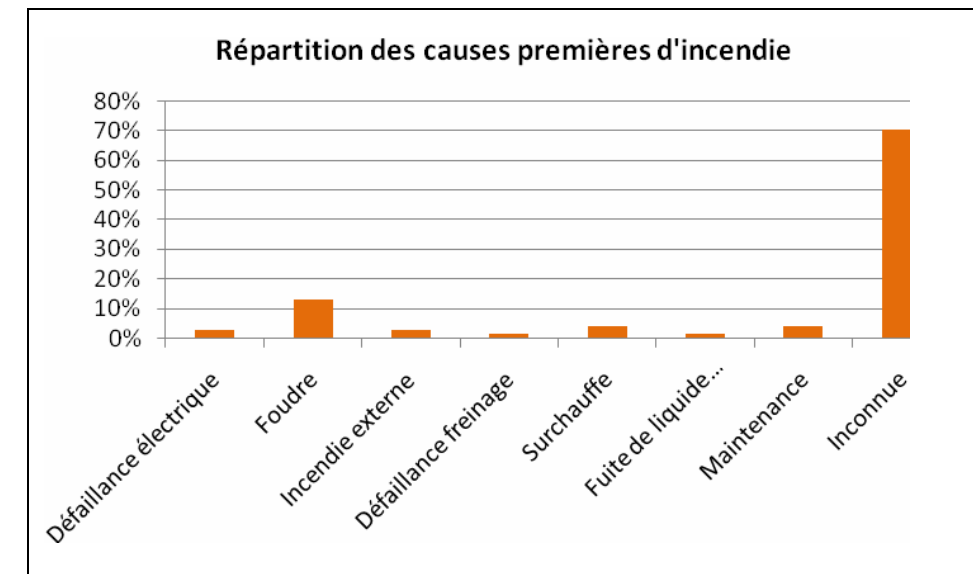


Illustration 9 : Répartition des causes premières d'incendie

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.

3 INVENTAIRE DES ACCIDENTS MAJEURS SURVENUS SUR LES SITES DE L'EXPLOITANT

Aucun incident ou accident n'est survenu sur les parcs éoliens exploités par Saint-Ferriol Energies et par BayWa r.e. et Enerpole.

4 SYNTHÈSE DES PHÉNOMÈNES DANGEREUX REDOUTÉS ISSUS DU RETOUR D'EXPERIENCE

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.

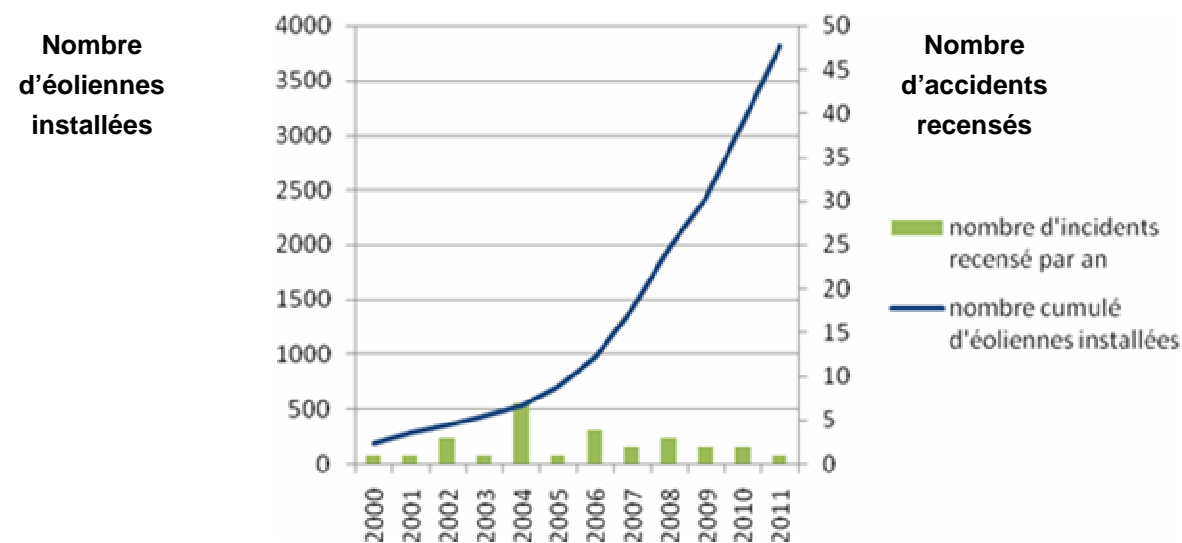


Illustration 10 : Evolution du nombre d'incidents annuels en France et nombre d'éoliennes installées

On note bien l'essor de la filière française à partir de 2005, alors que le nombre d'accident reste relativement constant.

4.2 Analyse des typologies d'accidents les plus fréquents

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

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

5 LIMITES D'UTILISATION DE L'ACCIDENTOLOGIE

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

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

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

VII ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES

1 OBJECTIF DE L'ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES

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

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

2 RECENSEMENT DES EVENEMENTS INITIATEURS EXCLUS DE L'ANALYSE DES RISQUES

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

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

D'autre part, plusieurs autres agressions externes qui ont été détaillées dans l'état initial peuvent être exclues de l'analyse préliminaire des risques car les conséquences propres de ces événements, en termes de gravité et d'intensité, sont largement supérieures aux conséquences potentielles de l'accident qu'ils pourraient entraîner sur les aérogénérateurs.

Le risque de sur-accident lié à l'éolienne est considéré comme négligeable dans le cas des événements suivants :

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

3 RECENSEMENT DES AGRESSIONS EXTERNES POTENTIELLES

3.1 Agressions externes liées aux activités humaines

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

Infrastructure	Fonction	Evénement redouté	Danger potentiel	Périmètre	Distance par rapport au mât des éoliennes
Voies de circulation	Transport	Accident entraînant la sortie de voie d'un ou plusieurs véhicules	Energie cinétique des véhicules et flux thermiques	200 m	Hors périmètre
Aérodrome	Transport aérien	Chute d'aéronef	Energie cinétique de l'aéronef, flux thermique	2000 m	Hors périmètre
Ligne THT	Transport d'électricité	Rupture de câble	Arc électrique, surtensions	200 m	Hors périmètre
Autres aérogénérateurs	Production d'électricité	Accident générant des projections d'éléments	Energie cinétique des éléments projetés	500 m	Aucun
Autre ICPE	Activités de production diverses	Accident générant des projections d'éléments	Energie cinétique des éléments projetés	500 m	Hors périmètre

3.2 Agressions externes liées aux phénomènes naturels

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

Agression externe	Intensité
Sismicité	Les terrains étudiés se situent en zone de sismicité modérée (zone de sismicité 3 sur la commune de Saint-Ferriol). Dans le cadre du projet, au regard du type d'infrastructure envisagée (éolienne) aucune règle de protection particulière n'est à appliquer dans les constructions.
Vents et tempête	La région est parfois soumise à des vents violents qui s'y manifestent 86 jours par an. Une seule tempête, en 1892, a fait l'objet d'un arrêté de catastrophe naturelle sur la commune. La zone d'implantation n'est pas concernée par les phénomènes météorologiques des zones tropicales.
Foudre	Les 4 éoliennes seront équipées notamment d'un système de mise à la terre, respecteront la norme IEC 62305 et seront conçues pour répondre à la classe de protection I de la norme internationale IEC 61400-24.
Incendie de forêt	Le secteur d'étude se situe dans une zone où le risque d'incendie est potentiel, même si le risque réel est faible compte tenu de la nature de l'occupation des sols du site d'étude (agriculture).

Le cas spécifique des effets directs de la foudre et du risque de « tension de pas » n'est pas traité dans l'analyse des risques et dans l'étude détaillée des risques dès lors qu'il est vérifié que la norme IEC 61400-24 (Juin 2010) ou la norme EN 62305-3 (Décembre 2006) est respectée. Ces conditions sont reprises dans la fonction de sécurité n° 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.

4 SCENARIOS ETUDIES DANS L'ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES

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

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

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

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

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

N°	Événement initiateur	Événement intermédiaire	Événement redouté central	Fonction de sécurité (intitulé générique)	Phénomène dangereux	Qualification de la zone d'effet
G01	Conditions climatiques favorables à la formation de glace	Dépôt de glace sur les pales, le mât et la nacelle	Chute de glace lorsque les éoliennes sont arrêtées	Prévenir l'atteinte des personnes par la chute de glace (N2)	Impact de glace sur les enjeux	1
G02	Conditions climatiques favorables à la formation de glace	Dépôt de glace sur les pales	Projection de glace lorsque les éoliennes sont en mouvement	Prévenir la mise en mouvement de l'éolienne lors de la formation de la glace (N1)	Impact de glace sur les enjeux	2
I01	Humidité / Gel	Court-circuit	Incendie de tout ou partie de l'éolienne	Prévenir les courts-circuits (N5)	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 (N5)	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 (N3) Prévenir la survitesse (N4)	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 (N3)	Chute/projection d'éléments enflammés Propagation de l'incendie	2
I05	Conditions climatiques humides	Surtension	Court-circuit	Prévenir les courts-circuits (N5) Protection et intervention incendie (N7)	Incendie poste de livraison (flux thermiques + fumées toxiques SF6) Propagation de l'incendie	2
I06	Rongeur	Surtension	Court-circuit	Prévenir les courts-circuits (N5) Protection et intervention incendie (N7)	Incendie poste de livraison (flux thermiques + fumées toxiques SF6) Propagation de l'incendie	2

N°	Evénement initiateur	Evénement intermédiaire	Evénement redouté central	Fonction de sécurité (intitulé générique)	Phénomène dangereux	Qualification de la zone d'effet
I07	Défaut d'étanchéité	Perte de confinement	Fuites d'huile isolante	Prévention et rétention des fuites (N°8)	Incendie au poste de transformation Propagation de l'incendie	2
F01	Fuite système de lubrification Fuite convertisseur Fuite transformateur	Écoulement hors de la nacelle et le long du mât, puis sur le sol avec infiltration	Infiltration d'huile dans le sol	Prévention et rétention des fuites (N°8)	Pollution environnement	1
F02	Renversement de fluides lors des opérations de maintenance	Écoulement	Infiltration d'huile dans le sol	Prévention et rétention des fuites (N°8)	Pollution environnement	1
C01	Défaut de fixation	Chute de trappe	Chute d'élément de l'éolienne	Prévenir les erreurs de maintenance (N°10)	Impact sur cible	1
C02	Défaillance fixation anémomètre	Chute anémomètre	Chute d'élément de l'éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N°9)	Impact sur cible	1
C3	Défaut fixation nacelle – pivot central – mât	Chute nacelle	Chute d'élément de l'éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N°9)	Impact sur cible	1
P01	Survitesse	Contraintes trop importantes sur les pales	Projection de tout ou partie pale	Prévenir la survitesse (N°4)	Impact sur cible	2
P02	Fatigue Corrosion	Chute de fragment de pale	Projection de tout ou partie pale	Prévenir la dégradation de l'état des équipements (N°11)	Impact sur cible	2

N°	Evénement initiateur	Evénement intermédiaire	Evénement redouté central	Fonction de sécurité (intitulé générique)	Phénomène dangereux	Qualification de la zone d'effet
P03	Serrage inapproprié Erreur maintenance – desserrage	Chute de fragment de pale	Projection de tout ou partie pale	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N°9)	Impact sur cible	2
E01	Effets dominos autres installations	Agression externe et fragilisation structure	Effondrement éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N°9)	Projection/chute fragments et chute mât	2
E02	Glissement de sol	Agression externe et fragilisation structure	Effondrement éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N°9)	Projection/chute fragments et chute mât	2
E05	Crash d'aéronef	Agression externe et fragilisation structure	Effondrement éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N°9)	Projection/chute fragments et chute mât	2
E07	Effondrement engin de levage travaux	Agression externe et fragilisation structure	Effondrement éolienne	Actions de prévention mises en œuvre dans le cadre du plan de prévention (N°13)	Chute fragments et chute mât	2

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

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

5 EFFETS DOMINOS

Lors d'un accident majeur sur une éolienne, il existe une possibilité 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-dessus.

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

Dans le cadre de la présente étude de dangers, aucune autre installation ICPE (ou non ICPE) n'est située dans un rayon de 100 m. C'est pourquoi, il est proposé de négliger les conséquences des effets dominos dans le cadre de la présente étude.

6 MISE EN PLACE DES MESURES DE SECURITE

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

- **Fonction de sécurité** : il est proposé ci-dessous un tableau par fonction de sécurité. Cet intitulé décrit l'objectif de la ou des mesure(s) de sécurité : il s'agira principalement « d'empêcher, d'éviter, de détecter, de contrôler ou de limiter » et sera en relation avec un ou plusieurs événements conduisant à un accident majeur identifié dans l'analyse des risques. Plusieurs mesures de sécurité peuvent assurer une même fonction de sécurité.
- **Numéro de la fonction de sécurité** : ce numéro vise à simplifier la lecture de l'étude de dangers en permettant des renvois à l'analyse de risque par exemple.
- **Mesures de sécurité** : cette ligne permet d'identifier les mesures assurant la fonction concernée. Dans le cas de systèmes instrumentés de sécurité, tous les éléments de la chaîne de sécurité sont présentés (détection + traitement de l'information + action).
- **Description** : cette ligne permet de préciser la description de la mesure de maîtrise des risques, lorsque des détails supplémentaires sont nécessaires.
- **Indépendance** (« oui » ou « non ») : cette caractéristique décrit le niveau d'indépendance d'une mesure de maîtrise des risques vis-à-vis des autres systèmes de sécurité et des scénarios d'accident. Cette condition peut être considérée comme remplie (renseigner « oui ») ou non (renseigner « non »).

- **Temps de réponse** (en secondes ou en minutes) : cette caractéristique mesure le temps requis entre la sollicitation et l'exécution de la fonction de sécurité.
- **Efficacité** (100% ou 0%) : l'efficacité mesure la capacité d'une mesure de maîtrise des risques à remplir la fonction de sécurité qui lui est confiée pendant une durée donnée et dans son contexte d'utilisation.
- **Test (fréquence)** : dans ce champ sont rappelés les tests/essais qui seront réalisés sur les mesures de maîtrise des risques. Conformément à la réglementation, des essais d'arrêt, d'arrêt d'urgence et d'arrêt à partir d'une situation de survitesse seront réalisés avant la mise en service de l'aérogénérateur. Dans tous les cas, les tests effectués sur les mesures de maîtrise des risques seront tenus à la disposition de l'inspection des installations classées pendant l'exploitation de l'installation.
- **Maintenance (fréquence)** : ce critère porte sur la périodicité des contrôles qui permettront de vérifier la performance de la mesure de maîtrise des risques dans le temps. Pour rappel, la réglementation demande qu'à minima, un contrôle tous les ans soit réalisé sur la performance des mesures de sécurité permettant de mettre à l'arrêt, à l'arrêt d'urgence et à l'arrêt à partir d'une situation de survitesse et sur tous les systèmes instrumentés de sécurité.

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	Aérogénérateurs équipés d'un système de pales chauffantes permettant la suppression du dépôt de glace. 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 processus de dégivrage se met ensuite en marche jusqu'à la suppression totale du givre/glace. Le redémarrage se fait automatiquement. Si, après démarrage, le système reconnaît encore de la glace, l'éolienne s'arrête à nouveau et le processus de chauffe recommence.		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	Quelques minutes (<60 min.) conformément à l'article 25 de l'arrêté du 26 août 2011		
Efficacité	100 %		
Tests	Tests menés par le concepteur au moment de la construction de l'éolienne		
Maintenance	Vérification du système au bout de 3 mois de fonctionnement puis maintenance de remplacement en cas de dysfonctionnement de l'équipement		

Fonction de sécurité	Prévenir l'atteinte des personnes par la chute de glace	N° de la fonction de sécurité	2
Mesures de sécurité	Signalisation du risque en pied de machine Eloignement des zones habitées et fréquentées		
Description	Mise en place de panneaux de signalisation en pied de machine informant du risque de chute de glace (conformément à l'article 14 de l'arrêté du 26 août 2011).		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	NA		
Efficacité	100 %. Nous considérerons que compte tenu de l'implantation des panneaux et de l'entretien prévu, l'information des promeneurs sera systématique.		
Tests	NA		
Maintenance	Vérification de l'état général du panneau, de l'absence de détérioration, entretien de la végétation afin que le panneau reste visible.		
Fonction de sécurité	Prévenir l'échauffement significatif des pièces mécaniques	N° de la fonction de sécurité	3
Mesures de sécurité	Sondes de température sur pièces mécaniques Suivant les niveaux d'alarme et les capteurs, la machine peut être bridée ou mise à l'arrêt jusqu'à refroidissement. Le redémarrage peut être effectué à distance, si les seuils de température sont au-dessous des seuils d'alarme.		
Description	Des sondes de température sont mises en place sur les équipements ayant de fortes variations de température au cours de leur fonctionnement (paliers et roulements des machines tournantes, enroulements du générateur et du transformateur). Ces sondes ont des seuils hauts qui, une fois dépassés, conduisent à une alarme et à une mise à l'arrêt du rotor.		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	Temps de détection de l'ordre de la seconde Mise en pause de la turbine < 1 min		
Efficacité	100 %		
Tests	Surveillance via la maintenance prédictive, avec détection de la déviation de températures de chaque capteur.		
Maintenance	Surveillance via la maintenance prédictive, avec détection de la déviation de température de chaque capteur (comparaison avec les données des autres éoliennes du parc). Remplacement de la sonde de température en cas de dysfonctionnement de l'équipement. Vérification du système au bout de 3 mois de fonctionnement puis contrôle annuel conformément à l'article 18 de l'arrêté du 26 août 2011.		

Fonction de sécurité	Prévenir la survitesse	N° de la fonction de sécurité	4
Mesures de sécurité	Détection de vent fort et freinage aérodynamique par le système de contrôle.		
Description	L'éolienne est mise à l'arrêt si la vitesse de vent mesurée dépasse la vitesse maximale de 20 m/s. Cet arrêt est réalisé par le frein aérodynamique de l'éolienne avec mise en drapeau des pales (le freinage est effectué en tournant ensemble les 3 pales à un angle de 85 à 90°, afin de positionner cell es-ci en position où elles offrent peu de prise au vent).		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	Temps de détection de l'ordre de la seconde Mise en pause de la turbine < 1 min L'exploitant ou l'opérateur désigné sera en mesure de transmettre l'alerte aux services d'urgence compétents dans un délai de 15 minutes suivant l'entrée en fonctionnement anormal de l'aérogénérateur conformément aux dispositions de l'arrêté du 26 août 2011.		
Efficacité	100 %		
Tests	Test d'arrêt simple, d'arrêt d'urgence et de la procédure d'arrêt en cas de survitesse avant la mise en service des aérogénérateurs conformément à l'article 15 de l'arrêté du 26 août 2011. Tests à chaque maintenance préventive.		
Maintenance	Maintenance de remplacement en cas de dysfonctionnement de l'équipement.		
Fonction de sécurité	Prévenir la survitesse	N° de la fonction de sécurité	5
Mesures de sécurité	Détection de survitesse du générateur		
Description	Les vitesses de rotation du générateur et de l'arbre lent sont mesurées et analysées en permanence par le système de contrôle. Cette mesure redondante permet de limiter les défaillances liées à un seul capteur. En cas de discordance des mesures, l'éolienne est mise à l'arrêt. Si la vitesse de rotation est supérieure à la vitesse d'alarme, l'éolienne est considérée comme étant en survitesse et est donc mise à l'arrêt.		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	Temps de détection de l'ordre de la seconde Mise en pause de la turbine < 1 min L'exploitant ou l'opérateur désigné sera en mesure de transmettre l'alerte aux services d'urgence compétents dans un délai de 15 minutes suivant l'entrée en fonctionnement anormal de l'aérogénérateur conformément aux dispositions de l'arrêté du 26 août 2011.		
Efficacité	100 %		
Tests	Test d'arrêt simple, d'arrêt d'urgence et de la procédure d'arrêt en cas de survitesse avant la mise en service des aérogénérateurs conformément à l'article 15 de l'arrêté du 26 août 2011. Tests à chaque maintenance préventive (tous les ans).		
Maintenance	Maintenance de remplacement en cas de dysfonctionnement de l'équipement.		

Fonction de sécurité	Prévenir les courts-circuits	N° de la fonction de sécurité	6
Mesures de sécurité	Détecteur d'arc avec coupure électrique (salle transformateur et armoires électriques).		
Description	Outre les protections traditionnelles contre les surintensités et les surtensions, les armoires électriques disposées dans le pied des mâts sont équipées de détecteurs d'arc électrique. Ce système de capteurs photosensibles a pour objectif de détecter toute formation d'un arc électrique (caractéristique d'un début d'amorçage) qui pourrait conduire à des phénomènes de fusion de conducteurs et de début d'incendie. Le fonctionnement de ces détecteurs commande le déclenchement de la cellule HT située en pied de mât, conduisant ainsi à la mise hors tension de la machine. La remise sous tension puis le recouplage de la machine ne peuvent être faits qu'après inspection visuelle des éléments HT de la nacelle, puis du réarmement du détecteur d'arc et de l'acquiescement manuel du défaut.		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	50 millisecondes Le couplage du système de détection d'arc électrique avec le système SCADA permet l'envoi en temps réel d'alertes par SMS et par courriel, selon les instructions de l'exploitant.		
Efficacité	100 %		
Tests	Test des détecteurs d'arc à la mise en service puis tous les ans.		
Maintenance	Les installations électriques font l'objet d'un contrôle avant la mise en service industrielle du parc éolien, puis annuellement conformément à l'article 10 de l'arrêté du 26 août 2011. Ce contrôle donne lieu à un rapport, dit rapport de vérification annuel, réalisé par un organisme agréé. Des vérifications de tous les équipements électriques ainsi que des mesures d'isolement et de serrage des câbles sont intégrés dans le manuel de maintenance préventive du constructeur.		
Fonction de sécurité	Prévenir les effets de la foudre	N° de la fonction de sécurité	7
Mesures de sécurité	Système de protection contre la foudre conçu pour répondre à la classe de protection I de la norme internationale IEC 61400.		
Description	Compte tenu de leur situation et des matériaux de construction, les pales sont les éléments les plus sensibles à la foudre. Des pastilles métalliques en acier inoxydable permettant de capter les courants de foudre sont disposées à intervalles réguliers sur les deux faces des pales. Elles sont reliées entre elles par une tresse en cuivre, interne à la pale. Le pied de pale est muni d'une plaque métallique en acier inoxydable, sur une partie de son pourtour, raccordée à la tresse de cuivre. Un dispositif métallique flexible assure la continuité électrique entre la pale et le châssis métallique de la nacelle (il s'agit d'un système de contact glissant comportant deux points de contact par pale). Ce châssis est relié électriquement à la tour, elle-même		

	reliée au réseau de terre disposé en fond de fouille. En cas de coup de foudre sur une pale, le courant de foudre est ainsi évacué vers la terre via la fondation et des prises profondes.		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	Immédiat, dispositif passif		
Efficacité	100 %		
Tests	Avant la première mise en route de l'éolienne, une mesure de mise à la terre est effectuée.		
Maintenance	Contrôle visuel des pales et des éléments susceptibles d'être impactés par la foudre inclus dans les opérations de maintenance, conformément à l'article 9 de l'arrêté du 26 août 2011.		
Fonction de sécurité	Protection et intervention incendie	N° de la fonction de sécurité	8
Mesures de sécurité	<p>1. Sondes de température sur pièces mécaniques. Suivant les niveaux d'alarme et les capteurs, la machine peut être bridée ou mise à l'arrêt jusqu'à refroidissement. Le redémarrage peut être effectué à distance, si les seuils de température sont au-dessous des seuils d'alarme.</p> <p>2. Système de détection incendie</p>		
Description	<p>1. Des sondes de température sont mises en place sur les équipements ayant de fortes variations de température au cours de leur fonctionnement (paliers et roulements des machines tournantes, enroulements du générateur et du transformateur). Ces sondes ont des seuils hauts qui, une fois dépassés, conduisent à une alarme et à une mise à l'arrêt du rotor.</p> <p>2. Les éoliennes sont équipées par défaut d'un système autonome de détection composé de plusieurs capteurs de fumée et de chaleur disposés aux possibles points d'échauffements tels que :</p> <ul style="list-style-type: none"> - La chambre du transformateur - Le générateur - La cellule haute tension - Le convertisseur - Les armoires électriques principales - Le système de freinage. <p>En cas de détection, une sirène est déclenchée, l'éolienne est mise à l'arrêt en « emergency stop » et isolement électrique par ouverture de la cellule en pied de mât. De façon concomitante un message d'alarme est envoyé au centre de télésurveillance via le système de contrôle commande.</p> <p>Le système de détection incendie est alimenté par le réseau secouru (UPS).</p> <p>Vis-à-vis de la protection incendie, deux extincteurs sont présents dans la nacelle et un extincteur est disponible en pied de tour (utilisables par le personnel sur un départ de feu).</p>		
Indépendance	Oui		

Temps de réponse	<p>Temps de détection de l'ordre de la seconde</p> <p>Le couplage des éléments de détection de fumée au système SCADA permet l'envoi en temps réel d'alertes par SMS et par courriel, selon les instructions de l'exploitant. Préciser le mode d'envoi des alertes qui a été choisi.</p> <p>L'exploitant sera ainsi en mesure de transmettre l'alerte aux services d'Urgence compétents dans un délai de 15 minutes suivant l'entrée en fonctionnement anormal de l'aérogénérateur conformément à l'article 23 de l'arrêté du 26 août 2011. Le temps d'intervention des services de secours est quant à lui dépendant du centre de secours intervenant.</p>		
Efficacité	100%		
Tests	Test des détecteurs de fumée à la mise en service puis tous les ans.		
Maintenance	<p>Contrôle tous les ans du système de détection incendie pour être conforme à l'article 18 de l'arrêté du 26 août 2012</p> <p>Le matériel incendie (extincteurs) est contrôlé périodiquement par un organisme spécialisé.</p> <p>Maintenance prédictive sur les capteurs de température.</p>		
Fonction de sécurité	Prévention et rétention des fuites	N° de la fonction de sécurité	9
Mesures de sécurité	<p>1. Détecteurs de niveau d'huile et capteurs de pression</p> <p>2. Capteur de niveau du circuit de refroidissement (niveau bas alarmé avec arrêt après temporisation)</p> <p>3. Procédure d'urgence</p> <p>4. Kit antipollution</p> <p>5. Bacs de rétention</p>		
Description	<p>1. Le circuit hydraulique est équipé de capteurs de pression (une mesure de pression dans le bloc hydraulique de chaque pale) permettant de s'assurer de son bon fonctionnement. Toute baisse de pression au-dessous d'un seuil préalablement déterminé, conduit au déclenchement de l'arrêt du rotor (mise en drapeau des pales). Afin de pouvoir assurer la manœuvre des pales en cas de perte du groupe de mise en pression ou en cas de fuite sur le circuit, chaque bloc hydraulique (situé au plus près du vérin de pale) est équipé d'un accumulateur hydropneumatique (pressurisé à l'azote) qui permet la mise en drapeau de la pale.</p> <p>La pression du circuit de lubrification du multiplicateur fait également l'objet d'un contrôle, asservissant le fonctionnement de l'éolienne.</p> <p>Les niveaux d'huile sont surveillés d'une part au niveau du multiplicateur et d'autre part au niveau du groupe hydraulique. L'atteinte du niveau bas sur le multiplicateur ou sur le groupe hydraulique, déclenche une alarme et conduit à la mise à l'arrêt du rotor.</p> <p>2. Le circuit de refroidissement (eau glycolée) est équipé d'un capteur de niveau bas, qui en cas de déclenchement conduit à l'arrêt de l'éolienne.</p> <p>3. Les opérations de vidange font l'objet de procédures spécifiques. Le transfert des huiles s'effectue de manière sécurisée via un système de tuyauterie et de pompes directement entre l'élément à vidanger et le camion de vidange.</p> <p>Une procédure en cas de pollution accidentelle du sol est communiquée au personnel intervenant dans les aérogénérateurs.</p>		

	<p>4. En cas de fuite, les véhicules de maintenance sont équipés de kits de dépollution composés de grandes feuilles absorbantes. Ces kits d'intervention d'urgence permettent :</p> <ul style="list-style-type: none"> • de contenir et arrêter la propagation de la pollution ; • d'absorber jusqu'à 20 litres de déversements accidentels de liquides (huile, eau, alcools ...) et produits chimiques (acides, bases, solvants ...); • de récupérer les déchets absorbés. <p>Si ces kits de dépollution s'avèrent insuffisants, le constructeur se charge de faire intervenir une société spécialisée qui récupérera et traitera la terre souillée via les filières adéquates.</p> <p>5. Des bacs de rétention empêchent l'huile ou la graisse de couler le long du mât et de s'infiltrer dans le sol. Les principaux bacs de rétention sont équipés de capteurs de niveau d'huile afin d'informer les équipes de maintenance via les alertes cas de fuite importante. De plus, la plateforme supérieure de la tour a les bords relevés et a les jointures étanches entre plaques d'acier. Cette plateforme fait office de bac de rétention de secours en cas de fuite importante dans la nacelle.</p>		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	Temps de détection de l'ordre de la seconde Mise en pause de la turbine < 1 min		
Efficacité	100%		
Tests	Tests des systèmes hydrauliques à la mise en service, au bout de 3 mois de fonctionnement puis tous les ans suivant les manuels de maintenance du constructeur. Dépendant du débit de fuite.		
Maintenance	Les vérifications d'absence de fuites sont effectuées à chaque service planifié. Surveillance des niveaux d'huile via des outils d'analyses instantanées ou hebdomadaires. Inspection et maintenance curative en fonction du type de déclenchement d'alarme.		
Fonction de sécurité	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation)	N° de la fonction de sécurité	10
Mesures de sécurité	Contrôles réguliers des fondations et des différents assemblages de structure (ex : brides, joints, etc.) Procédures et contrôle qualité		
Description	La norme IEC 61 400-1 « Exigence pour la conception des aérogénérateurs » fixe les prescriptions propres à fournir « un niveau approprié de protection contre les dommages résultant de tout risque durant la durée de vie » de l'éolienne. Le constructeur remettra à chacun de ses clients, un document « Type certificate » qui atteste de la conformité de l'éolienne fournie au standard IEC 61400-1 (édition 2005). Ainsi la nacelle, le moyeu, les fondations et la tour répondent aux standards IEC 61 400-1. Les pales respectent le standard IEC 61 400 -1 ; 12 ; 23. De plus, des organismes compétents externes, mandatés par l'exploitant du parc, produisent des rapports attestant de la conformité de nos turbines à la fin de la phase d'installation. L'article R111-38 du code de la construction et de l'habitation fait référence au contrôle technique de construction. Il est obligatoire, à la charge de l'exploitant et		

Indépendance	Oui		
Temps de réponse	NA		
Efficacité	100%		
Tests	NA		
Maintenance	Le plan de maintenance du constructeur prévoiera le contrôle des brides de fixation, des brides de mât, des fixations des pales et le contrôle visuel du mât trois mois puis un an après la mise en service industrielle puis tous les trois ans, conformément à l'article 18 de l'arrêté du 26 août 2011.		
Fonction de sécurité	Prévenir les erreurs de maintenance	N° de la fonction de sécurité	11
Mesures de sécurité	Procédure de maintenance.		
Description	Préconisation du manuel de maintenance Formation du personnel		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	NA		
Efficacité	100%		
Tests	Traçabilité : rapport de service		
Maintenance	NA		
Fonction de sécurité	Prévenir la dégradation de l'état des équipements	N° de la fonction de sécurité	12
Mesures de sécurité	1. Procédure de contrôle des équipements lors des maintenances planifiées. 2. Suivi de données mesurées par les capteurs et sondes présentes dans les éoliennes		
Description	1. Ce point est détaillé dans le chapitre dédié aux maintenances planifiées. 2. L'intégralité des données mesurées par les capteurs et sondes présentes dans les éoliennes est suivie et enregistrée dans une base de données unique. Ces données sont traitées par des algorithmes en permanence afin de détecter, au plus tôt, les dégradations des équipements. Lorsqu'elle est nécessaire, une inspection de l'équipement soupçonné de se dégrader est planifiée. Les algorithmes de détection et de génération d'alarmes sont en amélioration continue.		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	Entre 12 heures et 6 mois selon le type de dégradation		
Efficacité	NA		
Tests	Traçabilité : rapport de service		
Maintenance	NA		

Fonction de sécurité	Prévenir les risques de dégradation de l'éolienne en cas de vent fort	N° de la fonction de sécurité	13
Mesures de sécurité	1 - Classe d'éolienne adaptée au site et au régime de vents 2 - Mise à l'arrêt sur détection de vent fort et freinage aérodynamique par le système de contrôle		
Description	1. En France, la classification de vents des éoliennes fait référence à la norme « IEC 61400-1 ». La gamme de machines sélectionnées correspondant aux éoliennes Nordex (N100), Vestas (V100) ou Repower (MM100) sont dimensionnées pour chacune de ces classes. Il est donc important de faire correspondre la classe du site avec la classe de la turbine 2. Les éoliennes sont mises à l'arrêt si la vitesse de vent mesurée dépasse la vitesse maximale de 20 m/s. Cet arrêt est réalisé par le frein aérodynamique de l'éolienne avec mise en drapeau des pales. Cette mise en drapeau est effectuée par le système d'orientation des pales.		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	Temps de détection de l'ordre de la seconde. Mise drapeau des pales < 1 min		
Efficacité	100%		
Tests	Pitch system testé tous les ans lors des maintenances préventives.		
Maintenance	Tous les ans.		
Fonction de sécurité	Prévenir les risques de dégradation de l'éolienne en cas de cyclones dans les zones cycloniques	N° de la fonction de sécurité	14
Mesures de sécurité	NA : projet situé hors zone tropicale		

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 CONCLUSION DE L'ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES

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

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 d'infiltration d'huiles dans le sol, les volumes de substances libérées dans le sol restent mineurs.

Les cinq catégories de scénarios 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**

VIII ETUDE DETAILLEE DES RISQUES

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

1 RAPPEL DES DEFINITIONS

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

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

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

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

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

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

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

1.1 Cinétique

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

Selon l'article 8 de l'arrêté du 29 septembre 2005 [13], la cinétique peut être qualifiée de « lente » ou de « rapide ».

Dans le cas d'une cinétique lente, les personnes ont le temps d'être mises à l'abri à la suite de l'intervention des services de secours. Dans le cas contraire, la cinétique est considérée comme rapide.

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

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 [13]).

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

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

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

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

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

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

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

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

1.3 Gravité

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

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

La détermination du nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes) présentes dans chacune des zones d'effet est effectuée à l'aide de la méthode décrite sur la fiche n°1 de la circulaire du 10 mai 2010 relative aux règles méthodologiques applicables aux études de dangers.

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 :

Niveaux	Echelle qualitative	Echelle quantitative (probabilité annuelle)
A	Courant Se produit sur le site considéré et/ou peut se produire à plusieurs reprises pendant la durée de vie des installations, malgré d'éventuelles mesures correctives.	$P > 10^{-2}$
B	Probable S'est produit et/ou peut se produire pendant la durée de vie des installations.	$10^{-3} < P \leq 10^{-2}$

C	Improbable Evénement similaire déjà rencontré dans le secteur d'activité ou dans ce type d'organisation au niveau mondial, sans que les éventuelles corrections intervenues depuis apportent une garantie de réduction significative de sa probabilité.	$10^{-4} < P \leq 10^{-3}$
D	Rare S'est déjà produit mais a fait l'objet de mesures correctives réduisant significativement la probabilité.	$10^{-5} < P \leq 10^{-4}$
E	Extrêmement rare Possible mais non rencontré au niveau mondial. N'est pas impossible au vu des connaissances actuelles.	$\leq 10^{-5}$

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

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

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

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

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

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

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.

2 CARACTERISATION DES SCENARIOS RETENUS

2.1 Effondrement de l'éolienne

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 130 m (rotor de 99,8 m de diamètre et une hauteur de mât de 80 m) dans le cas des éoliennes du parc de Saint-Ferriol.

Cette méthodologie se rapproche de celles utilisées dans la bibliographie (références [5] et [6]⁴). 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.

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 du parc éolien de Saint-Ferriol. R est la longueur de pale (R= 48,8 m), H la hauteur du mât (H= 80 m), LB la base de largeur de la pale (LB=2,47 m) et L la largeur du mât (L= 4,04 m).

Effondrement de l'éolienne (dans un rayon inférieur ou égal à la hauteur totale de l'éolienne en bout de pale)			
Zone d'impact en m ²	Zone d'effet du phénomène étudié en m ²	Degré d'exposition du phénomène étudié en %	Intensité
$(H) \times L + 3 \times R \times LB/2$ = $80 \times 4,04 + 3 \times 48,8 \times 2,47/2$ = 504 m ²	$\pi \times (H+R)^2$ = $\pi \times (80+48,8)^2$ = 52 091 m ² = 5,2 ha	zone d'impact / zone d'effet = 504/52091 = 0,9 %	<i>exposition modérée</i> <1%

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

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

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

2.1.3 Gravité

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

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

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

Effondrement de l'éolienne (dans un rayon inférieur ou égal à la hauteur totale de l'éolienne en bout de pale)		
Eolienne	Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)	Gravité
Eolienne 1	<10 personne	« Sérieux »
Eolienne 2	<1 personne	« Modéré »
Eolienne 3	<10 personne	« Sérieux »
Eolienne 4	<1 personne	« Modéré »

Note sur les 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.

Le nombre de personnes permanentes au sein de la zone d'étude a été calculé de la manière suivante :

- Eolienne 1 :
 - terrains non aménagés et très peu fréquentés : 1 pers/100 ha soit ici 0,78 pers [zone d'effet = 78,5 ha).
 - la zone d'étude $S = \pi \times R^2$, R = 130 m est traversée par un linéaire de 190 m d'un sentier de randonnée (compter 2 personnes pour 1 km par tranche de 100 promeneurs/jour en moyenne). On ne comptera pas plus de 100 promeneurs/jour sur ce chemin rural, local. Cela fait donc environ 0,38 personnes ($2 \times 0,19$)
 - soit au total 0,78 + 0,38 = 1,16 personnes (moins de 10 personnes exposées)
- Eolienne 2 : terrains non aménagés et très peu fréquentés : 1 pers/100 ha soit ici 0,78 pers [zone d'effet = 78,5 ha).

- Eolienne 3 :
 - terrains non aménagés et très peu fréquentés : 1 pers/100 ha soit ici 0,78 pers [zone d'effet = 78,5 ha).
 - la zone d'étude $S = \pi \cdot R^2$, $R = 130$ m est traversée par un linéaire de 222 m d'un sentier de randonnée (compter 2 personnes pour 1 km par tranche de 100 promeneurs/jour en moyenne). On ne comptera pas plus de 100 promeneurs/jour sur ce chemin rural, local. Cela fait donc environ 0,44 personnes ($2 \cdot 0,22$)
 - soit au total $0,78 + 0,44 = 1,22$ personnes (moins de 10 personnes exposées)
- Eolienne 4 :
 - terrains non aménagés et très peu fréquentés : 1 pers/100 ha soit ici 0,78 pers [zone d'effet = 78,5 ha).
 - la zone d'étude $S = \pi \cdot R^2$, $R = 130$ m est traversée par un linéaire de 60 m d'un sentier de randonnée (compter 2 personnes pour 1 km par tranche de 100 promeneurs/jour en moyenne). On ne comptera pas plus de 100 promeneurs/jour sur ce chemin rural, local. Cela fait donc environ 0,12 personnes ($2 \cdot 0,06$)
 - soit au total $0,78 + 0,12 = 0,9$ personnes (moins d'1 personne exposée)

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

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

Le retour d'expérience français montre également une classe de probabilité « C ». En effet, il a été recensé seulement 7 événements pour 15 667 années d'expérience⁵, soit une probabilité de $4,47 \times 10^{-4}$ par éolienne et par an.

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

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

⁵ 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.

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

Ces mesures de mesures de sécurité sont notamment :

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

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

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

Il est 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 ».

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.

Le tableau suivant rappelle, pour les aérogénérateurs du parc de Saint-Ferriol, la gravité associée et le niveau de risque (acceptable/inacceptable) :

Effondrement de l'éolienne (dans un rayon inférieur ou égal à la hauteur totale de l'éolienne en bout de pale)		
Eolienne	Gravité	Niveau de risque
Eolienne 1	« Sérieux »	Acceptable
Eolienne 2	« Modéré »	Acceptable
Eolienne 3	« Sérieux »	Acceptable
Eolienne 4	« Modéré »	Acceptable

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

2.2 Chute d'éléments de l'éolienne

2.2.1 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, soit 99,8 mètres de diamètre et 49,9 mètres de rayon.

2.2.2 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 du parc éolien de Saint-Ferriol. d est le degré d'exposition, Z_I la zone d'impact, Z_E la zone d'effet, R correspond à un demi diamètre du rotor ($R=49,9$ m), LB la largeur de la base de la pale ($LB=2,47$ m) et D est le diamètre du rotor.

Chute d'éléments de l'éolienne (dans un rayon inférieur ou égal à 49,9 m = zone de survol)			
Zone d'impact en m^2	Zone d'effet du phénomène étudié en m^2	Degré d'exposition du phénomène étudié en %	Intensité
$Z_I = R \times LB/2$ $= 48,8 \times 2,47/2$ $= 60,27 m^2$	$Z_E = \pi \times D^2/4$ $= \pi \times 99,8^2/4$ $= 7819 m^2$	$d = Z_I/Z_E$ $= 60,27 / 7819$ $= 0,77 \%$	exposition modérée

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

2.2.3 Gravité

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

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

Chute d'éléments de l'éolienne (dans un rayon inférieur ou égal à 49,9 m = zone de survol)		
Eolienne	Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)	Gravité
Eoliennes 1 à 4	<1 personne	« Modéré »

Il s'agit ici pour les quatre éoliennes de terrains non aménagés et très peu fréquentés : 1 pers/100 ha soit ici 0,78 pers [zone d'effet = 78,5 ha).

2.2.4 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 4.47×10^{-4} événement par éolienne et par an).

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

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

2.2.5 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.

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

Chute d'éléments de l'éolienne (dans un rayon inférieur ou égal à 49,9 m = zone de survol)		
Eolienne	Gravité	Niveau de risque
Eoliennes 1 à 4	« Modéré »	Acceptable

Ainsi, pour le parc éolien de Saint-Ferriol, le phénomène de chute d'éléments d'éolienne constitue un risque acceptable pour les personnes.

2.3 Projection de pales ou de fragments de pales

2.3.1 Zone d'effet

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

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

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

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

2.3.2 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 ($R = 500$ m).

Le tableau ci-dessous permet d'évaluer l'intensité du phénomène de chute d'éléments de l'éolienne dans le cas du parc éolien de Saint-Ferriol. d est le degré d'exposition, Z_I la zone d'impact, Z_E la zone d'effet, R la longueur de pale ($R = 48,8$) et LB la largeur de la base de la pale ($LB = 2,47$ 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
$Z_I = R \times LB / 2$ = $48,8 \times 2,47 / 2$ = $60,27 \text{ m}^2$	$Z_E = \pi \times R^2$ = $\pi \times 500^2$ = $785\,000 \text{ m}^2$	$d = Z_I / Z_E$ = $60,27 / 785\,000$ = $0,007 \%$	Exposition modérée

2.3.3 Gravité

En fonction de cette intensité (exposition modérée), 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 »

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

Projection de pale ou de fragment de pale (zone de 500 m autour de chaque éolienne)		
Eolienne	Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)	Gravité
Eoliennes 1 à 4	Moins de 10 personnes exposées	« Sérieux »

Le nombre de personnes permanentes au sein de la zone d'étude a été calculé de la manière suivante :

- Eolienne 1 :
 - terrains non aménagés et très peu fréquentés : 1 pers/100 ha soit ici 0,78 pers [zone d'effet = 78,5 ha).
 - la zone d'étude $S = \pi \times R^2$, $R = 500$ m est traversée par un linéaire de 1,2 km d'un sentier de randonnée (compter 2 personnes pour 1 km par tranche de 100 promeneurs/jour en moyenne). On ne comptera pas plus de 100 promeneurs/jour sur ce chemin rural, local. Cela fait donc environ 2,4 personnes ($2 \times 1,2$)
 - soit au total $0,78 + 2,4 = 3,2$ personnes (moins de 10 personnes exposées)
- Eolienne 2 :
 - terrains non aménagés et très peu fréquentés : 1 pers/100 ha soit ici 0,78 pers [zone d'effet = 78,5 ha).
 - la zone d'étude $S = \pi \times R^2$, $R = 500$ m est traversée par un linéaire de 1,42 km d'un sentier de randonnée (compter 2 personnes pour 1 km par tranche de 100 promeneurs/jour en moyenne). On ne comptera pas plus de 100 promeneurs/jour sur ce chemin rural, local. Cela fait donc environ 2,84 personnes ($2 \times 1,42$)
 - soit au total $0,78 + 2,84 = 3,6$ personnes (moins de 10 personnes exposées)
- Eolienne 3 :
 - terrains non aménagés et très peu fréquentés : 1 pers/100 ha soit ici 0,78 pers [zone d'effet = 78,5 ha).
 - la zone d'étude $S = \pi \times R^2$, $R = 500$ m est traversée par un linéaire de 1,37 km d'un sentier de randonnée (compter 2 personnes pour 1 km par tranche de 100 promeneurs/jour en moyenne). On ne comptera pas plus de 100 promeneurs/jour sur ce chemin rural, local. Cela fait donc environ 2,74 personnes ($2 \times 1,37$)
 - soit au total $0,78 + 2,74 = 3,5$ personnes (moins de 10 personnes exposées)

- Eolienne 4 :
 - terrains non aménagés et très peu fréquentés : 1 pers/100 ha soit ici 0,78 pers [zone d'effet = 78,5 ha).
 - la zone d'étude $S = \pi \cdot R^2$, $R = 500$ m est traversée par un linéaire de 1,6 km d'un sentier de randonnée (compter 2 personnes pour 1 km par tranche de 100 promeneurs/jour en moyenne). On ne comptera pas plus de 100 promeneurs/jour sur ce chemin rural, local. Cela fait donc environ 2,4 personnes ($2 \cdot 1,6$)
 - soit au total $0,78 + 3,2 = 4$ personnes (moins de 10 personnes exposées)

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

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

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

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

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

Néanmoins, les dispositions constructives des éoliennes ayant fortement évolué, le niveau de fiabilité est aujourd'hui bien meilleur.

Des mesures de maîtrise des risques supplémentaires ont été mises en place notamment :

- 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* ».

2.3.5 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 1000 dans la zone d'effet.

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

Projection de pale ou de fragment de pale (zone de 500 m autour de chaque éolienne)		
Eolienne	Gravité	Niveau de risque
Eoliennes 1 à 4	« Sérieux »	Acceptable

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

2.4 Chute de glace

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

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

2.4.2 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 le parc éolien de Saint-Ferriol, la zone d'effet a donc un rayon de 49,9 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.

2.4.3 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 du parc éolien de Saint-Ferriol. Z_I est la zone d'impact, Z_E est la zone d'effet, R est la longueur de pale ($R=48,8$ m), SG est la surface du morceau de glace majorant ($SG=1$ m²).

Dans l'exemple du tableau ci-dessous, le degré d'exposition est calculé pour un morceau de glace d'une surface de 1 m² (de façon à majorer la zone d'impact et donc le degré d'exposition).

Chute de glace (dans un rayon inférieur ou égal à 49,9 m = zone de survol des pales)			
Zone d'impact en m ²	Zone d'effet du phénomène étudié en m ²	Degré d'exposition du phénomène étudié en %	Intensité
$Z_I = SG$ 1 m ²	$Z_E = \pi \times R^2$ $= \pi \times 48,8^2$ $= 7\,477$ m ²	$d = Z_I / Z_E$ $= 0,013$ % (< 1 %)	exposition modérée

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

2.4.4 Gravité

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

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

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

Chute de glace (dans un rayon inférieur ou égal à 49,9 m = zone de survol des pales)		
Eolienne	Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)	Gravité
Eoliennes 1 à 4	<1 personne	« Modéré »

Il s'agit ici pour les quatre éoliennes de terrains non aménagés et très peu fréquentés : 1 pers/100 ha soit ici 0,78 pers [zone d'effet = 78,5 ha).

2.4.5 Probabilité

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

2.4.6 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.

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

Chute de glace (dans un rayon inférieur ou égal à 49,9 m = zone de survol des pales)		
Eolienne	Gravité	Niveau de risque
Eoliennes 1 à 4	« Modéré »	Acceptable

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

2.5 Projection de glace

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 [15] propose une distance d'effet fonction de la hauteur et du diamètre de l'éolienne, dans les cas où le nombre de jours de glace est important et où l'éolienne n'est pas équipée de système d'arrêt des éoliennes en cas de givre ou de glace :

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

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

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 du parc éolien de Saint-Ferriol. d est le degré d'exposition, Z_I la zone d'impact, Z_E la zone d'effet, R la longueur de pale ($R = 48,8$ m), H la hauteur au moyeu ($H = 80$ m), et SG la surface majorante d'un morceau de glace.

Projection de morceaux de glace (dans un rayon de $R_{PG} = 1,5 \times (H+2R) = 266,4$ m autour de l'éolienne)			
Zone d'impact en m ²	Zone d'effet du phénomène étudié en m ²	Degré d'exposition du phénomène étudié en %	Intensité
$Z_I = SG = 1 \text{ m}^2$	$Z_E = \pi \times 1,5 \times (H+2R)^2 = \pi \times 1,5 \times (80+2 \times 48,8)^2 = 148\,562 \text{ m}^2$	$d = Z_I / Z_E = 1 / 148\,562 = 6,7 \times 10^{-6} (< 1 \%)$	Exposition modérée

2.5.3 Gravité

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

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

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

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

Projection de morceaux de glace (dans un rayon de $R_{PG} = 1,5 \times (H+2R) = 266,4$ m autour de l'éolienne)		
Eolienne	Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)	Gravité
Eoliennes 1 à 4	<10 personnes	« Sérieux »

Le nombre de personnes permanentes au sein de la zone d'étude a été calculé de la manière suivante :

- Eolienne 1 :
 - terrains non aménagés et très peu fréquentés : 1 pers/100 ha soit ici 0,78 pers [zone d'effet = 78,5 ha).
 - la zone d'étude $S = \pi \times R^2$, $R = 266$ m est traversée par un linéaire de 561 m d'un sentier de randonnée (compter 2 personnes pour 1 km par tranche de 100 promeneurs/jour en moyenne). On ne comptera pas plus de 100 promeneurs/jour sur ce chemin rural, local. Cela fait donc environ 1,12 personnes ($2 \times 0,56$)
 - soit au total $0,78 + 1,12 = 1,9$ personnes (moins de 10 personnes exposées)
- Eolienne 2 :
 - terrains non aménagés et très peu fréquentés : 1 pers/100 ha soit ici 0,78 pers [zone d'effet = 78,5 ha).
 - la zone d'étude $S = \pi \times R^2$, $R = 266$ m est traversée par un linéaire de 167 m d'un sentier de randonnée (compter 2 personnes pour 1 km par tranche de 100 promeneurs/jour en moyenne). On ne comptera pas plus de 100 promeneurs/jour sur ce chemin rural, local. Cela fait donc environ 0,34 personnes ($2 \times 0,17$)
 - soit au total $0,78 + 0,34 = 1,12$ personnes (moins de 10 personnes exposées)

- Eolienne 3 :
 - terrains non aménagés et très peu fréquentés : 1 pers/100 ha soit ici 0,78 pers [zone d'effet = 78,5 ha).
 - la zone d'étude $S = \pi \cdot R^2$, $R = 266$ m est traversée par un linéaire de 626 m d'un sentier de randonnée (compter 2 personnes pour 1 km par tranche de 100 promeneurs/jour en moyenne). On ne comptera pas plus de 100 promeneurs/jour sur ce chemin rural, local. Cela fait donc environ 1,26 personnes ($2 \cdot 0,63$)
 - soit au total $0,78 + 1,26 = 2$ personnes (moins de 10 personnes exposées)
- Eolienne 4 :
 - terrains non aménagés et très peu fréquentés : 1 pers/100 ha soit ici 0,78 pers [zone d'effet = 78,5 ha).
 - la zone d'étude $S = \pi \cdot R^2$, $R = 266$ m est traversée par un linéaire de 512 m d'un sentier de randonnée (compter 2 personnes pour 1 km par tranche de 100 promeneurs/jour en moyenne). On ne comptera pas plus de 100 promeneurs/jour sur ce chemin rural, local. Cela fait donc environ 1 personne ($2 \cdot 0,51$)
 - soit au total $0,78 + 1 = 1,78$ personnes (moins de 10 personnes exposées)

2.5.4 Probabilité

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

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

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

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 du parc de Saint-Ferriol, la gravité associée et le niveau de risque (acceptable/inacceptable) :

Projection de morceaux de glace (dans un rayon de $R_{PG} = 1,5 \times (H+2R) = 266.4$ m autour de l'éolienne)		
Eolienne	Gravité	Niveau de risque
Eoliennes 1 à 4	« Sérieux »	Acceptable

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

3 SYNTHÈSE DE L'ETUDE DETAILLEE DES RISQUES

3.1 Tableaux de synthèse des scénarios étudiés

Les tableaux suivants récapitulent, pour chaque événement redouté central retenu, les paramètres de risques : la cinétique, l'intensité, la gravité et la probabilité. Les tableaux regrouperont les éoliennes qui ont le même profil de risque.

Il est important de noter que l'agrégation des éoliennes au sein d'un même profil de risque ne débouche pas sur une agrégation de leur niveau de probabilité ni du nombre de personnes exposées car les zones d'effet sont différentes.

SYNTHÈSE DES SCENARIOS ETUDIÉS					
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 soit 52 091 m ²	Rapide	Exposition modérée	D (pour des éoliennes récentes)	Modéré pour E2 et E4 Sérieux pour E1 et E3
Chute d'élément de l'éolienne	Zone de survol soit 7 662 m ²	Rapide	Exposition modérée	C	Modéré pour toutes les éoliennes
Projection de pales	500 m autour de l'éolienne	Rapide	Exposition modérée	D (pour des éoliennes récentes)	Sérieux pour toutes les éoliennes
Chute de glace	Zone de survol des pales soit 7 477 m ²	Rapide	Exposition modérée	A	Modéré pour toutes les éoliennes
Projection de glace	1,5 x (80+2 x 48,8) autour de l'éolienne soit 148 562 m ²	Rapide	Exposition modérée	B	Sérieux pour toutes les éoliennes

3.2 Synthèse de l'acceptabilité des risques

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

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

Matrice de criticité du projet éolien de Saint-Ferriol :

Conséquence	Classe de Probabilité				
	E	D	C	B	A
Désastreux					
Catastrophique					
Important					
Sérieux		E (E1 et E3) PP (E1 à 4)		PG (E1 à 4)	
Modéré		E (E2 et E4)	CE (E1 à 4)		CG (E1 à 4)

Légende de la matrice:

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

Signification des abréviations :

- E = effondrement de l'éolienne
- CE = chute d'élément
- PP = projection de pales ou de fragments de pales
- CG = chute de glace
- PG = projection de glace

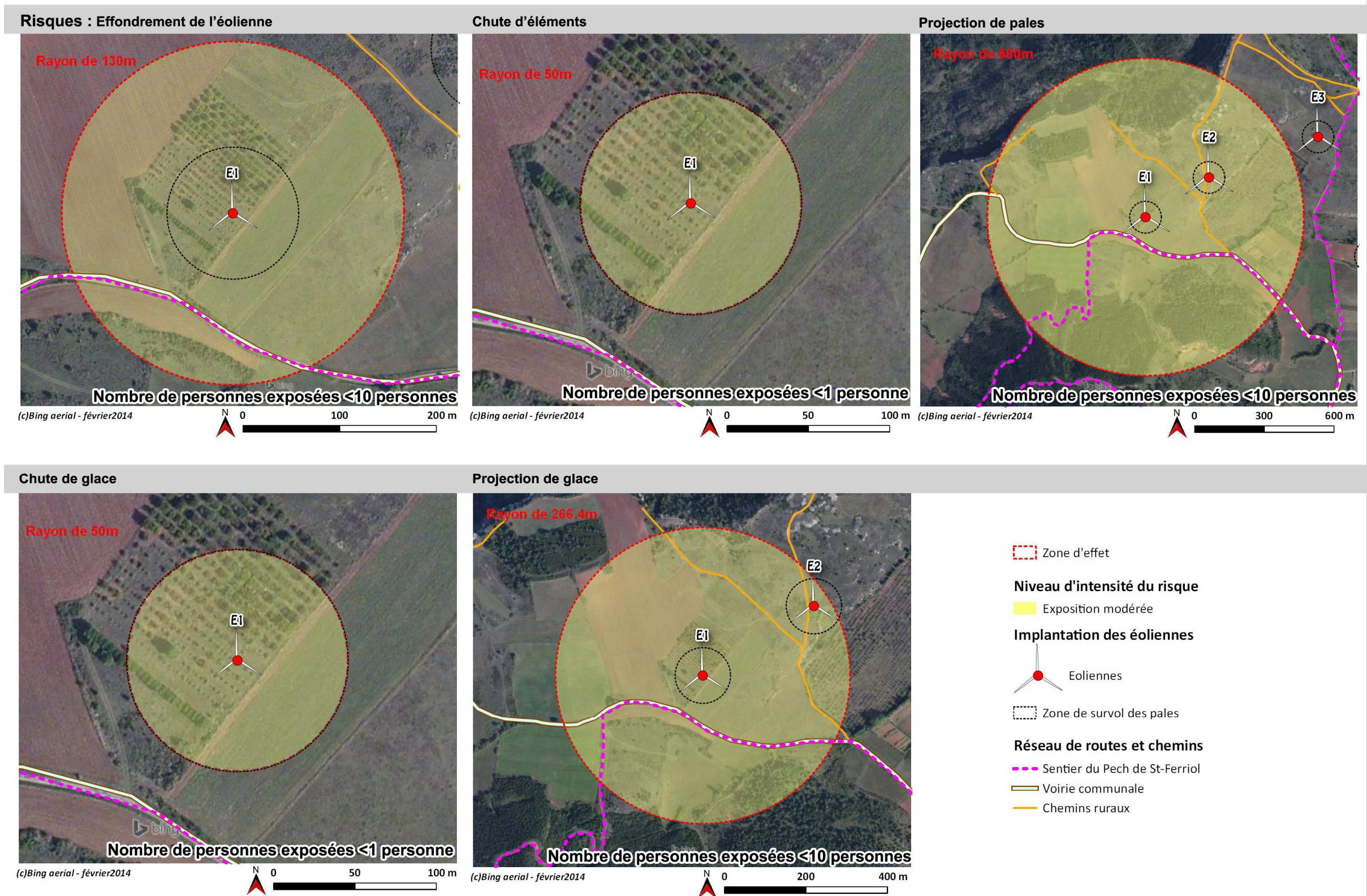
Il apparaît au regard de la matrice ainsi complétée que :

- aucun accident n'apparaît dans les cases rouges de la matrice
- certains accidents figurent en case jaune. Pour ces accidents, il convient de souligner que les fonctions de sécurité détaillées dans la partie VII.6 seront mises en place.

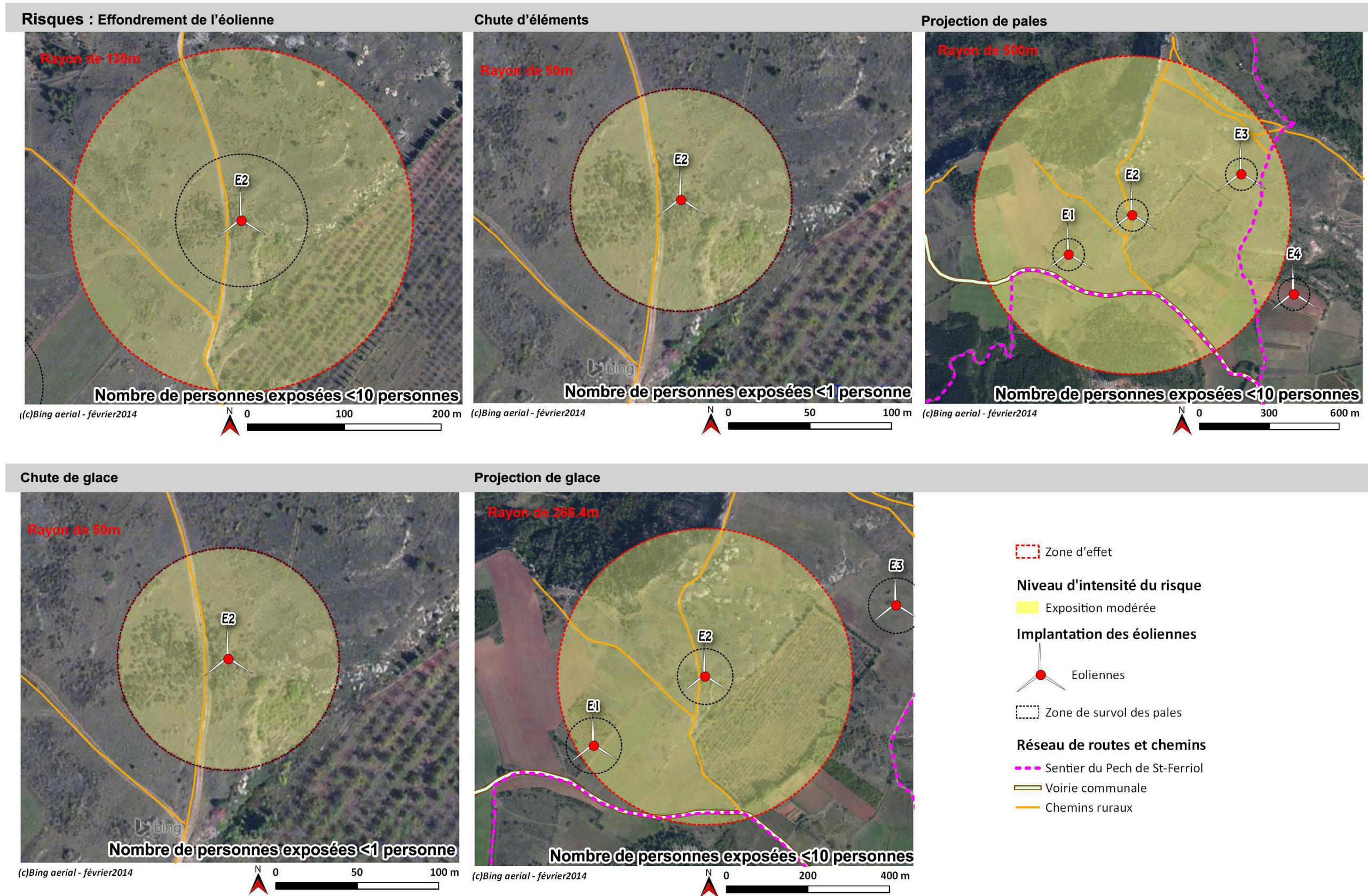
Pour conclure, sachant que le risque associé à chaque événement redouté central étudié est acceptable, le risque généré par le parc éolien de Saint-Ferriol est acceptable.

3.3 Cartographie des risques

Carte 11 : Cartographie des risques pour E1

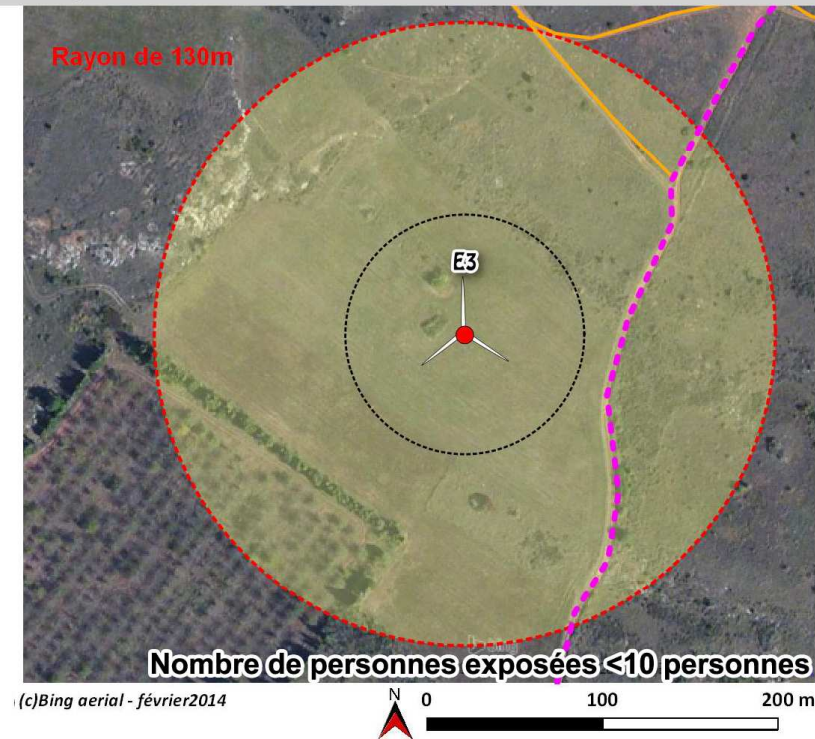


Carte 12 : Cartographie des risques pour E2

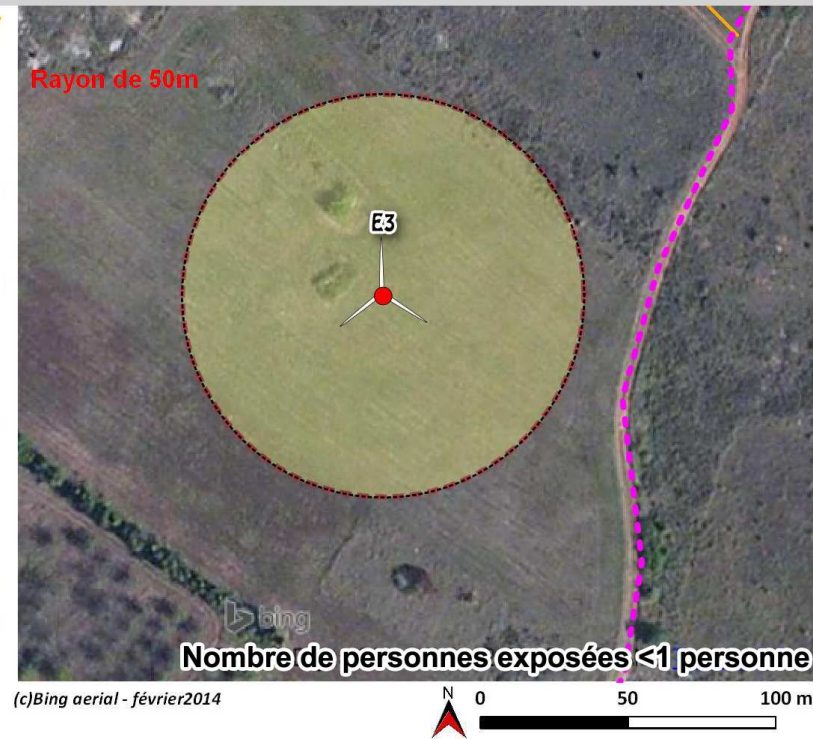


Carte 13 : Cartographie des risques pour E3

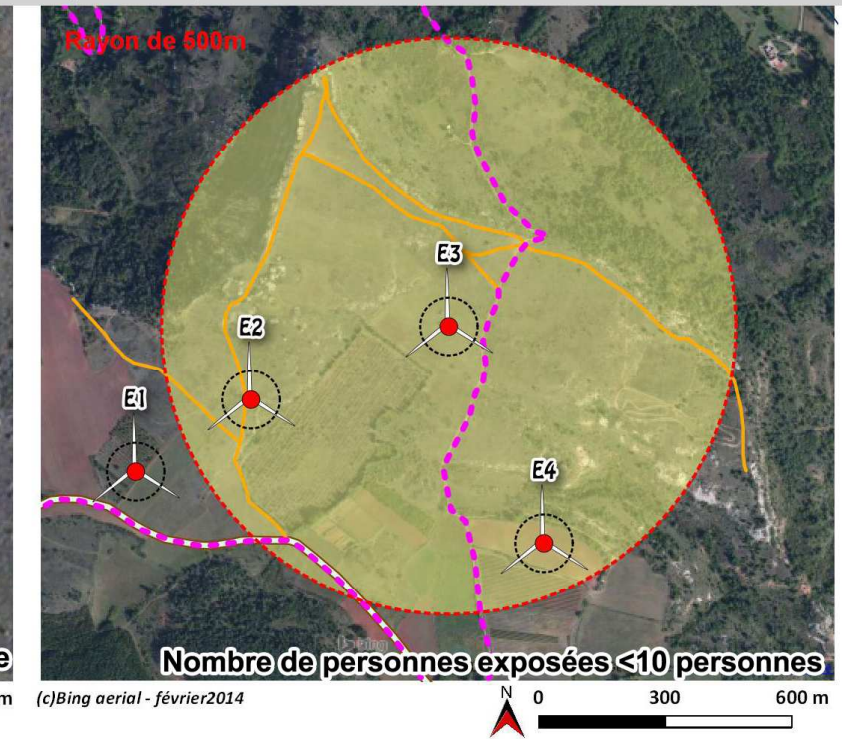
Risques : Effondrement de l'éolienne



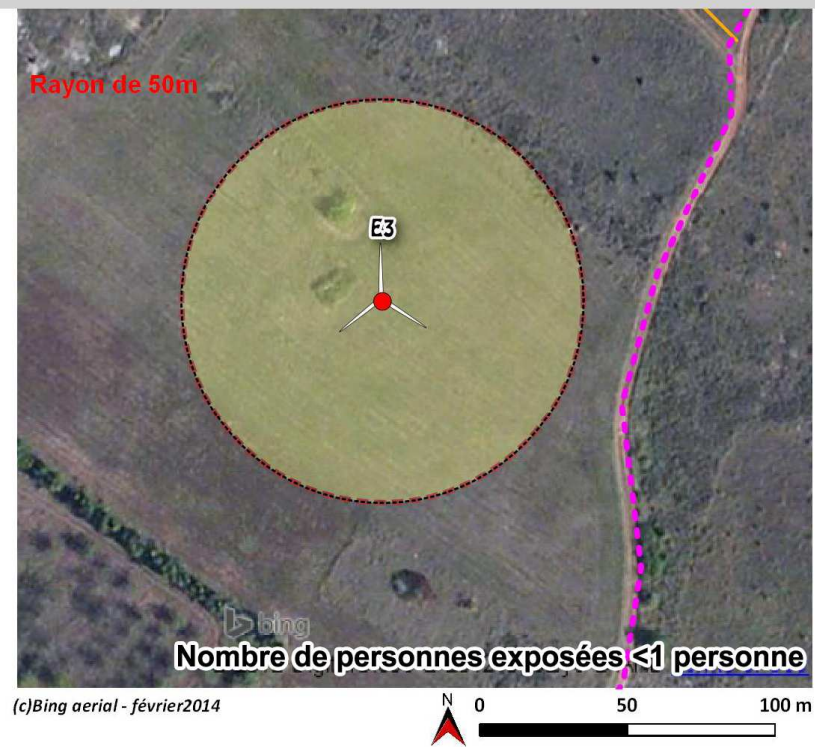
Chute d'éléments



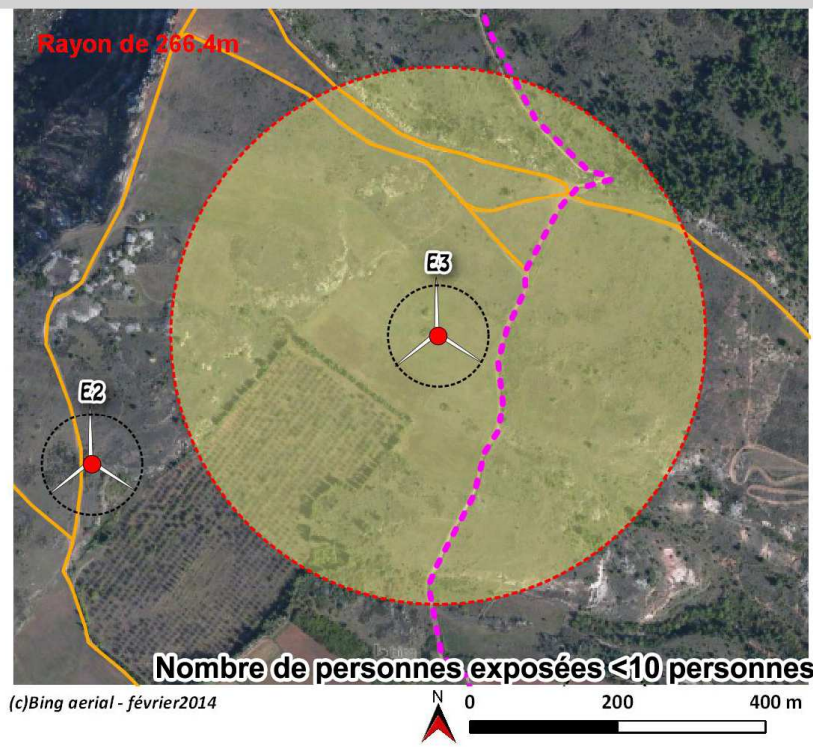
Projection de pales



Chute de glace



Projection de glace



Zone d'effet

Niveau d'intensité du risque

Exposition modérée

Implantation des éoliennes

Eoliennes

Zone de survol des pales

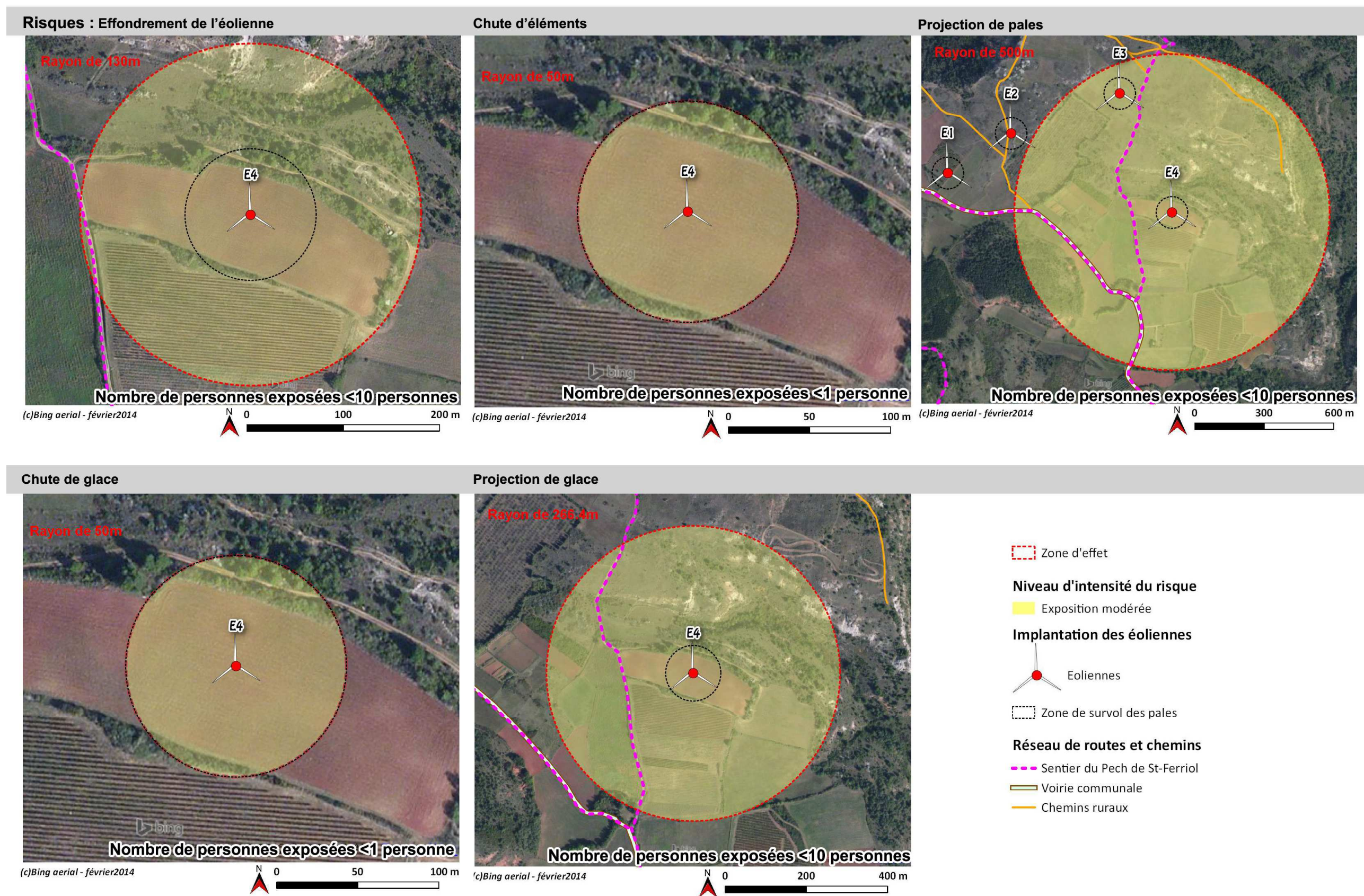
Réseau de routes et chemins

Sentier du Pech de St-Ferriol

Voirie communale

Chemins ruraux

Carte 14 : Cartographie des risques pour E4



IX CONCLUSION

Réalisé dans le respect de l'environnement et de la réglementation en vigueur, l'exploitation du parc éolien de Saint-Ferriol présente un niveau de risque acceptable.

Les mesures de prévention, les équipements de lutte contre les dangers et nuisances éventuelles ainsi que les moyens et consignes d'intervention en cas de sinistre, mis en place par l'exploitant, permettent d'atteindre un niveau de risque aussi bas que possible.

Le projet éolien de Saint-Ferriol, composé de 4 éoliennes de hauteur totale de 130 m présente donc des risques faibles et maîtrisés pour l'environnement et les personnes de la commune, ainsi que pour les autres communes à moins de 6 km suivant :

- l'effondrement des éoliennes constitue un risque très faible acceptable ;
- la chute d'éléments constitue un risque très faible acceptable ;
- la projection de tout ou partie de pale constitue un risque très faible acceptable ;
- la chute de glace constitue un risque faible acceptable ;
- la projection de glace constitue un risque faible acceptable.

Le tableau ci-dessous synthétise

- les principaux accidents majeurs identifiés,
- la probabilité et la gravité de ces accidents,
- les principales mesures de maîtrise des risques mises en place pour prévenir ou limiter les conséquences de ces accidents majeurs,
- l'acceptabilité des accidents majeurs les plus significatifs en termes de risque.

Accidents majeurs	Mesures de prévention	DANGERS RESIDUELS			ACCEPTABILITE
		Probabilité associée	Valeur et classe de probabilité	Gravité	
Projection de pale	<ul style="list-style-type: none"> - Respect d'une distance minimale de 730 m par rapport aux habitations les plus proches. - Respect d'une distance minimale de 640 m des routes les plus proches (RD509), <ul style="list-style-type: none"> - Classe d'éolienne adaptée - Détection de survitesse du générateur et système de freinage. - Mise à la terre des éoliennes et protection des éléments de l'aérogénérateur contre la foudre. - Machines équipées de capteurs de température des pièces mécaniques et d'une mise à l'arrêt jusqu'à refroidissement <ul style="list-style-type: none"> - Contrôle réguliers des assemblages de structure. - Détection des vents forts, des tempêtes avec arrêt automatique de la machine et diminution de la prise au vent de l'éolienne (mise en drapeau progressive des pâles) par le système de contrôle - Respect des préconisations du manuel de maintenance et formation du personnel 	Rare	D	Sérieux pour toutes les éoliennes	Acceptable
Effondrement de l'éolienne	<ul style="list-style-type: none"> - Respect d'une distance minimale de 730 m par rapport aux habitations les plus proches. - Respect d'une distance minimale de 640 m des routes les plus proches (RD509), - Détection de survitesse du générateur et système de freinage. - Mise à la terre des éoliennes et protection des éléments de l'aérogénérateur contre la foudre. - Machines équipées de capteurs de température des pièces mécaniques et d'une mise à l'arrêt jusqu'à refroidissement <ul style="list-style-type: none"> - Machines équipées d'un système de détection incendie relié à une alarme transmise à un poste de contrôle. - Détection des vents forts, des tempêtes avec arrêt automatique de la machine et diminution de la prise au vent de l'éolienne (mise en drapeau progressive des pâles) par le système de conduite. - Contrôles réguliers des fondations et des différentes pièces d'assemblages. - Respect des préconisations du manuel de maintenance et formation du personnel <ul style="list-style-type: none"> - Actions de prévention dans le cadre du plan de prévention - Prévention de la dégradation de l'état des équipements 	Rare	D	Modéré pour E2 et E4 Sérieux pour E1 et E3	Acceptable
Chute d'éléments de l'éolienne	<ul style="list-style-type: none"> - Respect d'une distance minimale de 730 m par rapport aux habitations les plus proches. - Respect d'une distance minimale de 640 m des routes les plus proches (RD509), <ul style="list-style-type: none"> - Détection de survitesse du générateur et système de freinage. - Détecteur d'arc avec coupure électrique (salle transformateur et armoires électriques). - Mise à la terre des éoliennes et protection des éléments de l'aérogénérateur contre la foudre. - Machines équipées de capteurs de température des pièces mécaniques et d'une mise à l'arrêt jusqu'à refroidissement <ul style="list-style-type: none"> - Machines équipées d'un système de détection incendie relié à une alarme transmise à un poste de contrôle. - Contrôles réguliers des assemblages de structure. - Suivi de données mesurées par les capteurs et sondes présentes dans les éoliennes Nordex - Respect des préconisations du manuel de maintenance et formation du personnel <ul style="list-style-type: none"> - Procédures et contrôle qualité - Procédure maintenance 	Improbable	C	Modéré pour toutes les éoliennes	Acceptable
Chute de glace	<ul style="list-style-type: none"> - Respect d'une distance minimale de 730 m par rapport aux habitations les plus proches. - Respect d'une distance minimale de 640 m des routes les plus proches (RD509), <ul style="list-style-type: none"> - Réalisation d'un panneautage aux abords du parc éolien. 	Courant	A	Modéré pour toutes les éoliennes	Acceptable
Projection de glace	<ul style="list-style-type: none"> - Respect d'une distance minimale de 730 m par rapport aux habitations les plus proches. - Respect d'une distance minimale de 640 m des routes les plus proches (RD509), <ul style="list-style-type: none"> - Réalisation d'un panneautage aux abords du parc éolien. 	Probable	B	Sérieux pour toutes les éoliennes	Acceptable

X RESUME NON TECHNIQUE

1 PREAMBULE

1.1 Objectif de l'étude de dangers

La présente étude expose les dangers que peuvent présenter les installations du parc éolien de Saint-Ferriol. Elle a pour objet de caractériser, analyser, évaluer, prévenir et réduire les risques encourus par les personnes ou l'environnement.

Cette étude est proportionnée aux risques présentés par les éoliennes du parc.

1.2 Contexte législatif et réglementaire

Cette étude de dangers est élaborée conformément aux textes suivants notamment :

- Au décret n°2011-984 du 23 août 2011, modifiant l'article R. 511-9 du Code de l'environnement, qui crée la rubrique 2980 pour les installations de production d'électricité à partir de l'énergie mécanique du vent et regroupant un ou plusieurs aérogénérateurs. Cette nouvelle réglementation prévoit que, dans le cadre d'une demande d'autorisation d'exploiter, l'exploitant doit réaliser une étude de dangers.
- Arrêté ministériel 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.
- par l'article R. 512-9 du Code de l'environnement qui précise le contenu de l'étude de dangers, qui, selon le principe de proportionnalité, doit être en relation avec l'importance des risques engendrés par l'installation.
- La circulaire du 10 mai 2010 qui précise le contenu attendu de l'étude de dangers et apporte des éléments d'appréciation des dangers pour les installations classées soumises à autorisation.

L'étude de dangers a pour objectif de démontrer la maîtrise du risque par l'exploitant. Elle comporte une analyse des risques qui présente les différents scénarios d'accidents majeurs susceptibles d'intervenir. Ces scénarios sont caractérisés en fonction de leur probabilité d'occurrence, de leur cinétique, de leur intensité et de la gravité des accidents potentiels.

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

1.3 Nomenclature des installations classées

Le parc éolien de Saint-Ferriol comprend 4 aérogénérateurs dont le mât a une hauteur de 80 m. Conformément à l'article R. 511-9 du Code de l'environnement, modifié par le décret n°2011-984 du 23 août 2011, cette installation est donc soumise à autorisation 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.

2 INFORMATIONS GENERALES CONCERNANT L'INSTALLATION

2.1 Renseignements administratifs

2.1.1 Présentation du demandeur

La demande est présentée par la société **SARL Saint Ferriol Energies**, domiciliée à Paris et représentée par Can Nalbantoglu en qualité de président. **Maître d'Ouvrage de l'opération envisagée**, cette société dont l'objet est uniquement la construction et l'exploitation du Parc Eolien de Saint-Ferriol est rattachée à BayWa r.e. France SAS.

La France est un marché clé pour BayWa r.e. qui y a débuté ses activités en 2005. Créée en 2008 (sous le nom de RENERCO Energies SAS), BayWa r.e. France SAS, filiale du groupe allemand BayWa r.e. renewable energy GmbH est aujourd'hui devenu un acteur incontournable sur le marché des énergies renouvelables.

BayWa r.e. France conçoit, développe et exploite des projets éoliens et solaires dits « clé en main » en partenariat avec des développeurs locaux. Toutes les étapes d'un projet sont effectivement prises en charge par nos équipes pluridisciplinaires : de la conception au démantèlement, en passant par les études de faisabilité, le développement, le financement, la construction et l'exploitation. BayWa r.e. France est une société, qui co-développe des projets, structure le financement, construit et exploite des fermes éoliennes.

Dans cette activité, BayWa r.e. France s'attache régulièrement les services de la société ENERPOLE. ENERPOLE est en effet une société qui développe des projets éoliens dans le cadre d'une maîtrise d'ouvrage déléguée.

ENERPOLE développe actuellement près de 350MW de projets dont 60 à l'étranger et a déposé en juin 2007 son premier permis de construire pour un projet éolien de 22.5 MW.

L'expérience professionnelle des personnes qui composent la société ENERPOLE a permis le développement de près de 500MW de projets éoliens dont 205MW ont été déposés en demande de permis de construire dont plus de 50 MW (5 parcs éoliens) sont actuellement en exploitation.

2.1.2 Rédacteurs de l'étude de dangers

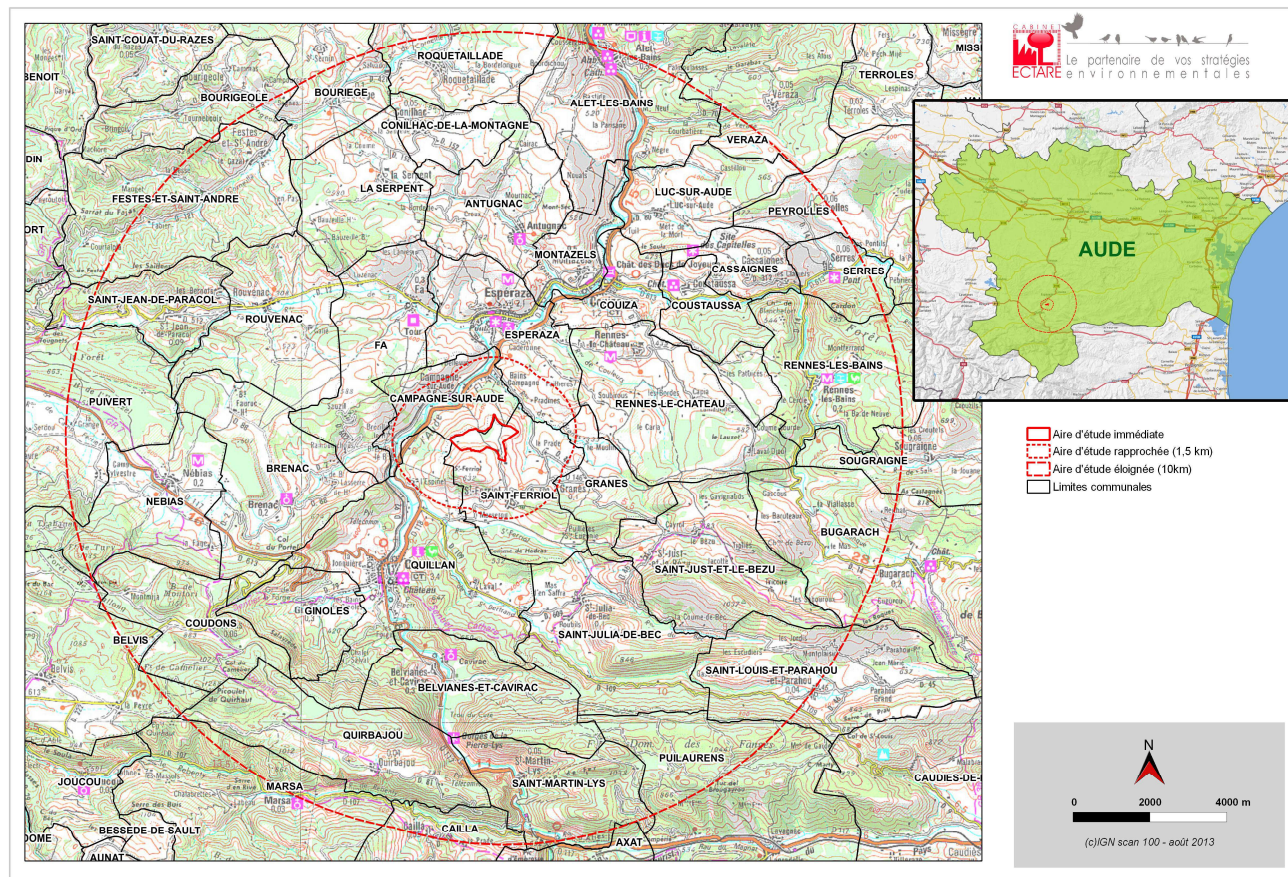
La présente étude de dangers a été réalisée par :

- **Jérôme Segonds**, chef du Pôle Infrastructures au Cabinet ECTARE
- **Lucie Davin**, assistante d'études au Cabinet ECTARE
- **Laurie Debrondeau**, infographiste

2.1.3 Localisation du site

Le parc éolien de Saint-Ferriol, composé de 4 aérogénérateurs type Nordex 100/2500 kW ou équivalent, est localisé sur la commune de Saint-Ferriol, dans le département de l'Aude (11) en région Languedoc-Roussillon.

Les terrains étudiés se situent plus précisément sur un secteur de replat entre le sommet du Pech de Saint-Ferriol et une ligne de falaises, dominant la vallée de l'Aude, en partie nord-ouest du territoire communal.



2.1.4 Définition de l'aire d'étude

La zone sur laquelle porte l'étude de dangers est constituée d'une aire d'étude par éolienne. Chaque aire d'étude correspond à l'ensemble des points situés à une distance inférieure ou égale à 500 m à partir de l'emprise du mât de l'aérogénérateur.

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

3 SYNTHÈSE DE LA DESCRIPTION DE L'ENVIRONNEMENT DE L'INSTALLATION

La description de l'environnement de l'installation est récapitulée dans le tableau ci-dessous :

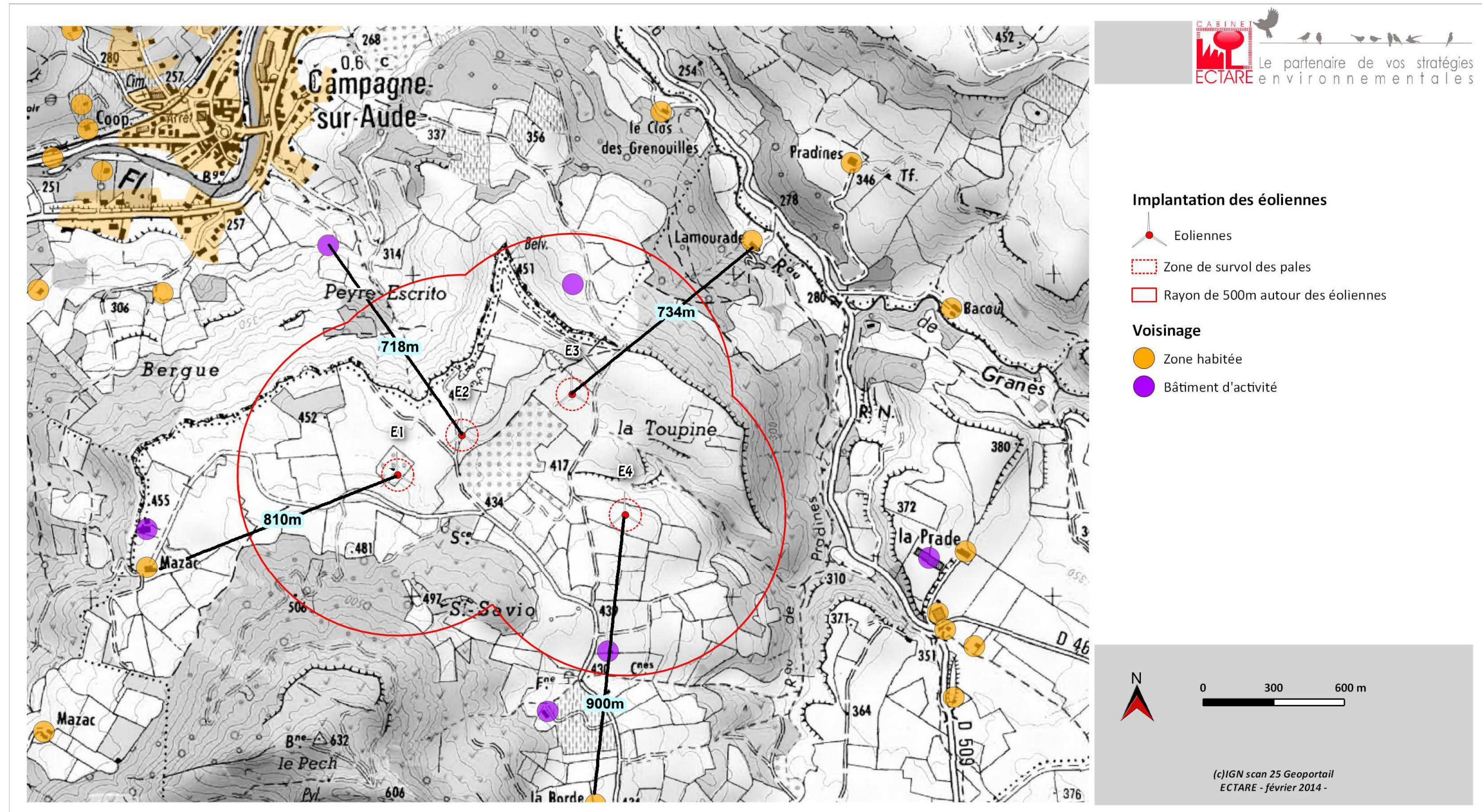
		Thème	Commentaires
Environnement Humain	Zones urbanisées		- Zone d'étude très peu peuplée et densité de population très faible - Aucune zone urbanisée sur la zone d'étude. - Aucune zone à urbaniser sur la zone d'étude.
	ERP		Aucun ERP sur la zone d'étude.
	ICPE et INB		Aucun établissement ICPE et aucune INB ne sont présents dans les limites de la zone d'étude.
	Autres activités		Les activités agricoles se poursuivront en dehors des zones défrichées.
Environnement Naturel	Contexte climatique		Le site étudié s'inscrit dans un secteur au climat à influence méditerranéenne et océanique. Il arrive que les gelées soient fortes dans le secteur d'étude, avec des températures se situant souvent entre -5 et -9 °C, et des minimales autour de -13 à -15°C. L'été, du fait de sa situation encaissée où les vents dominants n'ont que peu d'influence, les températures arrivent fréquemment au niveau des 30°C. Les hauteurs de pluie enregistrées au niveau des stations les plus proches varient entre 640 mm/an à Limoux et 770 mm/an à Villebazy. Les précipitations sont assez importantes du fait de la proximité avec les Pyrénées. La région est également parfois soumise à des vents violents qui s'y manifestent 86 jours par an Les vents dominants sont la Tramontane de Nord-Ouest et le Marin, ou l'Autan de Sud Sud Est. A 50 mètres de hauteur, les résultats du mât de mesure installé sur le site pendant deux ans indiquent une vitesse de vent de 4,9 m/s.
	Risques Naturels	Sismicité	La commune de Saint-Ferriol se trouve en zone de sismicité 3 (modérée). Cette zone correspond à une zone dans laquelle il existe des prescriptions parasismiques particulières pour certaines catégories de bâtiments. Dans le cadre du projet, au regard du type d'infrastructure envisagée (éolienne) aucune règle de protection particulière n'est à appliquer dans les constructions.

	Mouvements de terrain et tempêtes	Aucun mouvement de terrain ni cavité souterraine n'est recensé sur la commune de Saint-Ferriol. Cependant, un mouvement de terrain est recensé en limite de zone d'implantation : un éboulement a pu être observé à Campagne-sur-Aude en 2000, en limite de l'aire d'étude immédiate. Une tempête a fait l'objet d'un arrêté de catastrophe naturelle sur la commune de Saint-Ferriol (événement du 6 au 10 novembre 1982 avec un arrêté du 18/11/1982).
	Aléa retrait-gonflement	Le site est soumis à un aléa retrait-gonflement des argiles qualifié de faible à fort.
	Activité Orageuse	Le secteur n'est pas particulièrement soumis aux phénomènes orageux.
	Incendies	Constitué de parcelles agricoles (friches, prairies, jachères, vignes etc), le risque de feu de forêt est considéré comme faible, mais potentiel du fait de la présence de boisements au sud et au nord-est de l'aire d'étude immédiate.
	Inondations	L'aire d'étude se situe en dehors des zones inondables.
Environnement matériel	Voies de communication	Aucun transport routier, aucun transport ferroviaire, aucun transport fluvial, aucun transport aérien ne sont présents dans les limites de la zone d'étude. On notera toutefois la présence d'un sentier balisé, que l'on prendra en compte dans l'étude. Toutefois, il faut noter la présence d'un sentier de randonnée balisé traversant le site du nord au sud, et la présence de chemins ruraux de promenade parcourant le site.
	Réseaux publics et privés	Aucun périmètre de protection de captage d'eau potable, ni aucune canalisation de gaz ne se trouve au sein de la zone d'étude de 500 m autour des éoliennes.
	Autres ouvrages publics	Aucun autre ouvrage public sur la zone d'étude

ERP : Etablissement Recevant du Public

ICPE : Installations Classées pour la protection de l'Environnement

INB : Installations Nucléaires de Base



Carte 15 : Distance des éoliennes au voisinage proche

4 DESCRIPTION DE L'INSTALLATION

4.1 Caractéristiques et fonctionnement de l'installation

4.1.1 Caractéristiques générales

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. Grâce aux informations transmises par la girouette qui détermine la direction du vent, le rotor se positionnera pour être continuellement face au vent. Les pales se mettent en mouvement lorsque l'anémomètre indique une vitesse de vent d'environ 10 km/h.

La puissance électrique produite varie en fonction de la vitesse de rotation du rotor. Dès que le vent atteint environ 50 km/h à hauteur de nacelle, l'éolienne fournit sa puissance maximale. L'éolienne peut être arrêtée manuellement (interrupteur Marche/Arrêt) ou en actionnant le bouton d'arrêt d'urgence. Le système de commande arrête l'éolienne en cas de dérangement ou si les conditions de vent sont défavorables.

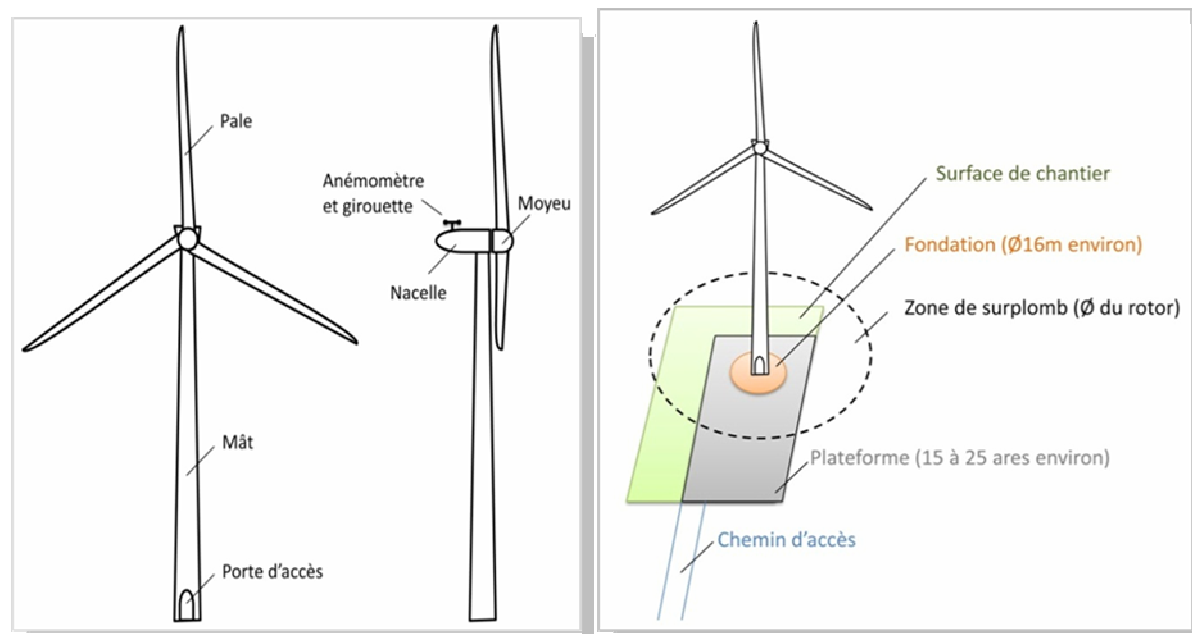


Figure : Schéma d'un aérogénérateur Figure : Emprise au sol d'une éolienne

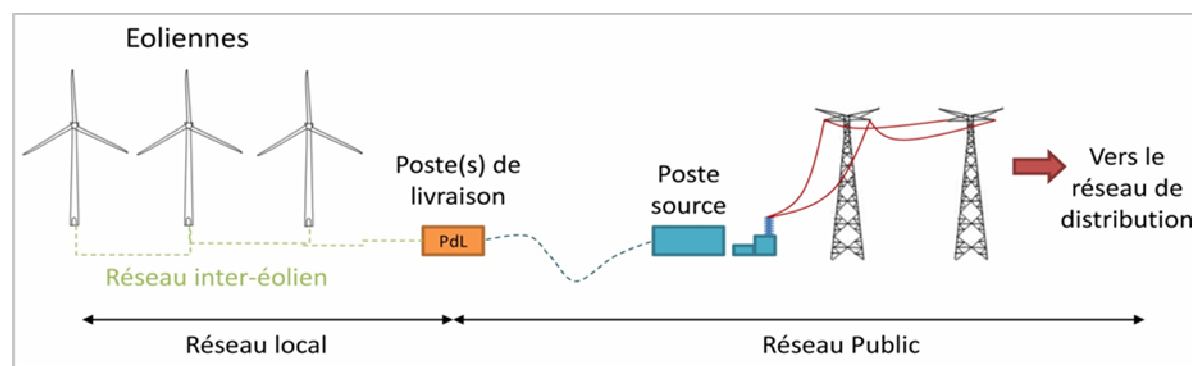


Figure : Raccordement électrique des installations

Le parc éolien de Saint-Ferriol est composé de 4 aérogénérateurs type Nordex N100 2500 kW et d'un poste de livraison. Chaque aérogénérateur a une hauteur de moyeu de 80 mètres et un diamètre de rotor de 99,8 mètres, soit une hauteur totale en bout de pale de 130 mètres. L'éolienne Nordex N100 2,5 MW est donc décrite ici en exemple car elle est la plus représentative de la gamme des machines retenues dans le cadre des projets mis en œuvre par BayWa r.e. Les caractéristiques de l'éolienne Nordex 100 2,5 MW sont décrites dans le tableau ci-dessous.

Tableau 5 : principaux éléments d'une éolienne Nordex N100 2,5 MW

Eolienne : Nordex N100 2.5 MW	
Caractéristiques générales	
Puissance nominale	2500 kW
Vitesse de vent au démarrage	3 m/s
Vitesse nominale	13 m/s
Vitesse de vent au décrochage	25 m/s
Concept de l'installation	Sans boîte de vitesse, régime variable, ajustage individuel des pales
Fondation	
Fonction	Ancrer et stabiliser l'éolienne
Matière	Béton armé
Dimensions	Le type et le dimensionnement exacts des fondations seront déterminés suite aux résultats de l'expertise géotechnique.
Mât	
Fonction	Supporter la nacelle et le rotor
Type de mât	tubulaire
Poids du mât	182 tonnes d'acier
Hauteur maximale	80 m
Poids de la nacelle	91,5 tonnes
Diamètre de la base de la tour	4,04 m
Rotor / pâles	
Type	Rotor face au vent avec système actif de réglage des pales
Fonction	Capter l'énergie mécanique du vent et la transmettre à la génératrice
Sens de rotation	Sens horaire
Diamètre du rotor	99.8 m
Nombre de pales	3
Longueur des pales	48,8 m
Poids d'une pale	Entre 9,8 et 11,2 tonnes en fonction du fabricant
Surface balayée	Environ 7 854 m ²
Matériau des pales	Fibre de verre renforcée avec époxy et fibre de carbone
Vitesse de rotation	Entre 9,6 et x16,8 tours / minute
Largeur à la base de la pale	Env 2,5 m

Générateur et transformateur	
Fonction	Générateur : produire de l'énergie électrique à partir d'énergie mécanique Transformateur : élever la tension de sortie de la génératrice avant l'acheminement du courant électrique par le réseau
Générateur	Générateur de type triphasé synchrone
Transformateur	Transformateur triphasé de type sec
Emplacement du transformateur	Dans une pièce fermée à l'arrière de la nacelle
Système de freinage	3 systèmes indépendants de réglage des pales avec alimentation de secours Frein d'arrêt du rotor Blocage du rotor
Contrôle d'orientation	Par mécanisme de réglage

Le tableau suivant indique les coordonnées géographiques des aérogénérateurs et du poste de livraison en système de coordonnées en Lambert 93 :

Numéro de l'éolienne	X	Y
E1	635 723	6 201 070
E2	635 925	6 201 191
E3	636 271	6 201 314
E4	636 431	6 200 937
Poste de livraison	636 330	6 200 639

Tableau : Coordonnées des éoliennes

4.1.2 Sécurité de l'installation

L'installation respectera la réglementation en vigueur en matière de sécurité. 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, les aérogénérateurs et les installations électriques extérieures seront notamment conformes :

- aux dispositions de la norme IEC 61 400-1
- les aérogénérateurs subiront un contrôle technique.
- l'installation sera mise à la terre et respectera les dispositions de la norme IEC 61 400-24. Les opérations de maintenance incluront un contrôle visuel des pales et des éléments susceptibles d'être impactés par la foudre.
- aux dispositions de la directive 2006/42/CE du parlement européen et du conseil du 17 mai 2006
- aux normes NFC 15-100
- le balisage de l'installation sera 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.

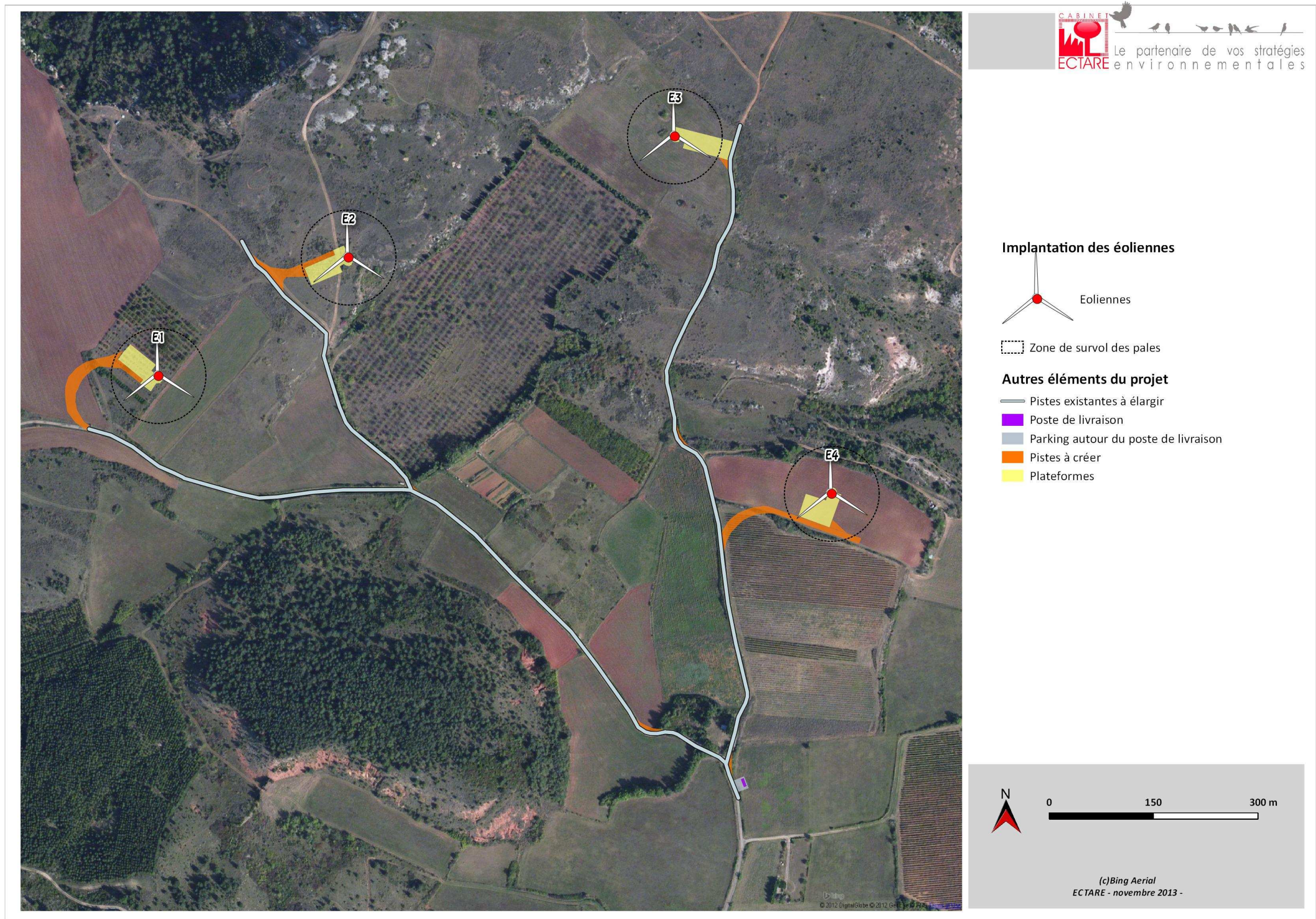
4.1.3 Opérations de maintenance de l'installation

Par ailleurs, l'installation sera conforme aux prescriptions de l'arrêté ministériel relatif aux installations soumises à autorisation au titre de la rubrique 2980 des installations classées en matière d'exploitation :

- Toutes les fonctions pertinentes pour la sécurité sont surveillées par un système électronique et, en plus, par l'intervention à un niveau hiérarchique supérieur de capteurs mécaniques. L'éolienne est immédiatement arrêtée si l'un des capteurs détecte une anomalie sérieuse.
- Avant la mise en service industrielle du parc éolien de Saint-Ferriol, puis suivant une périodicité annuelle, l'exploitant réalisera des essais permettant de s'assurer du fonctionnement normal de l'ensemble des équipements. Ces contrôles feront l'objet d'un rapport tenu à la disposition de l'inspecteur des installations classées.
- Les installations électriques extérieure et intérieure à l'aérogénérateur seront entretenues en bon état et seront contrôlées avant la mise en service industrielle puis à une fréquence annuelle, après leur installation

4.1.4 Stockage et flux de produits dangereux

Conformément à l'article 16 de l'arrêté du 26 août 2011, aucun matériel inflammable ou combustible ne sera stocké dans les éoliennes du parc de Saint-Ferriol.



Carte de Présentation du projet

4.2 Fonctionnement des réseaux de l'installation

Réseaux	Fonction	Caractéristiques propres au projet éolien de Saint-Ferriol
Réseau inter-éolien	Relie le transformateur au point de raccordement avec le réseau public.	- Câbles électriques en aluminium de section 240mm ² - Câbles enfouis à une profondeur minimum de 80 cm - Le courant électrique entre la nacelle et le transformateur à la base de la machine est de 660 volts. A sa sortie, il est converti en 20 000 volts.
Poste de livraison	Nœud de raccordement de toutes les éoliennes avant que l'électricité ne soit injectée dans le réseau public.	Emplacement parcelle 197 section A
Réseau électrique externe	Relie les postes de livraison au poste source.	- Raccordement par voie souterraine, à 80cm à 1m20 de profondeur.
Autres	Eau, assainissement, gaz	L'installation n'est équipée d'aucun autre réseau

5 IDENTIFICATION DES POTENTIELS DE DANGERS DE L'INSTALLATION

5.1 Potentiels 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 déchet, ni d'émission atmosphérique, ni d'effluent potentiellement dangereux pour l'environnement.

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

Les produits identifiés (graisses, huiles, solvants, nettoyants...) dans le cadre du parc éolien de Saint-Ferriol sont utilisés pour le bon fonctionnement des éoliennes, leur maintenance et leur entretien.

5.2 Potentiels de dangers liés au fonctionnement de l'installation

Les dangers liés au fonctionnement du parc éolien de Saint-Ferriol sont de cinq types :

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

5.3 Réduction des potentiels de dangers à la source

Afin de minimiser le risque d'effondrement vis-à-vis des usagers, le parc éolien est implanté à une distance supérieure à 900 m des principaux axes de circulation.

Par ailleurs, le Maître d'Ouvrage installera sur le site de Saint-Ferriol des éoliennes de dernière technologie limitant ainsi le risque d'incident. Elles sont équipées d'un système de protection contre la foudre conforme à la norme IEC 62305 et conçu pour répondre à la classe de protection I de la norme internationale IEC 61400 et les protections installées sont considérées comme suffisantes pour qu'une Analyse des Risques Foudre (ARF) ne soit pas à réaliser conformément à l'Arrêté du 15 janvier 2008 et à sa circulaire du 24 avril 2008 relatif à la protection contre la foudre de certaines installations classées.

La réalisation du parc sera également effectuée dans le respect de la réglementation relative au débroussaillage.

Afin de limiter la pollution des sols et du sous-sol lors d'un déversement accidentel, la zone de fondation est bétonnée. Une aire étanche d'alimentation en carburant est prévue lors du chantier. Cette aire sera utilisée aussi pour les éventuelles opérations de maintenance du matériel de construction et levage.

De plus, les personnes en charge de la maintenance et de l'entretien possèdent une instruction technique relative aux opérations réalisées.

Les installations éoliennes, ne consommant pas de matières premières et ne rejetant aucune émission dans l'atmosphère, ne sont pas soumises à la directive 96/61/CE du 24 septembre 1996 relative à la prévention et à la réduction intégrées de la pollution.

6 SYNTHÈSE DES PHÉNOMÈNES DANGEREUX REDOUTÉS ISSUS DU RETOUR D'EXPERIENCE

6.1 Analyse de l'évolution des accidents en France

Plusieurs sources ont été utilisées pour effectuer le recensement des accidents et incidents au niveau français :

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

Le graphique suivant montre la répartition des événements accidentels et de leurs causes premières sur le parc d'aérogénérateur français entre 2000 et 2011.

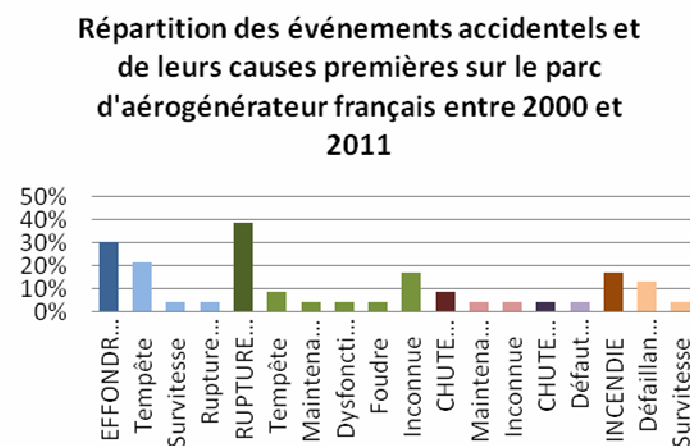


Figure : Répartition des événements accidentels et de leurs causes premières sur le parc d'aérogénérateurs français entre 2000 et 2011.

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

Il est important de noter que depuis 2005, l'énergie éolienne s'est en effet fortement développée en France, mais que 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.

Remarque : Aucun incident ou accident n'est survenu sur les parcs éoliens de Saint-Ferriol Energies ni ceux de BayWa r.e.

6.2 Analyse des typologies d'accidents les plus fréquents

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. 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.

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

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

6.3 Limites d'utilisation de l'accidentologie

Ces retours d'expérience doivent être pris avec précaution. Ils comportent notamment les biais suivants : la non-exhaustivité des événements, la non-homogénéité des aérogénérateurs inclus dans ce retour d'expérience et les importantes incertitudes sur les causes et sur la séquence qui a mené à un accident.

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

7 ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES

7.1 Objectif de l'analyse préliminaire des risques

L'analyse des risques a pour objectif principal d'identifier les scénarios d'accident majeurs et les mesures de sécurité qui empêchent ces scénarios de se produire ou en limitent les effets. Les scénarios d'accident sont ensuite hiérarchisés en fonction de leur intensité et de l'étendue possible de leurs conséquences. Cette hiérarchisation permet de « filtrer » les scénarios d'accident majeurs.

7.2 Recensement des événements initiateurs exclus de l'analyse des risques

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

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

D'autre part, 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

7.3.1 Agressions externes liées aux activités humaines

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

Infrastructure	Fonction	Événement redouté	Danger potentiel	Périmètre	Distance par rapport au mât des éoliennes
Voies de circulation	Transport	Accident entraînant la sortie de voie d'un ou plusieurs véhicules	Energie cinétique des véhicules et flux thermiques	200 m	Hors périmètre
Aérodrome	Transport aérien	Chute d'aéronef	Energie cinétique de l'aéronef, flux thermique	2000 m	Hors périmètre
Ligne THT	Transport d'électricité	Rupture de câble	Arc électrique, surtensions	200 m	Hors périmètre
Autres aérogénérateurs	Production d'électricité	Accident générant des projections d'éléments	Energie cinétique des éléments projetés	500 m	Aucun
Autre ICPE	Activités de production diverses	Accident générant des projections d'éléments	Energie cinétique des éléments projetés	500 m	Hors périmètre

7.3.2 Agressions externes liées aux phénomènes naturels

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

Agression externe	Intensité
Sismicité	Les terrains étudiés se situent en zone de sismicité modérée (zone de sismicité 3). Dans le cadre du projet, au regard du type d'infrastructure envisagée (éolienne) aucune règle de protection particulière n'est à appliquer dans les constructions.
Vents et tempête	La région est parfois soumise à des vents violents qui s'y manifestent 86 jours par an. Une seule tempête, en 1892, a fait l'objet d'un arrêté de catastrophe naturelle sur la commune. La zone d'implantation n'est pas concernée par les phénomènes météorologiques des zones tropicales.
Foudre	Les 4 éoliennes seront équipées notamment d'un système de mise à la terre, respecteront la norme IEC 62305 et seront conçues pour répondre à la classe de protection I de la norme internationale IEC 61400-24.
Incendie de forêt	Le secteur d'étude se situe dans une zone où le risque d'incendie est potentiel, même si le risque réel est faible compte tenu de la nature de l'occupation des sols du site d'étude (agriculture).

7.4 Scénarios étudiés dans l'analyse préliminaire des risques

Le tableau ci-dessous présente par thématique les typologies d'événements redoutés centraux identifiés grâce au retour d'expérience du groupe de travail précédemment cité. Il peut être considéré comme représentatif des scénarios d'accidents pouvant potentiellement se produire sur les éoliennes :

Thématique	Evénement redouté central
Glace	Chute de glace lorsque les éoliennes sont arrêtées
Glace	Projection de glace lorsque les éoliennes sont en mouvement
Incendie	Court-circuit
Incendie	Incendie de tout ou partie de l'éolienne
Incendie	Fuites d'huile isolante
Fuites	Infiltration d'huile dans le sol
Chute	Chute d'élément de l'éolienne
Projection	Projection de tout ou partie pale
Effondrement	Effondrement de l'éolienne

7.5 Effets dominos

Dans le cadre des études de dangers éoliennes, l'évaluation de la probabilité d'impact d'un élément de l'aérogénérateur sur une autre installation ICPE est uniquement prise en compte lorsque celle-ci se situe dans un rayon de 100 mètres. Cette distance est supérieure pour le projet, **l'effet domino n'est donc pas pris en considération.**

7.6 Mise en place des mesures de sécurité

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

7.7 Conclusion de l'analyse préliminaire des risques

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

- Incendie de l'éolienne (effets thermiques)
- Incendie du poste de livraison ou du transformateur
- Chute et projection de glace dans les cas particuliers où les températures hivernales ne sont pas inférieures à 0°C
- Infiltration d'huile dans le sol

Les trois catégories de scénarios 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

8 ETUDE DETAILLEE DES RISQUES

8.1 Rappel des définitions

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. 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.

L'**intensité** des effets des phénomènes dangereux est définie par rapport à des valeurs de référence exprimées sous forme de seuils d'effets toxiques, d'effets de surpression, d'effets thermiques et d'effets liés à l'impact d'un projectile, pour les hommes et les structures (article 9 de l'arrêté du 29 septembre 2005 [13]). Ces seuils n'étant pas adaptés aux accidents générés par les aérogénérateurs, deux valeurs de référence ont été retenues :

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

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

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

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

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

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

La détermination du nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes) présentes dans chacune des zones d'effet est effectuée à l'aide de la méthode présentée en annexe 1.

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 :

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

Dans le cadre 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 Synthèse de l'étude détaillée des risques

8.2.1 Tableaux de synthèse des scénarios étudiés

Le tableau suivant récapitule, pour chaque événement redouté central retenu, les paramètres de risques : la cinétique, l'intensité, la gravité et la probabilité.

SYNTHESE DES SCENARIOS ETUDIES					
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 soit 52 091 m ² (5,2 ha)	Rapide	Exposition modérée	D (pour des éoliennes récentes)	Sérieux pour E1 et E3 Modéré pour E2 et E4
Chute d'élément de l'éolienne	Zone de survol soit 7 819 m ²	Rapide	Exposition modérée	C	Modéré
Projection	500 m autour de l'éolienne	Rapide	Exposition modérée	D (pour des éoliennes récentes)	Sérieux
Chute de glace	Zone de survol des pales soit 7 477 m ²	Rapide	Exposition modérée	A	Modéré
Projection de glace	1,5 x (80+2 x 48,8) autour de l'éolienne soit 148 562 m ²	Rapide	Exposition modérée	B	Sérieux

8.2.2 Synthèse de l'acceptabilité des risques

La matrice de criticité ci-dessous permet de conclure sur l'acceptabilité du risque du projet éolien de Saint-Ferriol:

Conséquence	Classe de Probabilité				
	E	D	C	B	A
Désastreux					
Catastrophique					
Important					
Sérieux		E (E1 et E3) PP (E1 à 4)		PG (E1 à 4)	
Modéré		E (E2 et E4)	CE (E1 à 4)		CG (1 à 4)

Légende de la matrice:

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

Signification des abréviations :

- E = effondrement de l'éolienne
- CE = chute d'élément
- PP = projection de pales ou de fragments de pales
- CG = chute de glace
- PG = projection de glace

Il apparaît au regard de la matrice que :

- aucun accident n'apparaît dans les cases rouges de la matrice
- certains accidents figurent en case jaune. Pour ces accidents, il convient de souligner que les fonctions de sécurité détaillées dans la partie VII.6 seront mises en place.

Pour conclure, sachant que le risque associé à chaque événement redouté central étudié est acceptable, le risque généré par le parc éolien de Saint-Ferriol est acceptable.

9 CONCLUSION

Réalisé dans le respect de l'environnement et de la réglementation en vigueur, l'exploitation du parc éolien de Saint-Ferriol présente un niveau de risque acceptable.

Les mesures de prévention, les équipements de lutte contre les dangers et nuisances éventuelles ainsi que les moyens et consignes d'intervention en cas de sinistre, mis en place par l'exploitant, permettent d'atteindre **un niveau de risque aussi bas que possible**.

Le projet éolien de Saint-Ferriol, composé de 4 éoliennes de hauteur totale de 130 m présente donc des risques faibles et maîtrisés pour l'environnement et les personnes de la commune, ainsi que pour les autres communes à moins de 6 km suivant :

- l'effondrement des éoliennes constitue un risque très faible acceptable ;
- la chute d'éléments constitue un risque très faible acceptable ;
- la projection de tout ou partie de pale constitue un risque très faible acceptable ;
- la chute de glace constitue un risque faible acceptable ;
- la projection de glace constitue un risque faible acceptable.

Le tableau ci-dessous synthétise

- les principaux accidents majeurs identifiés,
- la probabilité et la gravité de ces accidents,
- les principales mesures de maîtrise des risques mises en place pour prévenir ou limiter les conséquences de ces accidents majeurs,
- l'acceptabilité des accidents majeurs les plus significatifs en termes de risque.

Accidents majeurs	Mesures de prévention	DANGERS RESIDUELS			ACCEPTABILITE
		Probabilité associée	Valeur et classe de probabilité	Gravité	
Projection de pale	<ul style="list-style-type: none"> - Respect d'une distance minimale de 730 m par rapport aux habitations les plus proches. - Respect d'une distance minimale de 640 m des routes les plus proches (RD509), <ul style="list-style-type: none"> - Classe d'éolienne adaptée - Détection de survitesse du générateur et système de freinage. - Mise à la terre des éoliennes et protection des éléments de l'aérogénérateur contre la foudre. - Machines équipées de capteurs de température des pièces mécaniques et d'une mise à l'arrêt jusqu'à refroidissement <ul style="list-style-type: none"> - Contrôle réguliers des assemblages de structure. - Détection des vents forts, des tempêtes avec arrêt automatique de la machine et diminution de la prise au vent de l'éolienne (mise en drapeau progressive des pâles) par le système de contrôle - Respect des préconisations du manuel de maintenance et formation du personnel 	Rare	D	Sérieux pour toutes les éoliennes	Acceptable
Effondrement de l'éolienne	<ul style="list-style-type: none"> - Respect d'une distance minimale de 730 m par rapport aux habitations les plus proches. - Respect d'une distance minimale de 640 m des routes les plus proches (RD509), - Détection de survitesse du générateur et système de freinage. - Mise à la terre des éoliennes et protection des éléments de l'aérogénérateur contre la foudre. - Machines équipées de capteurs de température des pièces mécaniques et d'une mise à l'arrêt jusqu'à refroidissement <ul style="list-style-type: none"> - Machines équipées d'un système de détection incendie relié à une alarme transmise à un poste de contrôle. - Détection des vents forts, des tempêtes avec arrêt automatique de la machine et diminution de la prise au vent de l'éolienne (mise en drapeau progressive des pâles) par le système de conduite. - Contrôles réguliers des fondations et des différentes pièces d'assemblages. - Respect des préconisations du manuel de maintenance et formation du personnel <ul style="list-style-type: none"> - Actions de prévention dans le cadre du plan de prévention - Prévention de la dégradation de l'état des équipements 	Rare	D	Modéré pour E2 et E4 Sérieux pour E1 et E3	Acceptable
Chute d'éléments de l'éolienne	<ul style="list-style-type: none"> - Respect d'une distance minimale de 730 m par rapport aux habitations les plus proches. - Respect d'une distance minimale de 640 m des routes les plus proches (RD509), <ul style="list-style-type: none"> - Détection de survitesse du générateur et système de freinage. - Détecteur d'arc avec coupure électrique (salle transformateur et armoires électriques). - Mise à la terre des éoliennes et protection des éléments de l'aérogénérateur contre la foudre. - Machines équipées de capteurs de température des pièces mécaniques et d'une mise à l'arrêt jusqu'à refroidissement <ul style="list-style-type: none"> - Machines équipées d'un système de détection incendie relié à une alarme transmise à un poste de contrôle. - Contrôles réguliers des assemblages de structure. - Suivi de données mesurées par les capteurs et sondes présentes dans les éoliennes Nordex - Respect des préconisations du manuel de maintenance et formation du personnel <ul style="list-style-type: none"> - Procédures et contrôle qualité - Procédure maintenance 	Improbable	C	Modéré pour toutes les éoliennes	Acceptable
Chute de glace	<ul style="list-style-type: none"> - Respect d'une distance minimale de 730 m par rapport aux habitations les plus proches. - Respect d'une distance minimale de 640 m des routes les plus proches (RD509), <ul style="list-style-type: none"> - Réalisation d'un panneautage aux abords du parc éolien. 	Courant	A	Modéré pour toutes les éoliennes	Acceptable
Projection de glace	<ul style="list-style-type: none"> - Respect d'une distance minimale de 710 m par rapport aux habitations les plus proches. - Respect d'une distance minimale de 640 m des routes les plus proches (RD509), <ul style="list-style-type: none"> - Réalisation d'un panneautage aux abords du parc éolien. 	Probable	B	Sérieux pour toutes les éoliennes	Acceptable

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

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

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

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

TERRAINS NON BÂTIS

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

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

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

VOIES DE CIRCULATION

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

Voies de circulation automobiles

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

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

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

Voies ferroviaires

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

Voies navigables

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

Chemins et voies piétonnes

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

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

LOGEMENTS

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

ÉTABLISSEMENTS RECEVANT DU PUBLIC (ERP)

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

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

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

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

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

ZONES D'ACTIVITÉ

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

ANNEXE 2 – TABLEAU DE L'ACCIDENTOLOGIE FRANÇAISE

Le tableau ci-dessous a été établi par le groupe de travail constitué pour la réalisation du présent guide. Il recense l'ensemble des accidents et incidents connus en France concernant la filière éolienne entre

2000 et fin 2011. L'analyse de ces données est présentée dans la partie VI. de la trame type de l'étude de dangers.

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

Type d'accident	Date	Nom du parc	Département	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information	Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude de dangers
Rupture de pale	22/06/2004	Pleyber-Christ - Site du Télégraphe	Finistère	0,3	2001	Non	Survitesse puis éjection de bouts de pales de 1,5 et 2,5 m à 50 m, mât intact	Tempête + problème d'allongement des pales et retrait de sécurité (débridage)	Rapport du CGM Articles de presse (Le Télégramme, Ouest France du 09/07/2004)	-
Rupture de pale	08/07/2004	Pleyber-Christ - Site du Télégraphe	Finistère	0,3	2001	Non	Survitesse puis éjection de bouts de pales de 1,5 et 2,5m à 50m, mat intact	Tempête + problème d'allongement des pales et retrait de sécurité (débridage)	Rapport du CGM Articles de presse (Le Télégramme, Ouest France du 09/07/2004)	Incident identique à celui s'étant produit 15 jours auparavant
Rupture de pale	2004	Escales-Conilhac	Aude	0,75	2003	Non	Bris de trois pales		Site Vent de Colère	Information peu précise
Rupture de pale + incendie	22/12/2004	Montjoyer-Rochefort	Drôme	0,75	2004	Non	Bris des trois pales et début d'incendie sur une éolienne (survitesse de plus de 60 tr/min)	Survitesse due à une maintenance en cours, problème de régulation, et dysfonctionnement du système de freinage	Base de données ARIA Article de presse (La Tribune du 30/12/2004) Site Vent de Colère	-
Rupture de pale	2005	Wormhout	Nord	0,4	1997	Non	Bris de pale		Site Vent de Colère	Information peu précise
Rupture de pale	08/10/2006	Pleyber-Christ - Site du Télégraphe	Finistère	0,3	2004	Non	Chute d'une pale de 20 m pesant 3 tonnes	Allongement des pales et retrait de sécurité (débridage), pas de REX suite aux précédents accidents sur le même parc	Site FED Articles de presse (Ouest France) Journal FR3	-
Incendie	18/11/2006	Roquetaillade	Aude	0,66	2001	Oui	Acte de malveillance: explosion de bonbonne de gaz au pied de 2 éoliennes. L'une d'entre elles a mis le feu en pieds de mat qui s'est propagé jusqu'à la nacelle.	Malveillance / incendie criminel	Communiqués de presse exploitant Articles de presse (La Dépêche, Midi Libre)	-
Effondrement	03/12/2006	Bondues	Nord	0,08	1993	Non	Sectionnement du mât puis effondrement d'une éolienne dans une zone industrielle	Tempête (vents mesurés à 137Kmh)	Article de presse (La Voix du Nord)	-
Rupture de pale	31/12/2006	Ally	Haute-Loire	1,5	2005	Oui	Chute de pale lors d'un chantier de maintenance visant à remplacer les rotors	Accident faisant suite à une opération de maintenance	Site Vent de Colère	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident pendant la phase chantier)
Rupture de pale	03/2007	Clitourps	Manche	0,66	2005	Oui	Rupture d'un morceau de pale de 4 m et éjection à environ 80 m de distance dans un champ	Cause pas éclaircie	Site FED Interne exploitant	-
Chute d'élément	11/10/2007	Plouvien	Finistère	1,3	2007	Non	Chute d'un élément de la nacelle (trappe de visite de 50 cm de diamètre)	Défaut au niveau des charnières de la trappe de visite. Correctif appliqué et retrofit des boulons de charnières effectué sur toutes les machines en exploitation.	Article de presse (Le Télégramme)	-
Emballement	03/2008	Dinéault	Finistère	0,3	2002	Non	Emballement de l'éolienne mais pas de bris de pale	Tempête + système de freinage hors service (boulon manquant)	Base de données ARIA	Non utilisable directement dans l'étude de dangers (événement unique et sans répercussion potentielle sur les personnes)

Type d'accident	Date	Nom du parc	Département	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information	Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude de dangers
Collision avion	04/2008	Plouguin	Finistère	2	2004	Non	Léger choc entre l'aile d'un bimoteur Beechcraftch (liaison Ouessant-Brest) et une pale d'éolienne à l'arrêt. Perte d'une pièce de protection au bout d'aile. Mise à l'arrêt de la machine pour inspection.	Mauvaise météo, conditions de vol difficiles (sous le plafond des 1000m imposé par le survol de la zone) et faute de pilotage (altitude trop basse)	Articles de presse (Le Télégramme, Le Post)	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident aéronautique)
Rupture de pale	19/07/2008	Erize-la-Brûlée - Voie Sacrée	Meuse	2	2007	Oui	Chute de pale et projection de morceaux de pale suite à un coup de foudre	Foudre + défaut de pale	Communiqué de presse exploitant Article de presse (l'Est Républicain 22/07/2008)	-
Incendie	28/08/2008	Vauvillers	Somme	2	2006	Oui	Incendie de la nacelle	Problème au niveau d'éléments électroniques	Dépêche AFP 28/08/2008	-
Rupture de pale	26/12/2008	Raival - Voie Sacrée	Meuse	2	2007	Oui	Chute de pale		Communiqué de presse exploitant Article de presse (l'Est Républicain)	-
Maintenance	26/01/2009	Clastres	Aisne	2,75	2004	Oui	Accident électrique ayant entraîné la brûlure de deux agents de maintenance	Accident électrique (explosion d'un convertisseur)	Base de données ARIA	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident sur le personnel de maintenance)
Rupture de pale	08/06/2009	Bollène	Vaucluse	2,3	2009	Oui	Bout de pale d'une éolienne ouvert	Coup de foudre sur la pale	Interne exploitant	Non utilisable dans les chutes ou les projections (la pale est restée accrochée)
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	Freyssenet	Ardèche	2	2005	Oui	Incendie de la nacelle	Court-circuit faisant suite à une opération de maintenance (problème sur une armoire électrique)	Base de données ARIA Site FED Article de presse (Le Dauphiné)	-
Maintenance	20/04/2010	Toufflers	Nord	0,15	1993	Non	Décès d'un technicien au cours d'une opération de maintenance	Crise cardiaque	Article de presse (La Voix du Nord 20/04/2010)	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident sur le personnel de maintenance)
Effondrement	30/05/2010	Port la Nouvelle	Aude	0,2	1991	Non	Effondrement d'une éolienne	Le rotor avait été endommagé par l'effet d'une survitesse. La dernière pale (entière) a pris le vent créant un balourd. Le sommet de la tour a plié et est venu buter contre la base entraînant la chute de l'ensemble.	Interne exploitant	-

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

ANNEXE 3 – SCENARIOS GENERIQUES ISSUS DE L'ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES

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

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

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

SCENARIOS RELATIFS AUX RISQUES D'INCENDIE (I01 A 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. Le système d'injection au réseau NORDEX garantit une très large plage de fonctionnement de l'éolienne. Ainsi en fonction du réseau, le système d'injection peut être paramétré de manière flexible pour une fréquence nominale de réseau de 50 ou 60 hertz permettant un fonctionnement du réseau et des éoliennes fiable et permanent.

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.

SCENARIOS RELATIFS AUX RISQUES DE FUITES (F01 A F02)

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

Scénario F01

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

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

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

Deux événements peuvent être aggravants :

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

Scénario F02

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

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

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

Ce scénario est à adapter en fonction des produits utilisés.

SCENARIOS RELATIFS AUX RISQUES DE CHUTE D'ELEMENTS (C01 A 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.

SCENARIOS RELATIFS AUX RISQUES DE PROJECTION DE PALES OU DE FRAGMENTS DE PALES (P01 A P06)

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

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

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

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

Scénario P01

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

Scénario P02

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

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

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

Scénarios P03

Un mauvais serrage de base ou le desserrage avec le temps des goujons des pales pourrait amener au décrochage total.

SCENARIOS RELATIFS AUX RISQUES D'EFFONDREMENT DES EOLIENNES (E01 A E10)

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

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

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

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

ANNEXE 4 – PROBABILITE D'ATTEINTE ET RISQUE INDIVIDUEL

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

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

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

P_{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

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

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

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

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

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

ANNEXE 5 – GLOSSAIRE

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

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

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

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

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

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

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

Fonction de sécurité : Fonction ayant pour but la réduction de la probabilité d'occurrence et/ou des effets et conséquences d'un événement non souhaité dans un système. Les principales actions assurées par les fonctions de sécurité en matière d'accidents majeurs dans les installations classées sont : empêcher, éviter, détecter, contrôler, limiter. Les fonctions de sécurité identifiées peuvent être

assurées à partir d'éléments techniques de sécurité, de procédures organisationnelles (activités humaines), ou plus généralement par la combinaison des deux.

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

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

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

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

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

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

Phénomène dangereux : Libération d'énergie ou de substance produisant des effets, au sens de l'arrêté du 29 septembre 2005, susceptibles d'infliger un dommage à des enjeux (ou éléments vulnérables) vivants 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 (branche éolienne du SER)

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

EDD : Etude de dangers

APR : Analyse Préliminaire des Risques

ERP : Etablissement Recevant du Public

ANNEXE 6 – BIBLIOGRAPHIE ET REFERENCES UTILISEES

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

