

SECTION ÉTUDE DE DANGER

SOMMAIRE

ÉTUDE DE DANGERS.....	5		
I Contexte législatif et réglementaire	5		
2 Informations générales concernant l'installation	5		
2.1 Renseignements administratifs.....	5		
2.2 Localisation du site	5		
2.3 Définition de l'aire d'étude	6		
2.4 Nomenclature des Installations Classées.....	6		
3 description de l'environnement de l'installation	6		
3.1 Environnement humain.....	6		
3.1.1 Zones urbanisées et urbanisables	6		
3.1.2 Établissements recevant du public (ERP)	6		
3.1.3 Activités à proximité du site et ICPE dans le périmètre d'étude.....	6		
3.1.4 Risques technologiques.....	6		
3.2 Environnement naturel de l'installation	9		
3.2.1 Contexte climatique.....	9		
3.2.2 Risques naturels.....	9		
3.2.3 Environnement matériel.....	9		
3.3 Cartographie de synthèse	12		
3.3.1 Cibles potentielles – enjeux à protéger	12		
3.3.2 Agresseurs externes liées aux activités humaines.....	12		
3.3.3 Agresseurs externes liées aux phénomènes naturels.....	12		
4 Description de l'installation et des procédés.....	14		
4.1 Caractéristiques de l'installation.....	14		
4.1.1 Caractéristiques générales de la Croix Florent	14		
4.1.2 Activité de l'installation.....	15		
4.1.3 Composition de l'installation.....	15		
4.2 Fonctionnement de l'installation.....	15		
4.2.1 Principe de fonctionnement d'un aérogénérateur.....	15		
4.2.2 Sécurité des installations	16		
4.2.3 Consignes de sécurité.....	17		
4.2.4 Télésurveillance et procédures d'alerte	18		
4.2.5 Moyens de lutte contre l'incendie.....	18		
4.2.6 Opérations de maintenance des installations	18		
4.2.7 Stockage et flux de produits dangereux.....	20		
4.3 Fonctionnement des réseaux de l'installation.....	21		
4.3.1 Raccordement électrique.....	21		
4.3.2 Autres réseaux.....	21		
4.3.3 Organisation des moyens de secours	21		
5 Identification des potentiels de dangers de l'installation	23		
5.1 Potentiels de dangers liés aux produits	23		
5.2 Potentiels de dangers liés au fonctionnement de l'installation	23		
6 Réduction des potentiels de dangers	24		
6.1 Réduction des potentiels de dangers liés aux produits.....	24		
6.2 Réduction des potentiels de dangers liés aux installations.....	24		
7 Accidentologie – Retour d'expérience.....	25		
7.1 Inventaire des accidents et incidents en France.....	25		
7.2 Inventaire des accidents et incidents à l'International	25		
7.3 Synthèse des phénomènes dangereux redoutés issus du retour d'expérience	26		
7.3.1 Analyse de l'évolution des accidents en France	27		
7.3.2 Analyse des typologies d'accidents les plus fréquents.....	27		
7.4 Limites d'utilisation de l'accidentologie	27		
8 Analyse préliminaire des risques.....	28		
8.1 Méthodologie	28		
8.2 Scénarios étudiés dans l'analyse préliminaire des risques.....	28		
8.3 Effets dominos.....	31		
8.4 Mise en place des mesures de sécurité	31		
8.5 Conclusion de l'analyse préliminaire des risques.....	37		
9 Étude détaillée des risques	37		
9.1 Méthodologie appliquée	37		
9.1.1 Contexte réglementaire.....	37		
9.1.2 Cotation en cinétique	37		
9.1.3 Cotation en intensité	37		
9.1.4 Cotation en gravité.....	38		
9.1.5 Cotation en probabilité	38		
9.1.6 Acceptabilité du risque	39		
9.2 Cotation des scénarios accidentels retenus.....	40		
9.3 Synthèse de l'étude détaillée des risques	50		
9.3.1 Tableaux de synthèse des scénarios étudiés.....	50		
9.3.2 Synthèse de l'acceptabilité des risques	50		
9.4 Conséquences environnementales d'un accident	50		
9.4.1 Dommages sur les biens matériels	50		
9.4.2 Dommages sur les éléments patrimoniaux	50		
9.4.3 Dispersion de fumées.....	51		
9.5 Cartographie des risques	51		

10 Conclusion	57
GLOSSAIRE ET LEXIQUE	58
BIBLIOGRAPHIE	60
1 Réglementation et législation	60
2 Documents techniques et guide méthodologique.....	60
3 Sites internet.....	60

TABLE DES ILLUSTRATIONS**TABLEAUX**

Tableau 1 : Rubrique ICPE.....	6
Tableau 2 : Statistiques de foudroiement sur Flixecourt.....	9
Tableau 3 : Trafic sur les axes départementaux les plus proches du parc éolien en 2014.....	9
Tableau 4 : Utilisation de l'espace aérien.....	10
Tableau 5 : Cibles exposées dans le périmètre d'étude.....	12
Tableau 6 : Agresseurs externes liés aux activités humaines.....	12
Tableau 7 : Agresseurs externes liés aux phénomènes naturels.....	12
Tableau 8 : Parcelles cadastrales et surfaces concernées par l'implantation des éoliennes.....	15
Tableau 9 : Position des éoliennes (coordonnées en Lambert Conique Conforme 50°).....	15
Tableau 10 : Fonctionnement d'un aérogénérateur.....	15
Tableau 11 : Opérations de contrôle et de maintenance réalisées après trois mois de fonctionnement.....	18
Tableau 12 : Liste des produits utilisés pour la maintenance.....	23
Tableau 13 : Potentiels de danger liés au fonctionnement du parc éolien.....	23
Tableau 14 : Scénarios accidentels identifiés.....	29
Tableau 15 : Liste des barrières sécurité.....	31
Tableau 16 : Scénarios accidentels retenus.....	37
Tableau 17 : Correspondance Intensité / degré d'exposition.....	38
Tableau 18 : Grille de détermination de la gravité.....	38
Tableau 19 : Classes de probabilité.....	39
Tableau 20 : Grille d'acceptabilité du risque.....	39
Tableau 21 : Intensité du phénomène Chute de glace.....	40
Tableau 22 : Exposition au phénomène Chute de glace.....	40
Tableau 23 : Gravité associée au phénomène Chute de glace.....	40
Tableau 24 : Acceptabilité du risque Chute de glace.....	41
Tableau 25 : Intensité du phénomène Projection de glace.....	42
Tableau 26 : Exposition au phénomène Projection de glace.....	42
Tableau 27 : Gravité associée au phénomène Projection de glace.....	42
Tableau 28 : Acceptabilité du risque Projection de glace.....	43
Tableau 29 : Intensité du phénomène Chute d'élément.....	44
Tableau 30 : Exposition au phénomène Chute d'élément.....	44
Tableau 31 : Gravité associée au phénomène Chute d'élément.....	44
Tableau 32 : Acceptabilité du risque Chute d'élément.....	45
Tableau 33 : Intensité du phénomène Projection de pale.....	46

Tableau 34 : Exposition au phénomène Projection de pale.....	46
Tableau 35 : Gravité associée au phénomène Projection de pale.....	46
Tableau 36 : Valeurs de probabilité pour une rupture de tout ou partie de pale.....	47
Tableau 37 : Acceptabilité du risque Projection de pale.....	47
Tableau 38 : Intensité du phénomène Effondrement d'éolienne.....	48
Tableau 39 : Exposition au phénomène Effondrement d'éolienne.....	48
Tableau 40 : Gravité associée au phénomène Effondrement d'éolienne.....	48
Tableau 41 : Valeurs de probabilité pour l'effondrement d'une éolienne.....	49
Tableau 42 : Acceptabilité du risque Effondrement d'éolienne.....	49
Tableau 43 : Phénomènes dangereux.....	50
Tableau 44 : Matrice de criticité de l'installation.....	50
Tableau 45 : Fonctions et Mesures de sécurité.....	57

FIGURES

Figure 1 : Carte de localisation des éoliennes de la Croix Florent.....	5
Figure 2 : Distance aux habitations du parc éolien de la Croix Florent.....	8
Figure 3 : Comptage routier à proximité du parc éolien.....	10
Figure 4 : Parcs éoliens situés à proximité du projet de la Croix Florent.....	11
Figure 5 : Synthèse des potentiels de dangers, cibles et agresseurs sur le périmètre de l'étude de danger.....	13
Figure 6 : Composants de la nacelle.....	14
Figure 7 : Illustration des emprises au sol d'une éolienne (dimensions indicatives pour une éolienne de 150 m de hauteur).....	15
Figure 8 : Schéma simplifié de la chaîne cinématique.....	16
Figure 9 : Raccordement électrique des installations.....	21
Figure 10 : Schéma du poste de livraison de la Croix Florent.....	21
Figure 11 : Cartographie du raccordement externe au poste de livraison.....	22
Figure 12 : Cartographie des risques pour la CHUTE DE GLACE.....	52
Figure 13 : Cartographie des risques pour la PROJECTION DE GLACE.....	53
Figure 14 : Cartographie des risques pour la CHUTE D'ELEMENTS D'EOLIEENNE.....	54
Figure 15 : Cartographie des risques pour la PROJECTION DE PALE.....	55
Figure 16 : Cartographie des risques pour l'EFFONDREMENT D'UNE EOLIEENNE.....	56

ÉTUDE DE DANGERS

I CONTEXTE LÉGISLATIF ET RÉGLEMENTAIRE

La présente étude de danger a été rédigée selon la réglementation en vigueur :

- Loi n°2003-699 du 30 juillet 2003 relative à la prévention des risques technologiques et naturels et à la réparation des dommages ;
- Décret n°2005-1170 du 13 septembre 2005 modifiant le décret n°77-1133 du 21 septembre 1977 pris pour application de la loi n°76-663 du 19 juillet 1976 relative aux installations classées pour la protection de l'environnement ;
- Arrêté du 10 mai 2000 relatif à la prévention des accidents majeurs impliquant des substances ou des préparations dangereuses présentes dans certaines catégories d'installations classées pour la protection de l'environnement soumises à autorisation ;
- Arrêté du 29 septembre 2005 modifiant l'arrêté du 10 mai 2000 modifié relatif à la prévention des accidents majeurs impliquant des substances ou des préparations dangereuses présentes dans certaines catégories d'installations classées pour la protection de l'environnement soumises à autorisation ;
- 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 ;

2 INFORMATIONS GÉNÉRALES CONCERNANT L'INSTALLATION

2.1 RENSEIGNEMENTS ADMINISTRATIFS

PORTEUR DU PROJET

Raison sociale	Parc éolien "LA CROIX FLORENT"
Statut juridique	SEPE (Société d'Exploitation du Parc Eolien)
Adresse du siège social	Lieu-dit La Croix Florent 80420 Flixecourt
Capital social	15 000 €
N° SIRET	809 838 857 00013
Code APE	3511Z
Date de création	12/03/2015
Nom et Prénom du Signataire	M. KAYSER Fabien
Qualité du Signataire	Gérant d'OSTWIND
Coordonnées	OSTWIND International 1, Rue de Berne – Espace européen de l'Entreprise 67300 Schiltigheim

REDACTEURS DE L'ETUDE DE DANGERS

SEMACO ENVIRONNEMENT – Elodie MOTHIRON, Jean BRACONOT et Camille RESLING (chargés d'études)

2.2 LOCALISATION DU SITE

Le parc éolien "La Croix Florent", composé de 4 aérogénérateurs, est localisé sur les communes de Flixecourt et Bettencourt-Saint-Ouen, dans le département de la Somme (80), en région Hauts-de-France (anciennement Picardie).

A noter que les quatre aérogénérateurs sont situés sur la commune de Flixecourt uniquement.

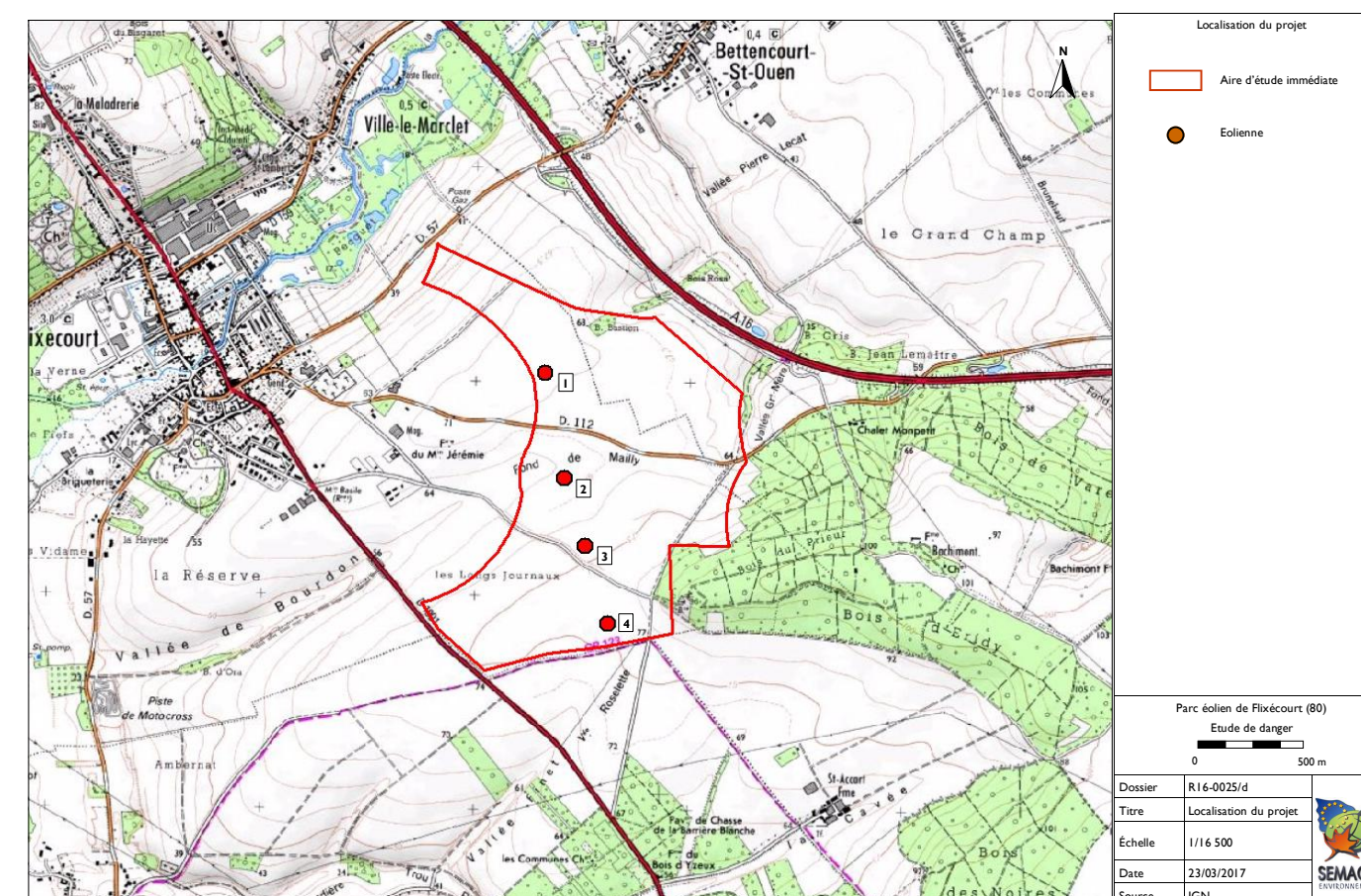


Figure 1 : Carte de localisation des éoliennes de la Croix Florent

2.3 DÉFINITION DE L'AIRE D'ÉTUDE

L'étude de dangers est réalisée dans un périmètre de 500 m autour de la base des éoliennes. Ce périmètre englobe les zones d'effets de potentiels accidents sur les installations.

(Cf :Figure 5)

2.4 NOMENCLATURE DES INSTALLATIONS CLASSÉES

Le parc éolien de Flixecourt est concerné par la rubrique suivante :

Tableau 1 : Rubrique ICPE

N° rubrique ICPE	Désignation de l'activité	Capacités maximales sur le site	Régime	Rayon d'affichage (km)
2980	Installation terrestre de production d'électricité à partir de l'énergie mécanique du vent et regroupant un ou plusieurs aérogénérateurs : I. Comprenant au moins un aérogénérateur dont le mât a une hauteur supérieure ou égale à 50 m	4 aérogénérateurs avec des mâts de plus de 50 m	A	6

3 DESCRIPTION DE L'ENVIRONNEMENT DE L'INSTALLATION

3.1 ENVIRONNEMENT HUMAIN

3.1.1 ZONES URBANISÉES ET URBANISABLES

Les zones urbanisées et urbanisables les plus proches des éoliennes sont les suivantes :

- Une ferme de dénomination inconnue et la Ferme du Moulin Jérémie, à respectivement 770 m et 800 m à l'Ouest de FL-02, sur la commune de Flixecourt ;
- Une ferme à 710 m puis le bourg de Flixecourt à 900 m, à l'Ouest de FL-01 ;
- Commune de Bettencourt-Saint-Ouen, à 1150 m Au Nord/Nord-est de FL-01 ;
- Commune de Ville-le-Marcllet, à 1200 m au Nord-ouest de FL-01.

Des habitations sont également situées à environ 1300 m au Sud-est (Ferme de Saint-Accart) de FL-04 et à l'Est/Nord-est (Chalet Monpetit) de FL-02 et FL-03.

Le parking du supermarché est localisé à l'Ouest à 690 m de l'éolienne FL-01 et à 820 m de l'éolienne FL-02.

La cartographie des habitations les plus proches du projet est disponible en figure 2.

3.1.2 ÉTABLISSEMENTS RECEVANT DU PUBLIC (ERP)

Deux ERP sont présents dans un périmètre de 1 km autour des éoliennes :

- Intermarché Super situé à environ 730 m à l'Ouest/Sud-ouest de FL-01 et 800 à l'Ouest/Nord-ouest de FL-02 ;
- Centre d'Habitat de l'Association pour la Promotion des Handicapées (APH), situé à 900 m à l'Ouest/Sud-ouest.

3.1.3 ACTIVITÉS À PROXIMITÉ DU SITE ET ICPE DANS LE PÉRIMÈTRE D'ÉTUDE

L'ensemble des parcelles de l'emprise du parc éolien est destiné à un usage agricole ou forestier.

Une seule ICPE soumise à autorisation a été relevée (Imprimerie/reproduction graphique RFX SFE SAS), à 1,4 km au Nord-ouest du site.

3.1.4 RISQUES TECHNOLOGIQUES

Aucun Plan de Prévention des Risques n'est en vigueur sur les communes de Flixecourt et Bettencourt-Saint-Ouen.

Des risques de Transports de Marchandises Dangereuses par voie routière sont recensés :

- sur l'autoroute A16, à 700 m environ au Nord-est, sur la commune de Bettencourt-Saint-Ouen ;
- sur la route départementale RD1001, à 570 m à l'Ouest, sur la commune de Flixecourt.

(Source : Géorisques, DDRM 2009)

Un risque de transport de matière dangereuse existe également via canalisation :

- Canalisation de gaz enterrée haute pression à 800 m au Nord. Le poste de livraison de gaz est situé à 1 km au Nord-est.

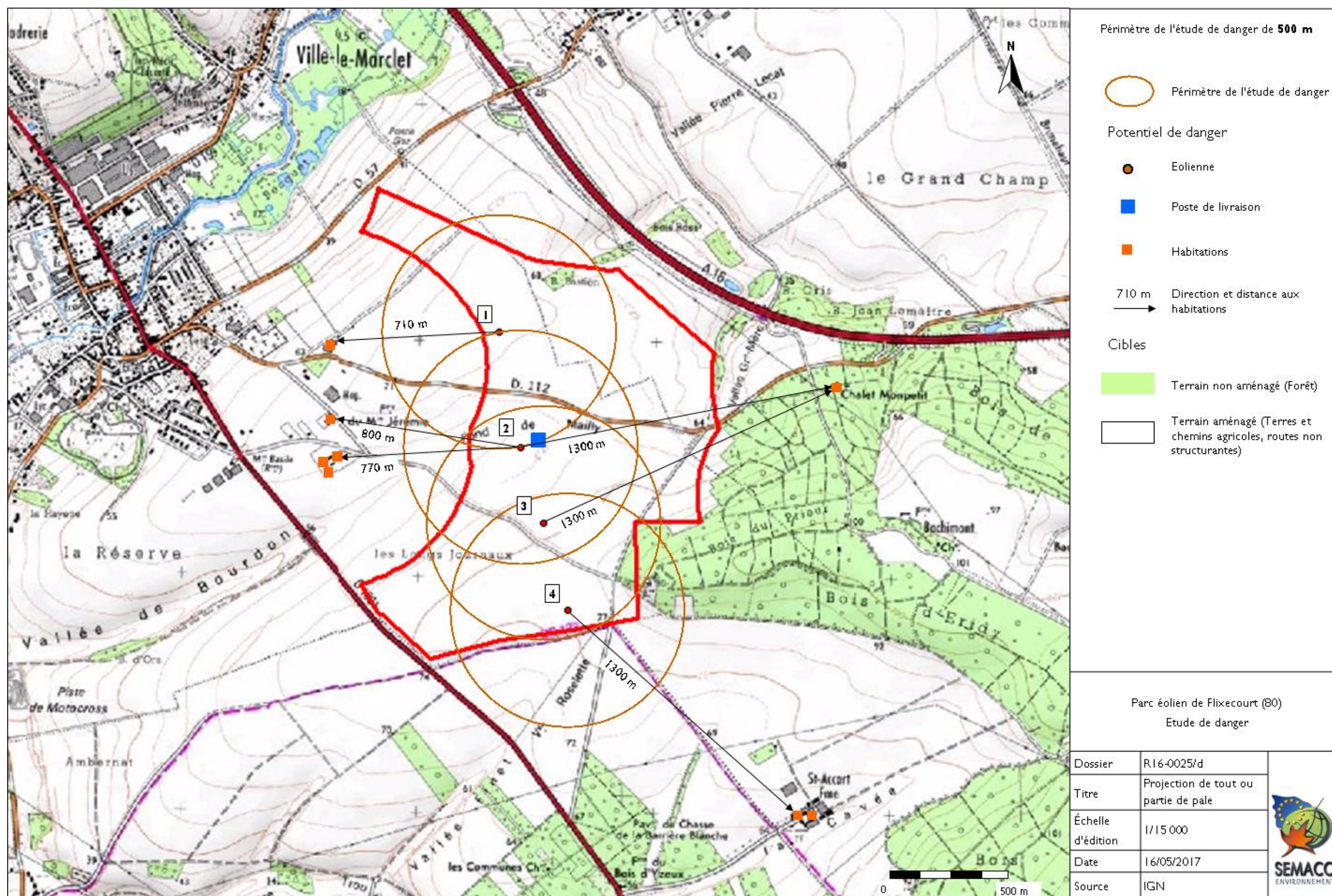


Figure 2 : Distance aux habitations du parc éolien de la Croix Florent

3.2 ENVIRONNEMENT NATUREL DE L'INSTALLATION

3.2.1 CONTEXTE CLIMATIQUE

Le site est soumis à un climat chaud et tempéré soumis aux flux d'Ouest maritimes, avec précipitations abondantes et une faible saisonnalité.

Les températures moyennes mensuelles relevées à Abbeville (station de mesure la plus proche située à 20 km au Nord-ouest du projet) sont comprises entre -4,1°C en janvier et 17,7°C en août.

Les précipitations sont régulières tout au long de l'année, les hauteurs mensuelles sont comprises entre 49 et 82 mm.

(Source : Météofrance, Station de Abbeville, 1981-2010)

3.2.1.1 Exposition du site aux tempêtes

Le site est localisé sur un espace de grands plateaux entre 65 et 75 m NGF.

Vents de secteur Ouest à Sud-ouest avec un fort pourcentage des mesures de vents comprises entre 1,5 et 8,0 m/s. Faible fréquence des rafales de vents supérieures à 100 km/h.

Les rafales les plus fortes enregistrées sont de 42 m/s (soit 151 km/h) en 1990.

(Source : Météofrance, Station de Abbeville, 1981-2010)

3.2.1.2 Exposition du site à la foudre

Les données d'exposition à la foudre de la commune de Flixecourt sont données dans le tableau suivant :

Tableau 2 : Statistiques de foudroiement sur Flixecourt

	Flixecourt
Nombre de jours d'orage par an	18*
Densité d'arc	1,10
Classement de la commune en termes de densité d'arc	25390 ^{ème}

(Source : Météofrance, Station d'Abbeville* et Météorage)

3.2.2 RISQUES NATURELS

3.2.2.1 Risque sismique

Les communes de Flixecourt et Bettencourt-Saint-Ouen sont situées en zone de sismicité I (très faible) où aucune prescription parasismique n'est applicable.

(Sources : www.planseisme.fr, Géorisques, Prim.net, 2017)

3.2.2.2 Mouvements de terrains

Aucun mouvement de terrain n'a été recensé sur les communes de Flixecourt et Bettencourt-Saint-Ouen. L'aléa de retrait gonflement d'argiles est faible sur les deux communes.

(Source : Géorisques, Prim.net, 2017)

3.2.2.3 Inondations

La commune de Flixecourt est soumise au PPRi de la vallée de la Somme et de ses affluents dont la dernière mise à jour a été approuvée en août 2012. Le plan de prévention des risques concerne les remontées de nappes phréatiques, les débordements de cours d'eau et les coulées de boues.

Le site d'étude n'est pas compris dans le zonage d'aléa réglementaire de ce PPRi.

3 arrêtés de catastrophes naturelles ont été émis par la préfecture en Décembre 1999, octobre 2001 et octobre 2002..

(Source : Géorisques, Prim.net, 2017)

3.2.2.4 Remontées de nappes

Le site est soumis à un risque très faible à faible d'inondation par remontée de nappe dans les sédiments.

(Source : Géorisques, <http://www.inondationsnappes.fr>, 2017)

3.2.2.5 Autres risques naturels

Aucun autre risque naturel n'est recensé sur les communes de Flixecourt et Bettencourt-Saint-Ouen.

3.2.3 ENVIRONNEMENT MATÉRIEL

3.2.3.1 Voies de communication

Réseaux routiers

Trafic extérieur au parc éolien :

Les axes routiers à proximité des installations sont les suivants :

- D57 longeant le parc éolien au Nord-ouest ;
- D1001 longeant le parc éolien au Sud-ouest ;

Tableau 3 : Trafic sur les axes départementaux les plus proches du parc éolien en 2014

Axe	Nombre de véhicules (moyenne journalière)	% de poids lourds
D112 traversant le site d'étude (Flixecourt-Vignacourt)	1093	6 %
D57 entre Flixecourt et Bertheaucourt-les-Dames (Nord du secteur d'étude)	1561	5 %
D1001 entre Mouflers et croisement avec D81 à proximité d'Yzeux (Ouest du secteur d'étude)	9270	5 %

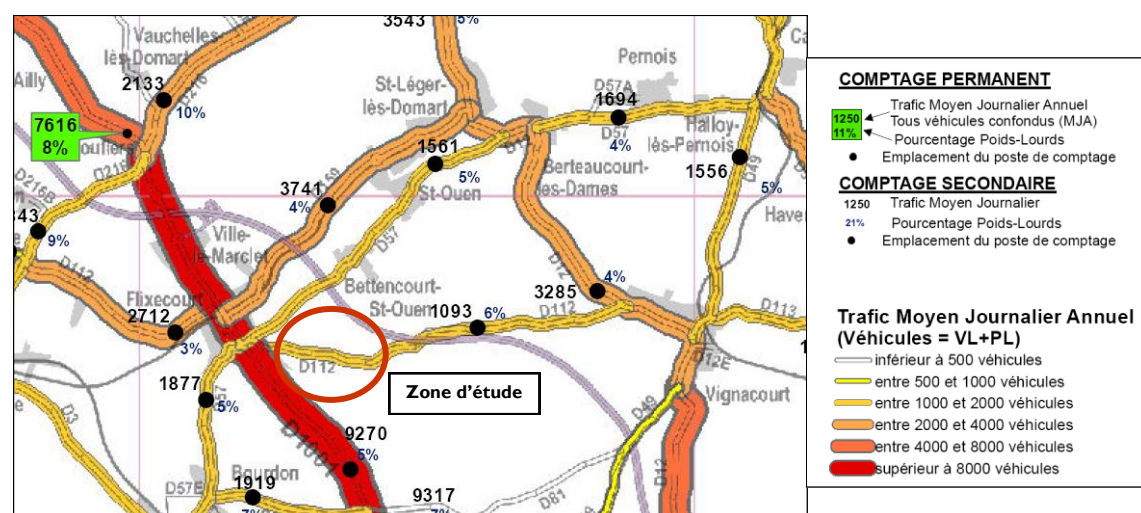


Figure 3 : Comptage routier à proximité du parc éolien

(Source : Conseil général de Somme)

3.2.3.5 Réseaux divers et canalisations

Les réseaux électriques "Argoeuves – Abbeville" de 90 kV, orientée Nord-ouest/Sud-est, à partir de 630 m au Nord-est. Un poste source est localisé à 1,7 km au Nord.

Une ligne aérienne à partir de 300 m à l'Est.

Une canalisation de gaz enterrée "Amiens-Flixecourt" à environ 800 m au Nord. Poste de livraison de gaz à 1 km au Nord-est.

Aucune canalisation d'eau potable, assainissement ni de télécommunication.

Emetteurs électriques localisés à 4,6 km au Nord du secteur.

3.2.3.6 Parc éoliens à proximité

Plusieurs parcs éoliens construits ou en projet sont présents dans un périmètre de 20 km autour du parc de la Croix Florent.

Aucune éolienne n'est néanmoins localisée dans un périmètre de 500 m autour du projet de la Croix Florent.

Ces derniers sont représentés dans la figure suivante.

Trafic intérieur au parc éolien :

La route départementale traverse la zone d'étude sur un axe Est/Ouest, entre les ouvrages FL-01 et FL-02.

Trois chemins ou routes communaux traversent également le parc éolien :

- Au Nord-ouest de l'ouvrage FL-01, sur un axe Sud-ouest/Nord-est ;
- Entre les ouvrages FL-03 et FL-04, sur un axe Nord-ouest/Sud-est ;
- A l'Est des ouvrages, sur un axe Sud/Nord.

3.2.3.2 Réseaux aériens et utilisation de l'espace aérien

Le site est concerné par les utilisations de l'espace aérien exposées dans le tableau suivant.

Tableau 4 : Utilisation de l'espace aérien

Organisme concerné	Type d'usage	Dispositions et servitudes
Particuliers et associations de sport et loisirs	Aire mixte de Saint-Ouen (activités de parapente/deltaplane) à 3,7 km au Nord du site	-
	Terrain d'aéromodélisme à 5,6 km à l'Est sur la commune de Vignacourt	-

3.2.3.3 Réseau ferroviaire

L'axe ferroviaire le plus proche du site d'étude est situé à 1,4 km au Nord/Nord-ouest.

3.2.3.4 Réseau fluvial

L'axe fluvial le plus proche du site est le Canal de la Somme à 3,4 km à l'Ouest.

Projet éolien Val de Nièvre III Etat de l'éolien dans les 20 km



<ul style="list-style-type: none"> ● Projet Val de Nièvre III ● Construite ● PC accordé ● PC en instruction ● PC refusé Périmètre de 20 km 	<ul style="list-style-type: none"> ★ Accordé ★ Avis AE rendu ★ Dossier déposé ★ Dossier recevable
--	--



OSTWIND

Création : ©OSTWIND International
Source ©IGN, ©OSTWIND
Imprimée le 13/03/2017
Réalisation : Monique Wolff
Reproduction partielle ou totale interdite.
Toute copie ou communication à un tiers est interdite.

Figure 4 : Parcs éoliens situés à proximité du projet de la Croix Florent

3.3 CARTOGRAPHIE DE SYNTHÈSE

L'étude de l'environnement humain et naturel de la zone d'étude permet d'identifier et de localiser les enjeux à protéger et les agresseurs potentiels.

3.3.1 CIBLES POTENTIELLES – ENJEUX À PROTÉGER

Référence de calcul : Fiche n°1 de la circulaire du 10 mai 2010 (EDD : Eléments pour la détermination de la gravité des accidents).

Les éléments pouvant être identifiés en tant que cibles sont les suivants :

Tableau 5 : Cibles exposées dans le périmètre d'étude

Type de cible	Éléments à protéger	Comptages simplifiés
Cibles humaines	Usagers des terrains aménagés (présence de chemins agricoles et de routes non structurantes (<2000 véhicules/jour))	1 pers / 10 ha
	Usagers des terrains non aménagés (champs et forêts)	1 pers / 100 ha
	Usagers de la Route Départementale 112	10,8 pers / km
Cibles environnementales	Terres agricoles et boisements	-
Cibles matérielles	Chemins ruraux	-
	Terres agricoles	-
	Ouvrages électriques aériens et souterrain et canalisations souterraines	-
	Éléments archéologiques	-

3.3.2 AGRESSEURS EXTERNES LIÉES AUX ACTIVITÉS HUMAINES

Les périmètres de prise en compte des agressions externes liées aux activités humaines sont les suivants :

- 2 km : aéroports ;
- 500 m : autres éoliennes ;
- 200 m : autres activités.

Ainsi, les agresseurs externes recensés dans les périmètres de prise en compte sont les suivants :

Agresseur externe	Phénomène redouté	Danger potentiel	Distance par rapport aux éoliennes
Activités agricoles	Collision d'un engin	Energie cinétique de l'engin	Proximité immédiate
Routes et chemins communaux	Accident entraînant la sortie de voie d'un ou plusieurs véhicules	Energie cinétique de l'engin	60 m de l'éolienne FL-03 180 m de l'éolienne FL-04
Autres aérogénérateurs	Accident générant des projections d'éléments	Energie cinétique des éléments projetés	350 m minimum entre 2 éoliennes du parc

3.3.3 AGRESSEURS EXTERNES LIÉES AUX PHÉNOMÈNES NATURELS

Les agressions externes liées à des incendies de forêt ou de cultures ou à un séisme ne sont pas pris en compte car les dangers entraînés sont largement inférieurs aux dommages causés par le phénomène naturel lui-même.

Les agresseurs externes liés aux phénomènes naturels recensés sont les suivants :

Tableau 7 : Agresseurs externes liés aux phénomènes naturels

Agresseur externe	Phénomène redouté	Danger potentiel	Intensité
Foudre	Foudroiement de l'éolienne	Arc électrique	Les éoliennes respecteront la norme IEC 61 400-24 (juin 2010)
Vents violents et tempêtes	Rafales de plus de 40 m/s	Energie de l'éolienne	Rafales de 42 m/s maximum (janvier 1990) 3,5 j /an avec rafales >28 m/s

Tableau 6 : Agresseurs externes liés aux activités humaines

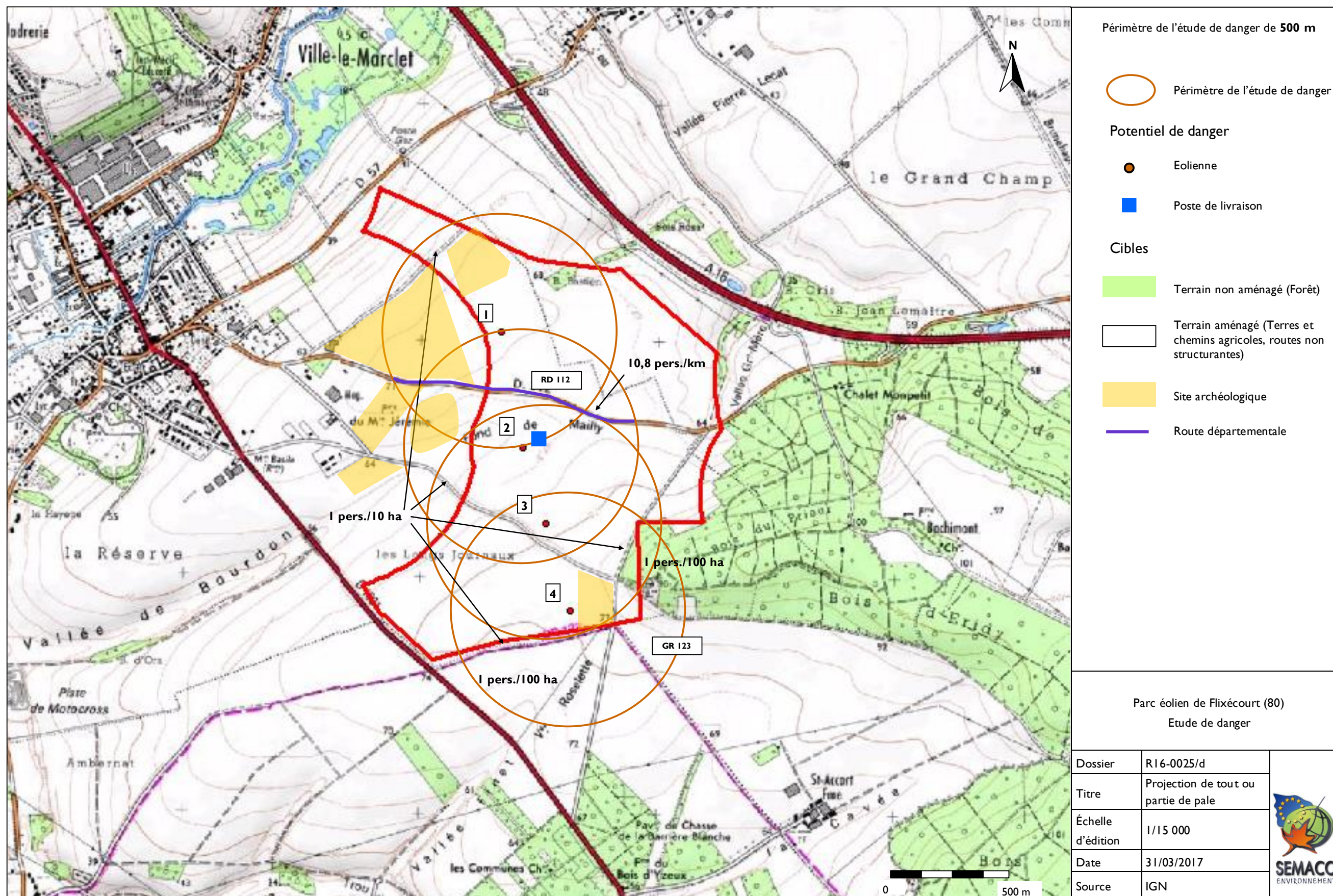


Figure 5 : Synthèse des potentiels de dangers, cibles et agresseurs sur le périmètre de l'étude de danger

4 DESCRIPTION DE L'INSTALLATION ET DES PROCÉDÉS

4.1 CARACTÉRISTIQUES DE L'INSTALLATION

4.1.1 CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES DE LA CROIX FLORENT

Le parc éolien "La Croix Florent" comprend :

- 4 aérogénérateurs de type V112 3,00 MW produites par Vestas ;
- 1 réseau de câbles électriques enterrés permettant d'évacuer l'électricité produite par chaque éolienne vers les postes de livraison électrique (réseau inter-éolien) ;
- 1 point de livraison comprenant un poste 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 du réseau public) ;
- 1 réseau de câbles enterrés permettant d'évacuer l'électricité produite par les différentes éoliennes vers le poste source ;
- 1 réseau de chemins d'accès.

4.1.1.1 Éléments constitutifs d'un aérogénérateur

Les aérogénérateurs transforment l'énergie mécanique du vent en énergie électrique et sont composées de trois principaux éléments :

- **Le rotor** qui est composé de trois pales fixées au moyeu via des couronnes à deux rangées de billes et double contact radial. Sa rotation permet de convertir l'énergie cinétique du vent en énergie mécanique. Elle est transmise à la génératrice via le multiplicateur.
- **Le mât** est composé de quatre tronçons en acier assemblés par brides représentant une hauteur totale de 94 m. 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 ;
 - la sonde de température (située sous la nacelle)
 - le système de refroidissement avec radiateur (Vestas CoolerTop) ;
 - l'armoire électrique ;
 - la centrale hydraulique
 - le système de freinage mécanique (à disque) ;
 - le système d'orientation "yaw system" de la nacelle qui place le rotor face au vent pour une production optimale d'énergie ;
 - les capteurs de vent ;
 - le balisage diurne et nocturne nécessaire à la sécurité aéronautique ;
 - le transformateur qui permet d'élever la tension électrique de l'éolienne au niveau de celle du réseau électrique

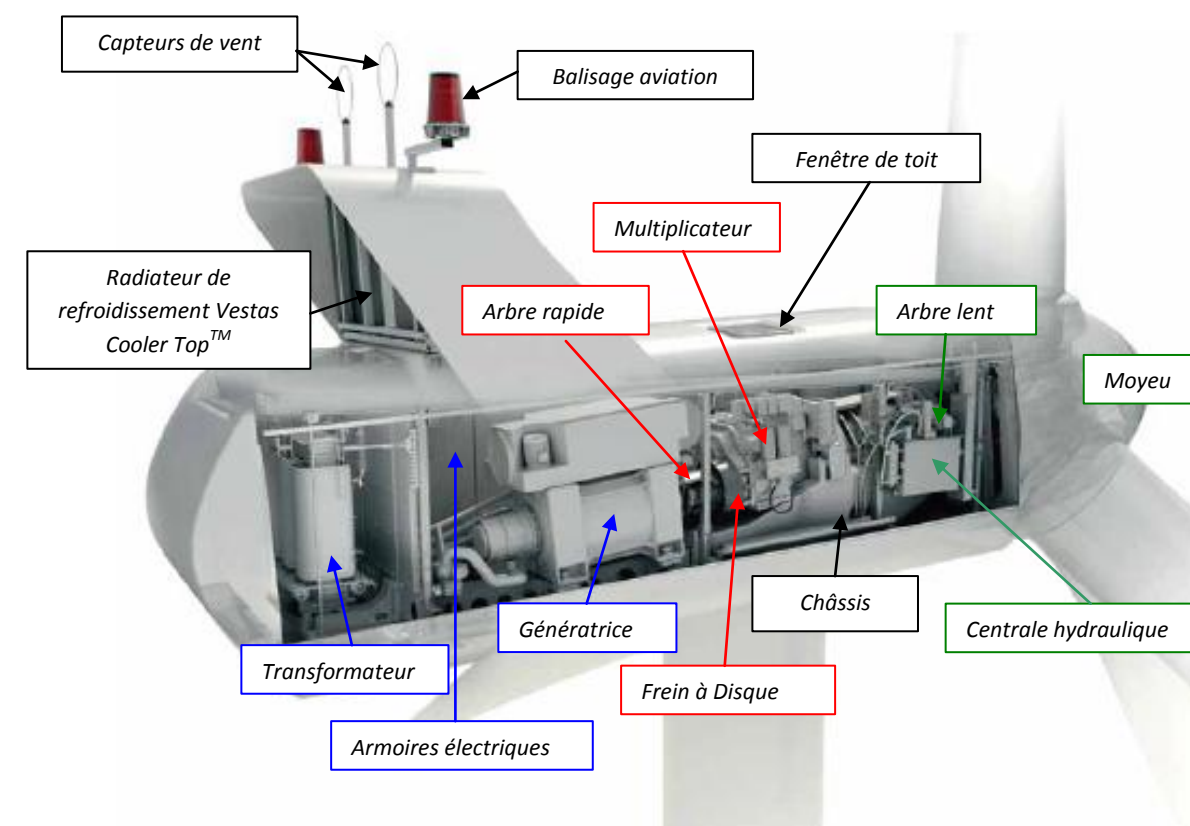


Figure 6 : Composants de la nacelle

4.1.1.2 Emprise au sol

Plusieurs emprises au sol sont nécessaires pour la construction et l'exploitation du parc éolien de la Croix Florent :

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

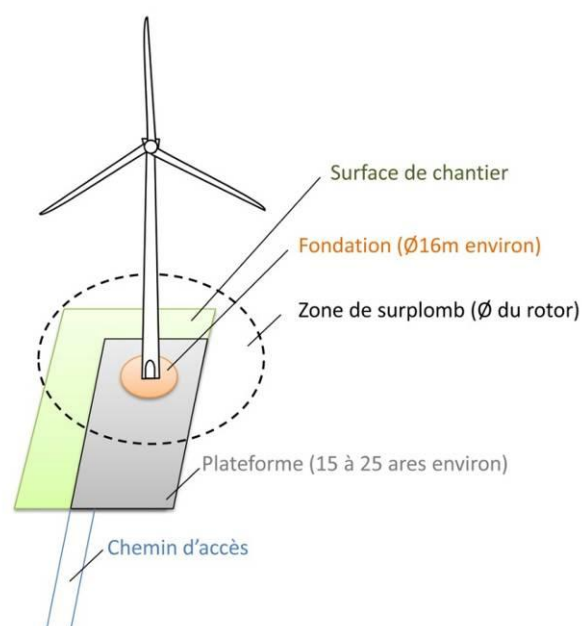


Figure 7 : Illustration des emprises au sol d'une éolienne (dimensions indicatives pour une éolienne de 150 m de hauteur)

4.1.1.3 Chemins d'accès

Des chemins d'accès sont aménagés pour permettre aux véhicules d'accéder aux éoliennes aussi bien pour les opérations de construction du parc éolien que pour les opérations de maintenance liées à l'exploitation du parc éolien.

Ces chemins sont déjà existants : ce sont des chemins ruraux qui seront adaptés pour le passage des éléments des éoliennes.

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

4.1.2 ACTIVITÉ DE L'INSTALLATION

L'activité de la Croix Florent est la production d'énergie électrique à partir de l'énergie mécanique du vent au moyen de 4 aérogénérateurs d'une hauteur de 150 m (en bout de pale) par rapport au sol et d'une puissance de 3,00 MW.

4.1.3 COMPOSITION DE L'INSTALLATION

La Croix Florent est composée de 4 aérogénérateurs et de un poste de livraison. Les éoliennes ont une hauteur de mât de 94 m.

Toutes les éoliennes ont un rotor de diamètre de 112 m, soit une hauteur totale en bout de pale de 150 m.

L'identification cadastrale des parcelles sont données dans le tableau suivant :

Tableau 8 : Parcelles cadastrales et surfaces concernées par l'implantation des éoliennes

Éolienne	Commune	Lieu-dit	section	Numéro	surface de construction (m ²)
FL-01	Flixecourt	SOLE DU BOIS BASTIEN	ZY	18	65,90
FL-02	Flixecourt	LA CROIX FLORENT	YA	12	65,90
FL-03	Flixecourt	LE MAILLY	YA	19	65,90
FL-04	Flixecourt	LE CHEMIN DE LA FOLIE	YB	35	65,90
PdL	Flixecourt	LA CROIX FLORENT	YA	12	30,09

Les coordonnées des éoliennes est indiqué en coordonnées Lambert II étendu, dans le tableau suivant :

Tableau 9 : Position des éoliennes (coordonnées en Lambert Conique Conforme 50°)

Éolienne	Coordonnées CC50			Hauteur de la nacelle (m)	Diamètre du rotor (m)
	X (m)	Y (m)	NGF (m)		
FL-01	1 635 769	9 201 759	73	94	112 m
FL-02	1 635 859	9 201 299	66	94	112 m
FL-03	1 635 961	9 200 958	75	94	112 m
FL-04	1 636 071	9 200 587	77	94	112 m

4.2 FONCTIONNEMENT DE L'INSTALLATION

4.2.1 PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT D'UN AÉROGÉNÉRATEUR

Tableau 10 : Fonctionnement d'un aérogénérateur

Eléments de l'installation	Fonction	Caractéristiques
Fondation	Ancrer et stabiliser l'éolienne dans le sol	Constituée d'un socle de fondation en béton armé de 3 à 5 m d'épaisseur et 20 m de diamètre (conforme à Eurocode 2) Insert métallique disposé au centre du sert de fixation pour la base de la tour (conforme à Eurocode 3)
Mât	Supporter la nacelle et le rotor	Mât en acier tubulaire de plusieurs dizaines de millimètres d'épaisseur et forme tronconique. Assemblage par brides. Fixation par bride à l'insert disposé dans les fondations. Hauteur : 94 m (4 segments)
Nacelle	Supporter le rotor Abriter le dispositif de conversion de l'énergie mécanique en électricité (génératrice, etc.) ainsi que les	Tension électrique de la génératrice : 0 à 1200 V Cf. détail de la nacelle sur la figure 4

	dispositifs de contrôle et de sécurité	
Rotor / pales	Capter l'énergie mécanique du vent et la transmettre à la génératrice	Composé de trois pales fixées au moyeu via des couronnes à deux rangées de billes et double contact radial. La géométrie de la pale est légèrement vrillée autour de son axe longitudinal pour un meilleur rendement. Diamètre du rotor : 112 m
Multiplicateur (gearbox)	Multiplier la vitesse de rotation issue de l'arbre lent	Le rotor est directement relié à "arbre lent" et connecté au multiplicateur. Le multiplicateur (Gearbox) permet de multiplication de la vitesse de rotation entre 100 et 120 fois. Vitesse de sortie (« arbre rapide ») de 1500 tours par minute. Le dispositif de transmission entre l'arbre rapide et la génératrice (coupling) est un dispositif flexible, réalisé en matériau composite. Sur l'arbre rapide du multiplicateur est monté un disque de frein, à commande hydraulique, utilisé pour l'arrêt de la turbine en cas d'urgence.
Générateur et transformateur	Produire de l'énergie électrique à partir d'énergie mécanique Élever la tension de sortie de la génératrice avant l'acheminement du courant électrique par le réseau	Localisé dans le mât Le refroidissement du générateur et du dispositif de conversion est effectué par une boucle d'eau Générateur produit un courant de 710 V Transformateur élévateur de tension en courant alternatif 50 Hz et 650 V
Poste de livraison	Adapter les caractéristiques du courant électrique à l'interface entre le réseau privé et le réseau public	1 poste formant 1 point de livraison et est relié à 4 éoliennes

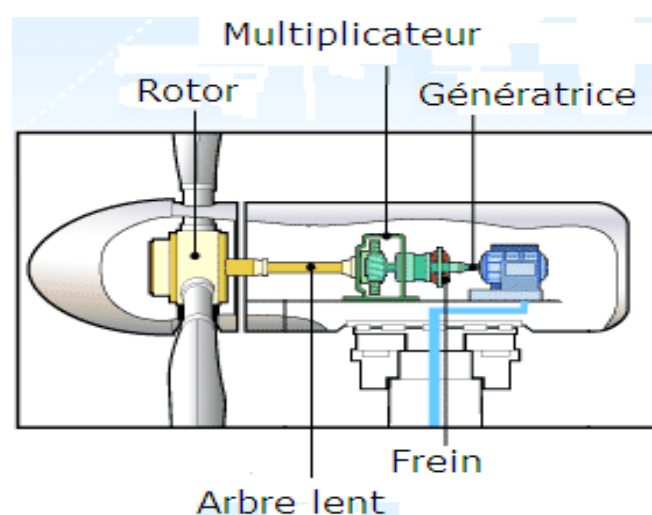


Figure 8 : Schéma simplifié de la chaîne cinématique

4.2.2 SÉCURITÉ DES INSTALLATIONS

4.2.2.1 Accès aux installations

(Art. 7 de l'Arrêté du 26 août 2011)

Le site dispose en permanence d'une voie d'accès carrossable au moins pour permettre l'intervention des services d'incendie et de secours. Cet accès est entretenu. Les abords de l'installation placés sous le contrôle de l'exploitant sont maintenus en bon état de propreté.

4.2.2.2 Système de détection incendie

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.

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 :

- La chambre du transformateur
- Le générateur
- La cellule haute tension
- Le convertisseur
- Les armoires électriques principales
- Le système de freinage.

Le système de détection incendie est alimenté par le réseau secouru (UPS).

4.2.2.3 Système de mise à la terre

(Art. 9 de l'Arrêté du 26 août 2011)

L'ensemble des éoliennes Vestas respectent le standard IEC 61400-24.

Le contrôle visuel des pales est inclus dans les opérations de maintenance annuelles (visite planifiée Inspection Record Form - IRF).

4.2.2.4 Système de sécurité en cas de formation de givre

(Art. 25 de l'Arrêté du 26 août 2011)

Le paramétrage SCADA permettant de déduire la formation de givre à partir des données de puissance et température, lorsque la turbine est en fonctionnement. Un message d'alerte type « Ice climate » est transmis aux opérateurs. La mise à l'arrêt se fait ensuite manuellement ou automatiquement. Tant que le capteur de glace constate une formation de glace, il est impossible de redémarrer l'éolienne. La glace une fois disparue, l'éolienne peut uniquement être démarrée sur site car celle-ci doit faire l'objet d'un contrôle visuel destiné à détecter des reliquats de glace.

4.2.2.5 Signalétique relative à la chute de glace

(Art. 14 de l'Arrêté du 26 août 2011)

L'exploitant du parc mettra en place des panneaux informant de la possible chute de glace dans un périmètre de 50 m autour de chacune des machines.

4.2.2.6 Système de prévention d'échauffement des pièces mécaniques

Des capteurs de températures des pièces mécaniques sont mis en place.

En cas de dépassement de seuils critiques de température (spécifiques pour chaque composant), l'éolienne est mise à l'arrêt ou bridée jusqu'à refroidissement.

Le redémarrage peut être effectué à distance, si les seuils de température sont au-dessous des seuils d'alarme.

4.2.2.7 Détection de survitesse

L'éolienne est mise à l'arrêt si la vitesse de vent mesurée dépasse la vitesse maximale de 25 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 celles-ci en position où elles offrent peu de prise au vent).

Cette mise en drapeau est effectuée par le système d'inclinaison des pales « Vestas Pitch System ».

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.

En complément aux capteurs de mesure de vitesse, un système instrumenté de sécurité est présent (automate totalement indépendant de l'automate de conduite), et dispose d'un capteur de vitesse de rotation disposé sur l'arbre lent.

Le dépassement d'une vitesse de 17 tours par minute sur l'arbre lent conduit à la mise à l'arrêt de la machine par mise en drapeau des pales (cette mise en drapeau est assurée par le circuit hydraulique avec l'assistance complémentaire des accumulateurs disposés sur les vérins).

En cas d'arrêt par survitesse (déclenchement du Vestas Overspeed Guard ou VOG), l'éolienne ne peut pas être redémarrée à distance. Il est nécessaire de venir acquitter localement le défaut et d'effectuer un contrôle de la machine avant de relancer l'éolienne.

4.2.2.8 Système de coupure en cas de court-circuit

En cas de fonctionnement anormal d'un composant électrique, la transmission électrique est coupée.

Les organes et armoires électriques de l'éolienne sont équipés de systèmes de coupures et de protection adéquats.

La coupure de la transmission électrique est suivie de la transmission d'un signal d'alerte vers l'exploitant.

Les armoires électriques disposées dans les nacelles Vestas (qui abritent les divers jeux de barres), 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.

4.2.2.9 Système anti-intrusion

(Art. 13 de l'Arrêté du 26 août 2011)

Afin d'empêcher l'accès de toute personne non autorisée à l'intérieur de nos turbines, les portes des aérogénérateurs fournies par Vestas sont équipées de verrous. Les postes de raccordement et de livraison sont également maintenus fermés à clef.

4.2.2.10 Système de détection de balourd

Les éoliennes sont équipées d'un système de détection de balourd. En cas de déséquilibre du rotor, les éoliennes s'arrêtent.

Pour limiter le bris de pale, des contrôles réguliers de pales ont pour but de vérifier les serrages des boulons, de détecter les fissures ou microfissures.

4.2.2.11 Détection de vents violents

Les éoliennes sont équipées de capteurs de vents. Dès qu'une moyenne de vents de 25 m/s est atteinte sur une période de 10 minutes, l'arrêt automatique et la mise en drapeau progressive des pales sont déclenchés.

Un message d'avertissement est automatiquement expédié à la télésurveillance.

4.2.3 CONSIGNES DE SÉCURITÉ

4.2.3.1 Consignes de sécurité internes

(Art. 22 de l'arrêté du 26 août 2011)

Des consignes de sécurité sont établies et portées à la connaissance du personnel en charge de l'exploitation et de la maintenance. Ces consignes indiquent :

- les procédures d'arrêt d'urgence et de mise en sécurité de l'installation ;
- les limites de sécurité de fonctionnement et d'arrêt ;
- les précautions à prendre avec l'emploi et le stockage de produits incompatibles ;

- les procédures d'alertes avec les numéros de téléphone du responsable d'intervention de l'établissement, des services d'incendie et de secours.

Les consignes de sécurité indiquent également les mesures à mettre en œuvre afin de maintenir les installations en sécurité dans les situations suivantes : survitesse, conditions de gel, orages, défaillance des freins, balourd du rotor, fixations détendues, défauts de lubrification, et incendie.

4.2.3.2 Consignes de sécurité externes

(Art. 14 de l'arrêté du 26 août 2011)

Les prescriptions à observer par les tiers sont affichées soit en caractères lisibles, soit au moyen de pictogrammes sur un panneau sur le chemin d'accès de chaque aérogénérateur, sur le poste de livraison et sur le poste de raccordement. Elles concernent notamment :

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

4.2.4 TÉLÉSURVEILLANCE ET PROCÉDURES D'ALERTE

(Art. 23 de l'arrêté du 26 août 2011)

Les détecteurs de fumée font partie des équipements de série sur les turbines Vestas.

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.

La détection de survitesse est également en série sur les turbines Vestas, et testée lors des opérations de maintenance annuelles.

4.2.5 MOYENS DE LUTTE CONTRE L'INCENDIE

(Art. 24 de l'arrêté du 26 août 2011)

En cas de détection d'incendie, 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.

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).

4.2.6 OPÉRATIONS DE MAINTENANCE DES INSTALLATIONS

4.2.6.1 Vérifications et essais avant la mise en service industrielle

(Art. 8, et 15 de l'arrêté du 26 août 2011)

Document « Type certificate » fourni par Vestas qui atteste de la conformité de l'éolienne fournie au standard IEC 61400-1 (édition 2005).

De plus, des organismes compétents externes, mandatés par l'exploitant du parc, produisent des rapports attestant de la conformité des 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 réalisé par des organismes agréés par l'État. Ce contrôle assure la solidité des ouvrages ainsi que la sécurité des biens et des personnes.

Lors de la mise en service d'une éolienne, une série de tests est réalisée afin de s'assurer du fonctionnement et de la sécurité de l'éolienne. Parmi ces tests, les arrêts simples, d'urgence et de survitesse sont effectués.

Les essais des différents arrêts sont ensuite effectués tous les ans suivant les manuels de maintenance et sont reportés sur les documents IRF attestant la réalisation de l'ensemble des opérations de maintenance. La mise à l'arrêt de la turbine est testée lors de la mise en service de la turbine puis à chaque intervention.

4.2.6.2 Formation du personnel

(Art. 17 de l'arrêté du 26 août 2011)

La formation BST (Basic Safety Training) forme tous les techniciens Vestas et ses sous-traitants aux risques et à la conduite à tenir en cas de problème.

Les techniciens Vestas disposent également de formations leur permettant de travailler en toute sécurité. Parmi ces formations : utilisation des extincteurs, habilitation au travail en hauteur, habilitations électriques ou encore formation Sauveteur Secouriste du Travail (SST).

4.2.6.3 Périodicité de la maintenance et des contrôles

(Art. 18 de l'arrêté du 26 août 2011)

Les opérations de maintenance et de contrôle qui auront lieu au cours de l'exploitation sont listées dans le tableau suivant :

Tableau 11 : Opérations de contrôle et de maintenance réalisées après trois mois de fonctionnement

Élément vérifié	Type d'opération
État général	Vérification de la propreté de l'intérieur de l'éolienne Vérification qu'aucun matériau combustible ou inflammable n'est entreposé dans l'éolienne
Moyeu	Inspection visuelle du moyeu Vérification des boulons entre le moyeu et les supports de pale Vérification des boulons maintenant la coque du moyeu
Pales	Vérification des roulements et du jeu Vérification des joints d'étanchéité Inspection visuelle des pales, de l'extérieur et de l'intérieur Vérification des boulons de chaque pale Vérification des bruits anormaux Vérification des bandes paratonnerres
Système de transfert de courant foudre moyeu/nacelle	Vérification des boulons et de l'absence d'impacts de foudre
Arbre principal	Vérification des boulons fixant l'arbre principal et le moyeu Inspection visuelle des joints d'étanchéité Vérification des bruits anormaux et des vibrations Vérification du fonctionnement du système de lubrification

	Vérification des dommages au niveau des boulons de blocage du rotor
Système d'orientation de la nacelle (Yaw system)	Vérification des boulons fixant le haut du palier d'orientation et la tour Vérification des bruits anormaux Vérification du système de lubrification
Tour	Vérification de l'état du béton à l'intérieur et à l'extérieur de la tour Vérification des boulons entre la partie fondation et la tour, entre les sections de la tour et sur l'échelle Vérification des brides et des cordons de soudure Vérification des plateformes Vérification du câble principal
Bras de couple	Vérification boulons Vérification et serrage de la connexion à la terre
Système d'inclinaison des pales (Vestas Pitch System)	Vérification des boulons du cylindre principal et du bras de manivelle Vérification des boulons de l'arbre terminal et des roulements
Multiplicateur	Changement d'huile et nettoyage du multiplicateur si nécessaire Vérification du niveau sonore lors du fonctionnement du multiplicateur Vérification des joints, de l'absence de fuite, etc... Vérification d'absence de fuites au niveau des points de lubrification Vérification des capteurs de débris
Huile du multiplicateur	Vérification du niveau d'huile Vérification des composants du bloc hydraulique et des pompes
Système de freinage	Vérification des étriers, des disques et des plaquettes de freins Inspection des entrées et des sorties de tuyaux
Générateur	Vérification des câbles électriques dans le générateur Vérification des fuites de liquides de refroidissement et de graisse Lubrification des roulements
Système de refroidissement par eau	Vérification du fonctionnement des pompes à eau Vérifications des tubes et des tuyaux Vérification du niveau de liquide de refroidissement
Vestas Cooler Top™	Vérification boulons
Système hydraulique	Vérification d'absence de fuites dans la nacelle, l'arbre principal et les pompes
Onduleur	vérification du fonctionnement de l'onduleur.
Capteur de vent et balisage aérien	Vérification du bon fonctionnement du balisage aérien et inspection visuelle du capteur de vitesse de vent.
Nacelle	Vérification boulons Vérification d'absence de fissures autour des raccords Vérification des points d'ancrage et des fissures autour de ceux-ci
Extérieur	Vérification de la protection de surface Nettoyage des têtes de boulons et d'écrous, des raccords, etc.
Transformateur	Inspection mécanique et électrique du transformateur
Sécurité générale	Inspection des câbles électriques Inspection du système de mise à la terre

Tableau II : Opérations de contrôle et de maintenance réalisées après un an de fonctionnement

Élément vérifié	Type d'opération
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 (Vestas Pitch System)	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
Vestas Cooler Top™	Inspection visuelle du Vestas Cooler Top™ et des systèmes parafoudres

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 (Yaw System)	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

(Art. 10 de l'Arrêté du 26 août 2011)

Le certificat de conformité « *Declaration of Conformity* », remis avec chaque machine, atteste du respect de la Directive européenne dite « machine » du 17 mai 2006.

Les installations électriques font l'objet d'un contrôle avant la mise en service industrielle du parc éolien, puis annuellement, ce contrôle donnant lieu à un rapport, dit rapport de vérification annuel, réalisé par un organisme agréé.

Vestas propose des contrôles électriques supplémentaires dans le cadre des maintenances annuelles.

4.2.7 STOCKAGE ET FLUX DE PRODUITS DANGEREUX

(Art. 16 de l'Arrêté du 26 août 2011)

Aucun matériel inflammable ou combustible ne sera stocké dans les éoliennes de la Croix Florent.

4.3 FONCTIONNEMENT DES RÉSEAUX DE L'INSTALLATION

4.3.1 RACCORDEMENT ÉLECTRIQUE

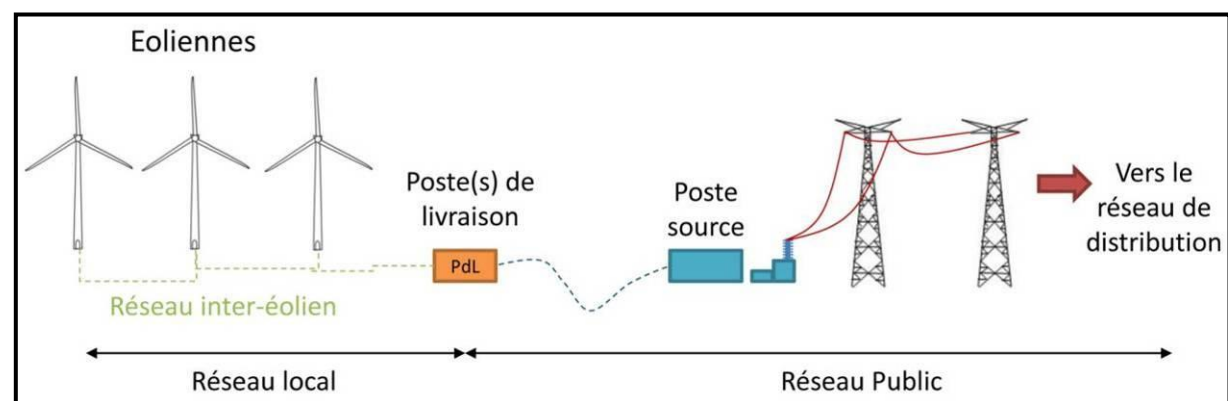


Figure 9 : Raccordement électrique des installations

4.3.1.1 Réseau inter-éolien

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

4.3.1.2 Poste de livraison

Le poste de livraison est le nœud de raccordement de toutes les éoliennes avant que l'électricité ne soit injectée dans le réseau public. La Croix Florent disposera d'un poste de livraison relié aux 4 éoliennes. Le schéma du poste de livraison est présenté dans la figure suivante et la carte de raccordement externe est en Figure 11.

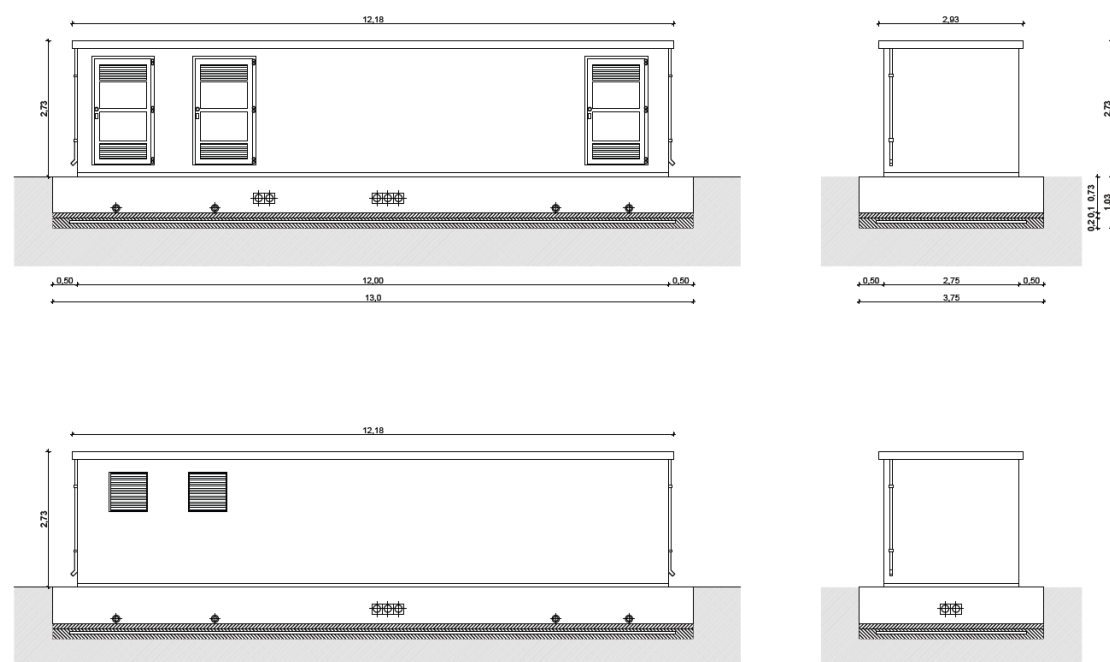


Figure 10 : Schéma du poste de livraison de la Croix Florent

4.3.1.3 Réseau électrique externe

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

4.3.2 AUTRES RÉSEAUX

La Croix Florent 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.

4.3.3 ORGANISATION DES MOYENS DE SECOURS

4.3.3.1 Moyens internes

Lors du déclenchement des alarmes incendie de la machine, une sirène se met en route dans la nacelle et la tour. Une information est envoyée par GSM en moins de 15 minutes vers le centre de télésurveillance, les pompiers et l'exploitant. L'alerte provoque la mise à l'arrêt de la machine.

4.3.3.1 Moyens externes

Les moyens d'intervention de secours ou de lutte contre les incendies sont basés sur des moyens externes (sapeurs pompiers). L'exploitant détermine un plan d'intervention en accord avec les services.

Le centre de secours le plus proche est celui de Vignacourt. Le temps d'arrivée des secours est estimé à 10 min.

4.3.3.2 Perte du réseau électrique

En cas de perte du réseau électrique, la pression accumulée dans les systèmes d'orientation des pâles est renvoyée vers le réseau hydraulique de la nacelle ce qui a pour effet d'entraîner une mise en drapeau des pâles qui va permettre un freinage aérodynamique du rotor et une mise à l'arrêt de l'éolienne.

Dans ce cas, il n'y a pas de danger particulier, les équipes de gestion technique sont prévenues par SMS et/ou mail de la déconnexion des machines du réseau. Le centre de conduite du gestionnaire de réseau (ErDF ENEDIS) est alors contacté pour connaître les raisons de cette panne et demander l'autorisation de reconnexion si le réseau est à nouveau disponible.

Ce cas de figure ne présentant pas de danger pour la sécurité, les équipes vont intervenir dans les meilleurs délais pour permettre la reprise de la production.

4.3.3.3 Perte du réseau de télécommunication

Une perte de réseau de télécommunication peut entraîner la non réception des alarmes par les équipes d'exploitation et de maintenance. Ainsi, l'effet cumulé avec la survenance d'un incendie ou de l'entrée en survitesse pourrait retarder le temps de prévenance des secours.

Dans ce cas, le système d'alarme sera doublé et utilisera deux technologies (ADSL pour l'envoi de mail et GSM pour l'envoi de SMS), afin de pallier à la défaillance de l'un des deux systèmes d'alerte.

En cas de panne d'un système de télécommunication, l'opérateur prendra contact avec le gestionnaire du réseau de télécommunication dans les meilleurs délais pour demander le rétablissement du service. La deuxième ligne (GSM ou ADSL) fera office de secours pour assurer la prévenance en cas d'incendie ou de survitesse.

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 n'est stocké dans les aérogénérateurs et le poste de livraison**.

Les produits identifiés dans le cadre de la Croix Florent 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...).

Tableau 12 : Liste des produits utilisés pour la maintenance

Lieu de la lubrification	Désignation	Type de lubrifiant	Quantité	Risques	Point éclair	Consignes d'utilisation
Circuit haute pression	Texaco Rando WM 32	Huile hydraulique	env. 250 litres	-	-	-
Multiplicateur	Mobil gear SHC XMP 320	Huile de lubrification	env. 400 litres	-	-	-
Système de refroidissement	Eau glycolée	(eau + éthylène glycol)	env. 400 litres	-	-	-
Roulement/Systèmes d'entraînement	-	Graisse	-	-	-	-
Cellules de protection électrique	Hexafluorure de soufre (SF ₆)	Gaz	env. 1,5 à 2,2 kg	-	-	-

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 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.

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).

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.

Lors de la vidange des huiles, les produits sont évacués et remplacés sans opérations de stockage.

Au vu des faibles quantités utilisées, les potentiels de danger associés aux produits ne seront pas retenus pour l'analyse de risques.

5.2 POTENTIELS DE DANGERS LIÉS AU FONCTIONNEMENT DE L'INSTALLATION

Les potentiels de dangers liés au fonctionnement de la Croix Florent sont de 5 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 ;
- Échauffement de pièces mécaniques ;
- Courts-circuits électriques (aérogénérateur ou poste de livraison).

Ces dangers potentiels sont recensés dans le tableau suivant :

Tableau 13 : Potentiels de danger liés au fonctionnement du parc éolien

Installation ou système	Fonction	Phénomène redouté	Potentils de dangers
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
Nacelle	Protection des équipements destinés à la production électrique	Chute d'éléments	Energie cinétique de projection
		Chute de nacelle	Energie cinétique de chute
Rotor	Transformer l'énergie éolienne en énergie mécanique	Projection d'objets	Energie cinétique des objets
Poste de livraison,	Réseau électrique	Court-circuit interne	Arc électrique

intérieur de l'aérogénérateur			
-------------------------------	--	--	--

Tous ces potentiels de dangers seront retenus et figureront dans l'analyse de risque.

6 RÉDUCTION DES POTENTIELS DE DANGERS

6.1 RÉDUCTION DES POTENTIELS DE DANGERS LIÉS AUX PRODUITS

Les quantités de produits sont limitées aux quantités nécessaires au fonctionnement de l'éolienne. Lors des opérations de maintenance, les déchets produits sont directement envoyés vers les filières d'élimination adaptées.

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 Vestas.

6.2 RÉDUCTION DES POTENTIELS DE DANGERS LIÉS AUX INSTALLATIONS

Les installations sont implantées à plus de 700 m de toute habitation. De plus, une distance de recul de 350 m est observée par rapport aux axes routiers principaux (routes départementales).

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 (jusqu'à 35 000 volts dans un aérogénérateur Vestas), 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.

7 ACCIDENTOLOGIE – RETOUR D'EXPÉRIENCE

Source : Guide technique – Elaboration de l'étude de dangers dans le cadre des parcs éoliens (mai 2012)

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

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

7.1 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 la Centrale Eolienne de Launstroff-Waldwisse.

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

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

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

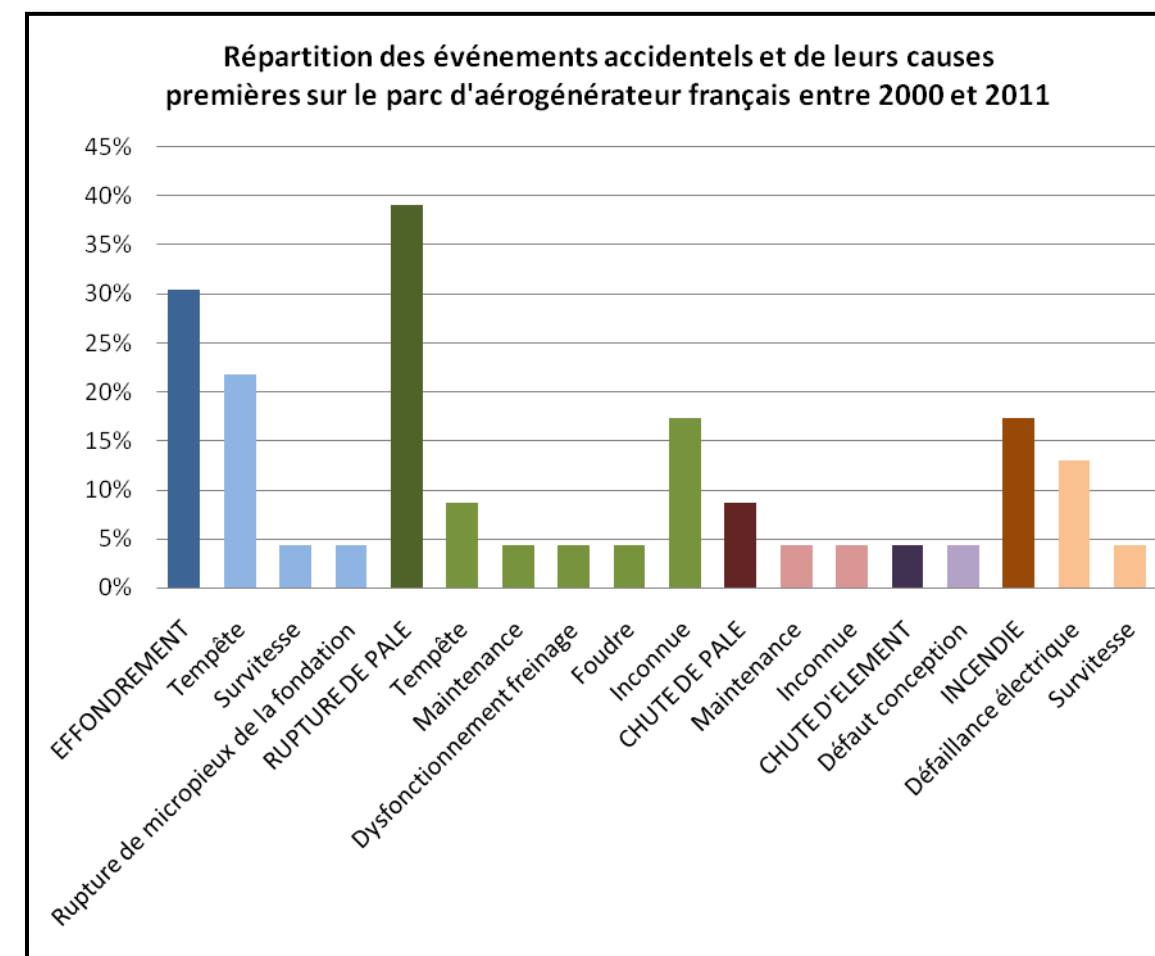
Dans l'état actuel, la base de données élaborée par le groupe de travail de SER/FEE ayant élaboré le guide technique d'élaboration de l'étude de dangers dans le cadre des parcs éoliens apparaît comme représentative des incidents majeurs ayant affecté le parc éolien français depuis l'année 2000. L'ensemble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



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

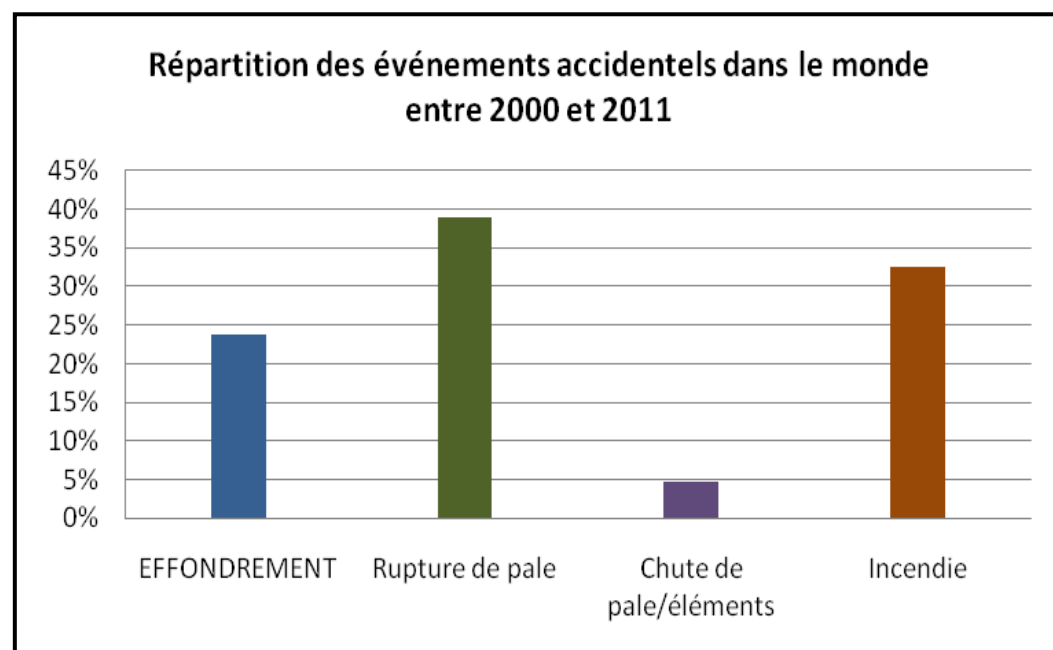
7.2 INVENTAIRE DES ACCIDENTS ET INCIDENTS À L'INTERNATIONAL

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.

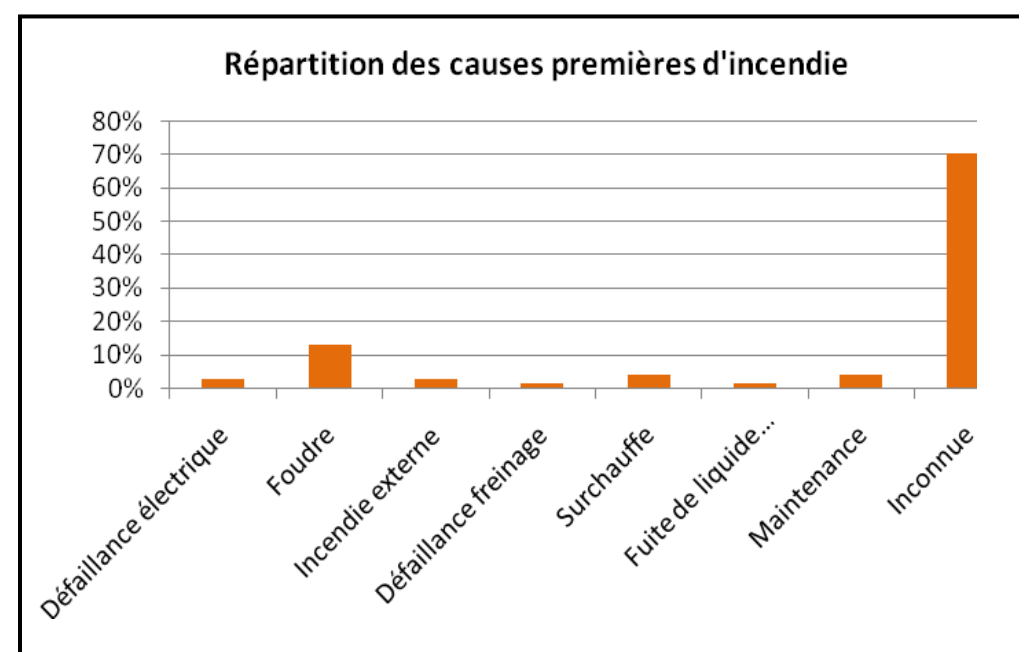
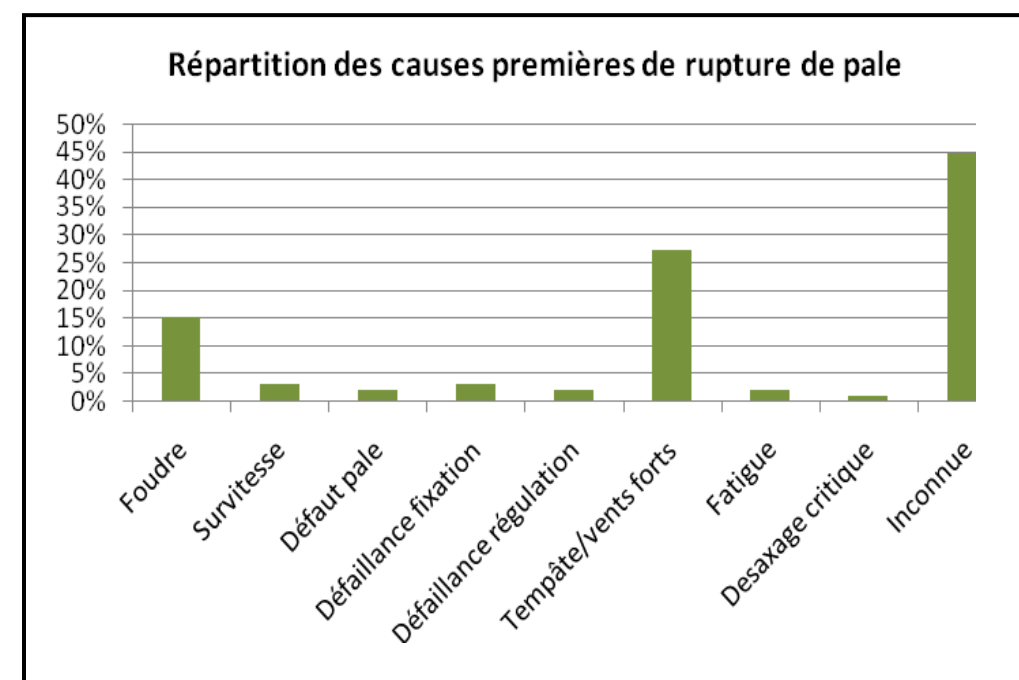
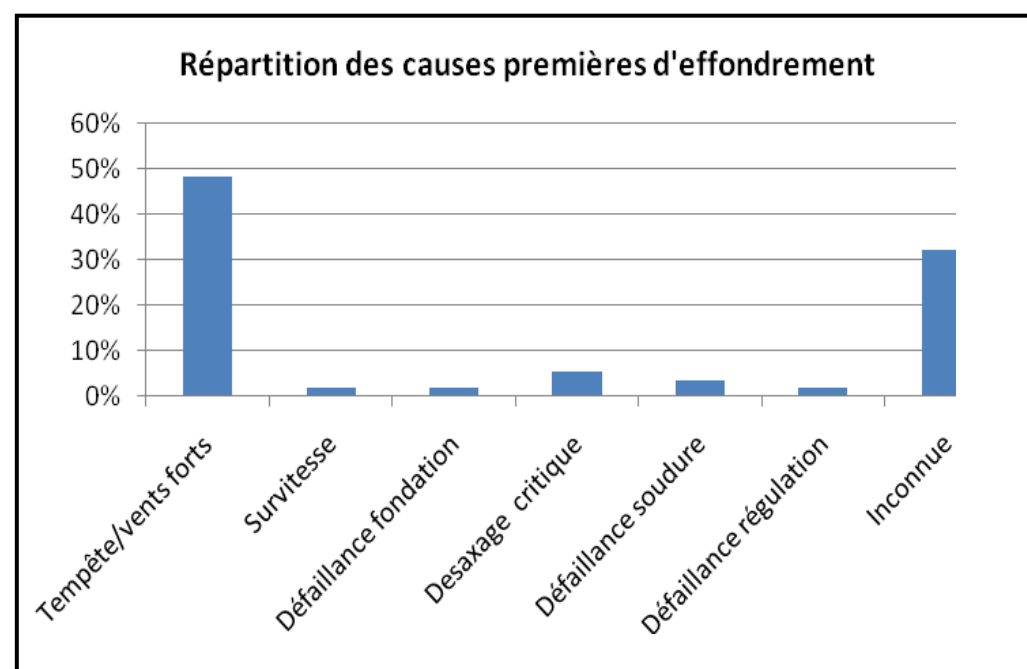
La synthèse ci-dessous provient de l'analyse de la base de données réalisée par l'association Caithness Wind Information Forum (CWIF). Sur les 994 accidents décrits dans la base de données au moment de sa consultation par le groupe de travail précédemment mentionné, seuls 236 sont considérés comme des « 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.



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



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

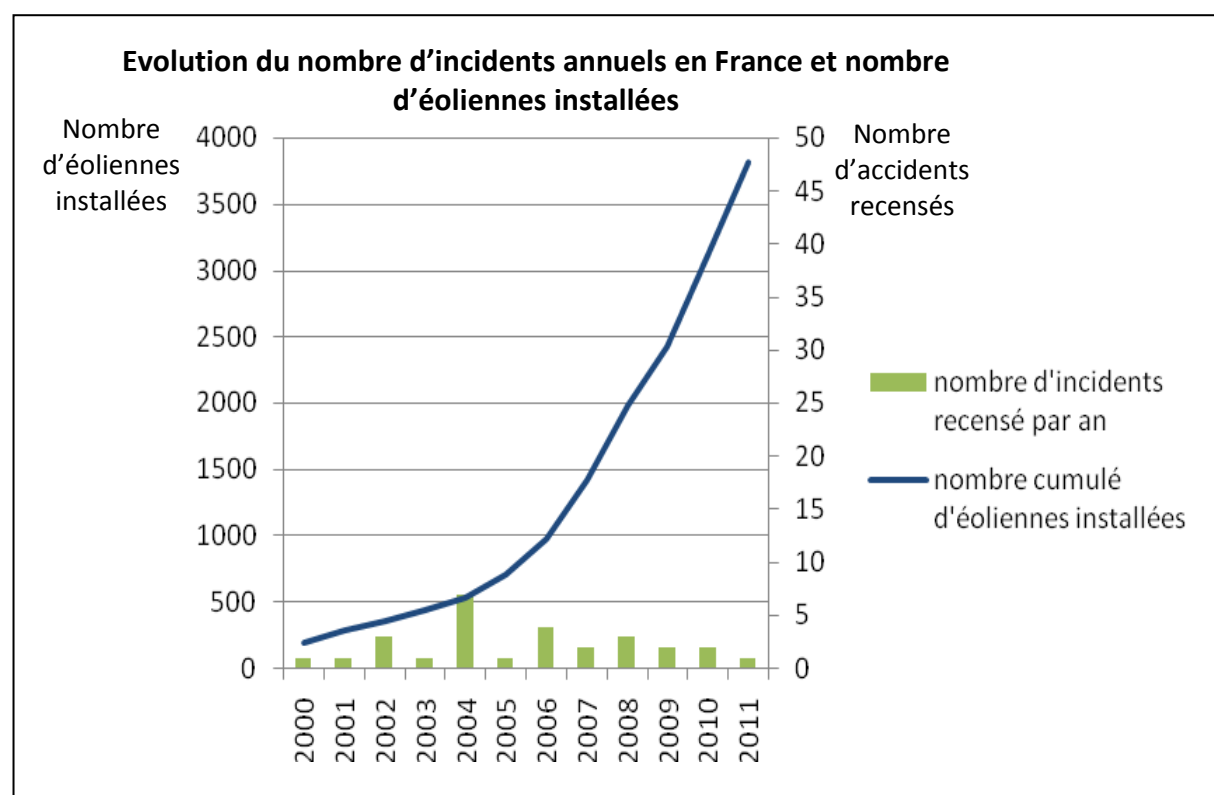
7.3 SYNTHÈSE DES PHÉNOMÈNES DANGEREUX REDOUTÉS ISSUS DU RETOUR D'EXPÉRIENCE

7.3.1 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.



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

7.3.2 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.

7.4 LIMITES D'UTILISATION DE L'ACCIDENTOLOGIE

On peut noter que ces retours d'expérience comportent les limites suivantes :

- 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.

8 ANALYSE PRÉLIMINAIRE DES RISQUES

8.1 MÉTHODOLOGIE

L'analyse de risques réalisée suit la méthodologie type **APR** (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.

Pour ce faire, tous les scénarios d'accident potentiels sont identifiés 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.

8.2 SCÉNARIOS ÉTUDIÉS DANS L'ANALYSE PRÉLIMINAIRE DES RISQUES

L'ensemble des séquences accidentelles est déterminé en prenant en compte les potentiels de danger des installations et les agresseurs externes recensés sur le site.

Les séquences accidentelles identifiées comprennent les éléments suivants :

- 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 ci-dessous sont regroupés et numérotés par thématique, en fonction des typologies d'événement redoutés centraux identifiés :

- G : scénarios concernant la glace ;
- I : scénarios concernant l'incendie ;
- F : scénarios concernant les fuites ;
- C : scénarios concernant la chute d'éléments de l'éolienne ;
- P : scénarios concernant les risques de projection ;
- E : scénarios concernant les risques d'effondrement.

Tableau I4 : Scénarios accidentels identifiés

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

N°	Événement initiateur	Événement intermédiaire	Événement redouté central	Fonction de sécurité (intitulé générique)	Phénomène dangereux	Zone d'effet
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		Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9)		
C3	Défaut fixation nacelle – pivot central – mât	Chute nacelle				
P01	Survitesse	Contraintes trop importante sur les pales	Projection de tout ou partie pale	Prévenir la survitesse (N°4)	Impact sur cible	2
P02	Fatigue Corrosion	Chute de fragment de pale		Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9)		
P03	Serrage inapproprié Erreur maintenance – desserrage			Prévenir les erreurs de maintenance (N°10)		
E01	Effondrement engin de levage travaux	Agression externe et fragilisation structure	Effondrement éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9)	Chute fragments et chute mât	2
E02	Vents forts	Défaillance fondation		Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9) Prévenir les risques de dégradation de l'éolienne en cas de vent fort (N°11)	Projection/chute fragments et chute mât	
E02	Fatigue	Défaillance mât		Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9)		
E03	Désaxage critique du rotor	Impact pale – mât		Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N°9) Prévenir les erreurs de maintenance (N°10)		

8.3 EFFETS DOMINOS

Les éoliennes sont implantées au minimum à 350 m les unes des autres. Les sur-accidents et effets dominos sont par conséquent limités.

8.4 MISE EN PLACE DES MESURES DE SÉCURITÉ

Les barrières de sécurité mises en œuvre sur les éoliennes de la Croix Florent sont décrites dans les tableaux suivants.

Tableau 15 : Liste des barrières sécurité

N°	Fonction de sécurité	Barrière de sécurité	Description	Indépendance	Temps de réponse	Efficacité	Test	Maintenance / Contrôle
1	Prévenir la mise en mouvement de l'éolienne lors de la formation de la glace	Système de détection ou de déduction de la formation de glace sur les pales de l'aérogénérateur.	<i>(Art. 25 de l'Arrêté du 26 août 2011)</i> Ce système Vestas déduit la formation de glace sur les pales à partir des données de température et de rendement de l'éolienne (l'accumulation de glace alourdit les pales et diminue le rendement de la turbine). Une configuration du système SCADA permet d'alerter les opérateurs par un message type « Ice Climate ». Une mise à l'arrêt est ensuite effectuée de manière automatique ou manuelle, selon le type de contrat. Les procédures de redémarrage sont définies par l'exploitant.	Oui	Mise à l'arrêt de la turbine < 1 min	100%	NA	Surveillance via la maintenance prédictive
2	Prévenir l'atteinte des personnes par la chute de glace	Signalisation en pied de machine Eloignement des zones habitées et fréquentées	<i>(Art. 14 de l'arrêté du 26 août 2011)</i> Mise en place de panneaux de signalisation en pied de machine informant du risque de chute de glace	Oui	NA	100 % Nous considérerons que compte tenu de l'implantation des panneaux et de l'entretien prévu, l'information des promeneurs sera systématique	NA	Vérification de l'état général des panneaux, de l'absence de détérioration, entretien de la végétation afin que les panneaux restent visibles
3	Prévenir l'échauffement significatif des pièces mécaniques	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	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	Oui	Temps de détection de l'ordre de la seconde Mise en pause de la turbine < 1 min	100%	Surveillance via la maintenance prédictive, avec détection de la déviation de températures de chaque capteur	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

N°	Fonction de sécurité	Barrière de sécurité	Description	Indépendance	Temps de réponse	Efficacité	Test	Maintenance / Contrôle
4	Prévenir la survitesse	Détection de vent fort et freinage aérodynamique par le système de contrôle	L'éolienne est mise à l'arrêt si la vitesse de vent mesurée dépasse la vitesse maximale de 25 m/s pour la V112. 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 celles-ci en position où elles offrent peu de prise au vent). Cette mise en drapeau est effectuée par le système d'inclinaison des pales « Vestas Pitch System »	Oui	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	100%	(Art. 15 de l'arrêté du 26 août 2011) 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. Tests à chaque maintenance préventive.	Maintenance de remplacement en cas de dysfonctionnement de l'équipement
		Détection de survitesse du générateur	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	Oui	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	100%	(Art. 15 de l'arrêté du 26 août 2011) 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. Tests à chaque maintenance préventive.	Maintenance de remplacement en cas de dysfonctionnement de l'équipement
		Vestas Overspeed Guard (VOG)	En complément aux capteurs de mesure de vitesse, un système instrumenté de sécurité est présent (automate totalement indépendant de l'automate de conduite utilisé pour la détection de survitesse du générateur), et dispose d'un capteur de vitesse de rotation disposé sur l'arbre lent. Le dépassement d'une vitesse de 17 tours par minute sur l'arbre lent conduit à la mise à l'arrêt de la machine par mise en drapeau des pales (cette mise en drapeau est assurée par le circuit hydraulique avec l'assistance complémentaire des accumulateurs disposés sur les vérins) En cas d'arrêt par survitesse (déclenchement du VOG), l'éolienne ne peut pas être redémarrée à distance. Il est nécessaire de venir acquitter localement le défaut et d'effectuer un contrôle de la	Oui	Temps de détection < 1 min	100%	(Art. 15 de l'arrêté du 26 août 2011) Lors de la mise en service de l'aérogénérateur, une série de tests (arrêts simples, d'urgence et de survitesse) est réalisée afin de s'assurer du fonctionnement et de la sécurité de l'éolienne	Vérification du système au bout de 3 mois de fonctionnement puis tous les ans suivant les manuels de maintenance Vestas. Ces vérifications sont consignées dans le document IRF Vestas. Maintenance conforme aux dispositions des articles 15 et 18 de l'arrêté du 26 août 2011.

N°	Fonction de sécurité	Barrière de sécurité	Description	Indépendance	Temps de réponse	Efficacité	Test	Maintenance / Contrôle
			machine avant de relancer l'éolienne					
5	Prévenir les courts-circuits	Détecteur d'arc avec coupure électrique (salle transformateur et armoires électriques).	<p>Outre les protections traditionnelles contre les surintensités et les surtensions, les armoires électriques disposées dans les nacelles Vestas (qui abritent les divers jeux de barres), 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</p> <p>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</p> <p>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'acquittement manuel du défaut</p>	Oui	50 millisecondes	100%	Test des détecteurs d'arc à la mise en service puis tous les ans	<p>(Art. 10 de l'arrêté du 26 août 2011)</p> <p>Les installations électriques sont contrôlées avant la mise en service du parc puis à une fréquence annuelle.</p> <p>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 Vestas.</p>
6	Prévenir les effets de la foudre	Système de protection contre la foudre conçu pour répondre à la classe de protection I de la norme internationale IEC 61400	<p>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 (nommé LCTU – Lightning Current Transfer Unit) 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</p> <p>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</p>	Oui	Immédiat Dispositif passif	100%	Avant la première mise en route de l'éolienne, une mesure de mise à la terre est effectuée	<p>(Art. 9 de l'arrêté du 26 août 2011)</p> <p>Contrôle visuel des pales et des éléments susceptibles d'être impactés par la foudre inclus dans les opérations de maintenance</p>

N°	Fonction de sécurité	Barrière de sécurité	Description	Indépendance	Temps de réponse	Efficacité	Test	Maintenance / Contrôle
7	Protection et intervention incendie	<p>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.</p> <p>Le redémarrage peut être effectué à distance, si les seuils de température sont au-dessous des seuils d'alarme.</p> <p>Système de détection incendie</p>	<p>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>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>	Oui	Temps de détection de l'ordre de la seconde	100%	Test des détecteurs de fumée à la mise en service puis tous les ans	<p>(Art. 18 de l'arrêté du 26 août 2011)</p> <p>Contrôle tous les ans du système de détection incendie</p> <p>Le matériel incendie (extincteurs) est contrôlé périodiquement par un organisme spécialisé.</p> <p>Maintenance prédictive sur les capteurs de température.</p>
8	Prévention et rétention des fuites	<p>Détecteurs de niveau d'huiles et capteurs de pression</p> <p>Capteur de niveau du circuit de refroidissement (niveau bas alarmé avec arrêt après temporisation)</p> <p>Procédure d'urgence</p> <p>Kit de dépollution</p> <p>Bacs de rétention</p>	<p>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</p>	Oui	<p>Temps de détection de l'ordre de la seconde</p> <p>Mise en pause de la turbine < 1 min</p>	100%	<p>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 Vestas. Ces vérifications sont consignées dans le document IRF Vestas.</p> <p>Dépendant du débit de fuite.</p>	<p>Les vérifications d'absence de fuites sont effectuées à Les vérifications d'absence de fuites sont effectuées à chaque service planifié.</p> <p>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.</p>

N°	Fonction de sécurité	Barrière de sécurité	Description	Indépendance	Temps de réponse	Efficacité	Test	Maintenance / Contrôle
			<p>du rotor.</p> <p>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>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 vider et le camion de vidange.</p> <p>Une procédure Vestas en cas de pollution accidentelle du sol est communiquée au personnel intervenant dans les aérogénérateurs.</p> <p>En cas de fuite, les véhicules de maintenance Vestas 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, Vestas se charge de faire intervenir une société spécialisée qui récupérera et traitera la terre souillée via les filières adéquates.</p> <p>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>					
9	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation)	Contrôles réguliers des fondations et des différentes pièces d'assemblages (ex : brides ; joints, etc.) Procédures qualifiés	<p>(Art. 8 de l'arrêté du 26 août 2011)</p> <p>La norme IEC 61 400-1 « Exigence pour la conception des aérogénérateurs » fixe les prescriptions propres à fournir « un niveau approprié de protection contre les dommages résultant de tout risque durant la durée de vie » de l'éolienne.</p> <p>Ainsi la nacelle, le nez, les fondations et la tour répondent au standard IEC 61 400-1. Les pales respectent le standard IEC 61 400-1 ; 12 (courbe de puissance) ; 23 (méthode de test des pales).</p> <p>Les éoliennes sont protégées contre la corrosion due à l'humidité de l'air, selon la norme ISO 12944 qui inclut dans son champ d'application la</p>	Oui	NA	100%	NA	<p>(Art. 18 de l'arrêté du 26 août 2011)</p> <p>Le plan de maintenance Vestas prévoit 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</p>

N°	Fonction de sécurité	Barrière de sécurité	Description	Indépendance	Temps de réponse	Efficacité	Test	Maintenance / Contrôle
			norme ISO9223.					
10	Prévenir les erreurs de maintenance	Procédure maintenance	Préconisations du manuel de maintenance Formation du personnel	Oui	NA	100%	NA	NA
11	Prévenir la dégradation de l'état des équipements	Procédure de contrôle des équipements lors des maintenances planifiées. Suivi de données mesurées par les capteurs et sondes présentes dans les éoliennes Vestas	L'intégralité des données mesurées par les capteurs et sondes présentes dans les éoliennes Vestas 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	Oui	Entre 12 heures et 6 mois selon le type de dégradation	NA	Traçabilité : rapport de service	NA
12	Prévenir les risques de dégradation de l'éolienne en cas de vent fort	Classe d'éolienne adaptée au site et au régime de vents Mise à l'arrêt sur détection de vent fort et freinage aérodynamique par le système de contrôle	En France, la classification de vents des éoliennes fait référence à la norme « IEC 61400-1 ». Les éoliennes Vestas sont dimensionnées pour chacune de ces classes. Il est donc important de faire correspondre la classe du site avec la classe de la turbine Les éoliennes sont mises à l'arrêt si la vitesse de vent mesurée dépasse la vitesse maximale de 25 m/s pour la V112. 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 « Vestas Pitch System ».	Oui	Temps de détection de l'ordre de la seconde. Mise drapeau des pales < 1 min	100%	Pitch system testé tous les ans lors des maintenances préventives.	Annuel

NA = Non applicable

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 annuelle, 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.

8.5 CONCLUSION DE L'ANALYSE PRÉLIMINAIRE DES RISQUES

L'analyse préliminaire des risques a permis de sélectionner les scénarios qui seront retenus dans l'étude détaillée des risques :

Tableau 16 : Scénarios accidentels retenus

Scénarios accidentels	Retenu / Non retenu	Justification
Chute de glace	RETENU	La Croix Florent est localisée dans une zone à conditions météorologiques susceptibles de générer la formation de glace
Projection de glace	RETENU	
Incendie de tout ou partie de l'éolienne	NON RETENU	<p>En cas d'incendie de nacelle, et en raison de la hauteur des nacelles, les effets thermiques ressentis au sol seront mineurs.</p> <p>Par exemple, dans le cas d'un incendie de nacelle située à 50 m de hauteur, la valeur seuil de 3 kW/m² n'est pas atteinte.</p> <p>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.</p> <p>Ces effets ne sont donc pas étudiés dans l'étude détaillée des risques.</p>
Incendie du poste de livraison ou du transformateur	NON RETENU	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.
Infiltration d'huile dans les sols	NON RETENU	En cas d'infiltration d'huiles dans le sol, les volumes de substances libérées dans le sol restent mineurs.
Chute d'élément de l'éolienne	RETENU	Dans le cas de ces éléments, les risques ont été considérés comme acceptables et sont donc repris dans l'étude de danger. Conformément à l'arrêté du 26 août 2011, des actions de maintenance et de suivi seront réalisées sur les installations et feront l'objet de rapport.
Projection de tout ou partie de pale	RETENU	
Effondrement de l'éolienne	RETENU	

9 ÉTUDE DÉTAILLÉE 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.

9.1 MÉTHODOLOGIE APPLIQUÉE

9.1.1 CONTEXTE RÉGLEMENTAIRE

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

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

Or, les phénomènes dangereux présentés par les installations éoliennes sont les projections et chutes d'éléments.

Afin de pouvoir présenter des éléments au sein de cette étude de dangers, il est proposé de recourir à la méthode 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.

9.1.2 COTATION EN CINÉTIQUE

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

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

- Dans le cadre de cette étude de dangers, il est supposé, de manière prudente, que tous les accidents considérés ont une cinétique rapide.

9.1.3 COTATION EN INTENSITÉ

Les seuils d'intensité définis dans l'arrêté du 29 septembre 2005 ne sont pas adaptés aux accidents générés par les aérogénérateurs.

C'est pourquoi, pour chacun des événements accidentels retenus (chute d'éléments, chute de glace, effondrement et projection), il a été introduit la notion de "**degré d'exposition**", avec deux valeurs de référence :

- 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.

Tableau 17 : Correspondance Intensité / degré d'exposition

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.

9.1.4 COTATION EN GRAVITÉ

La gravité des conséquences potentielles d'un accident, sur les personnes, résulte de la combinaison de l'intensité des effets des phénomènes dangereux et de la vulnérabilité des cibles potentiellement exposées.

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

Tableau 18 : Grille de détermination de la gravité

Intensité Gravité	Zone d'effet d'un événement accidentel engendrant une exposition très forte	Zone d'effet d'un événement accidentel engendrant une exposition forte	Zone d'effet d'un événement accidentel engendrant une exposition modérée
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

L'évaluation du nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes) exposées dans les zones d'effets est réalisée suivant la méthode basée sur la Fiche n°1 de la Circulaire du 10 mai 2010 relative aux règles méthodologiques applicables aux études de dangers.

Ainsi, le comptage des personnes exposées s'effectuera de la manière suivante :

Terrains non bâtis

Terrains non aménagés et très peu fréquentés (champs, prairies, forêts, friches, marais...) :

- On compte 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...) :

- On compte 1 personne par tranche de 10 ha

Terrains aménagés et potentiellement fréquentés ou très fréquentés (parkings, parcs et jardins publics, zones de baignades surveillées, terrains de sport (sans gradin néanmoins...) :

- On compte à minima 10 personnes à l'hectare

Voies de circulation

On distingue 2 types de voies de circulation :

- Voies non structurantes : < 2000 véhicules / jour
- Voies structurantes : > 2000 véhicules / jour

Seules les voies de circulation structurantes sont prises en considération.

En effet, les voies de circulation non structurantes sont déjà comptées dans la catégorie des terrains aménagés mais peu fréquentés.

9.1.5 COTATION EN PROBABILITÉ

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).

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)

$P_{présence}$ = 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.

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

Tableau 19 : Classes de probabilité

Niveaux	Echelle qualitative	Echelle quantitative (probabilité annuelle)
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.	$\leq 10^{-5}$

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

Légende

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

9.1.6 ACCEPTABILITÉ DU RISQUE

Afin de déterminer l'acceptabilité du risque généré par la Croix Florent, une matrice de criticité est établie, adaptée de celle de la circulaire du 10 mai 2010 :

Tableau 20 : Grille d'acceptabilité du risque

9.2 COTATION DES SCÉNARIOS ACCIDENTELS RETENUS

Les cinq scénarios accidentels retenus sont cotés en cinétique, intensité, gravité et probabilité.

CHUTE DE GLACE

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.

Dans le cas de la Croix Florent, la zone d'effet à donc un rayon de 56 m, pour chaque éolienne.

Cependant, il convient de noter que, lorsque l'éolienne est à l'arrêt, les pales n'occupent qu'une faible partie de cette zone.

INTENSITE

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

Tableau 21 : Intensité du phénomène Chute de glace

Zone d'impact [m ²] $Z_i = SG$	Zone d'effet du phénomène étudié [m ²] $Z_E = \pi \times R^2$	Degré d'exposition du phénomène étudié [%] $d = Z_i / Z_E$	Intensité
$Z_i = 1 \text{ m}^2$	$Z_E = 9852 \text{ m}^2$	0,01 % (<1 %)	Exposition modérée

Avec SG (surface de glace) = 1 m²

$R = 56 \text{ m}$

GRAVITE

Pour chaque éolienne, on détermine le nombre de personnes exposées dans la zone d'effet du phénomène, soit 9852 m² (ou 1 ha).

Tableau 22 : Exposition au phénomène Chute de glace

Exposition au phénomène de chute de glace			
Eoliennes	Terrains non aménagés (champs-forêts) [ha]	Terrains aménagés (présence de chemins agricoles et de routes non structurantes) [ha]	Nombre de personnes exposées
FL-01	1	0	0.01
FL-02	1	0	0.01
FL-03	1	0	0.01
FL-04	1	0	0.01

Tableau 23 : Gravité associée au phénomène Chute de glace

Gravité associée au phénomène chute de glace		
Éolienne	Nombre de personnes exposées	Niveau de gravité
FL-01	<1	MODERE
FL-02	<1	
FL-03	<1	
FL-04	<1	

PROBABILITE

De façon conservatrice, l'INERIS considère que la probabilité du phénomène chute de glace est de **classe A (phénomène courant)**.

CINETIQUE

La cinétique du scénario accidentel est considérée comme rapide.

ACCEPTABILITE DU RISQUE

Tableau 24 : Acceptabilité du risque Chute de glace

Probabilité \ Gravité	E	D	C	B	A
Désastreux	Orange	Rouge	Rouge	Rouge	Rouge
Catastrophique	Orange	Orange	Rouge	Rouge	Rouge
Important	Orange	Orange	Orange	Rouge	Rouge
Sérieux	Vert	Vert	Orange	Orange	Rouge
Modéré	Vert	Vert	Vert	Vert	Orange FL-01 à FL-04

Vert	Risque très faible	Acceptable
Orange	Risque faible	Acceptable
Rouge	Risque important	Non acceptable

Pour les éoliennes de la Croix Florent, le phénomène de chute de glace constitue un risque acceptable pour les personnes.

MESURES DE MAITRISE DES RISQUES

(Art. 14 de l'arrêté du 26 août 2011)

Des panneaux informant le public des risques de chute de glace, notamment, seront installés sur les chemins d'accès de chaque éolienne, en amont de la zone d'effet.

Cette mesure permettra de réduire les risques pour les personnes potentiellement présentes sur le site lors des épisodes de grand froid.

PROJECTION DE GLACE

ZONE D'EFFET

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

En ce qui concerne la distance maximale atteinte par ce type de projectiles, il n'existe pas d'information dans l'accidentologie. Le rapport WECO¹ 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 postérieures².

Dans le cas de la Croix Florent, la distance d'effet pour des projections de glace est donc la suivante :

- FL-01 à FL-04 : $D = 1,5 \times 206 = 309 \text{ m}$

INTENSITE

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

Tableau 25 : Intensité du phénomène Projection de glace

Zone d'impact [m ²] $Z_i = \text{SG}$	Zone d'effet du phénomène étudié [m ²] $Z_e = \pi \times D^2$	Degré d'exposition du phénomène étudié [%] $d = Z_i / Z_e$	Intensité
$Z_i = 1 \text{ m}^2$	$Z_e = 300\,000 \text{ m}^2$	$3,3 \cdot 10^{-4} \% (< 1 \%)$	Exposition modérée

Avec $\text{SG} = 1 \text{ m}^2$ (surface de glace)

$D = 309 \text{ m}$ (FL-01 à FL-04)

GRAVITE

Pour chaque éolienne, on détermine le nombre de personnes exposées dans la zone d'effet du phénomène, soit 30 ha.

Note : les zones d'effets associées aux éoliennes FL-01 et FL-02 couvrent la route départementale 112.

On compte 0,4 personne permanente par km par tranche de 100 véhicules/jours. D'après les données sur le trafic routier, 2712 véhicules légers empruntent le tronçon quotidiennement.

Pour l'éolienne FL-01, le tronçon de la RD 112 est de 435 m. Pour la FL-02, il est de 505 m.

Le nombre de personnes concernées est donc :

- Pour FL-01 : $0,4 \times 0,435 \times 2712/100 = 4,7$ personnes permanentes
- Pour FL-02 : $0,4 \times 0,505 \times 2712/100 = 5,5$ personnes permanentes

Tableau 26 : Exposition au phénomène Projection de glace

Exposition au phénomène de projection de glace				
Eoliennes	Terrains non aménagés (champs-forêts) [ha]	Terrains aménagés (présence de chemins agricoles et de routes non structurantes) [ha]	Tronçon de route [m]	Nombre de personnes exposées
FL-01	0	0	435	4,7
FL-02	0	0	505	5,5
FL-03	0	30	0	3
FL-04	0	30	0	3

Tableau 27 : Gravité associée au phénomène Projection de glace

Gravité associée au phénomène projection de glace		
Eolienne	Nombre de personnes exposées	Niveau de gravité
FL-01	<10	SERIEUX
FL-02	<10	
FL-03	<10	
FL-04	<10	

¹ Wind energy production in cold climate (WECO), Final report - Bengt Tammelin et al. – Finnish Meteorological Institute, Helsinki, 2000

² Analysis of ice throw from wind turbines, Seifert H., Westerhellweg A., Kröning J. - DEWI, avril 2003

PROBABILITE

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

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

Une **probabilité forfaitaire B (événement probable)** est proposée pour cet événement.

CINETIQUE

La cinétique du scénario accidentel est considérée comme rapide.

ACCEPTABILITE DU RISQUE

Tableau 28 : Acceptabilité du risque Projection de glace

Probabilité \ Gravité	E	D	C	B	A
Désastreux	Orange	Rouge	Rouge	Rouge	Rouge
Catastrophique	Orange	Orange	Rouge	Rouge	Rouge
Important	Orange	Orange	Orange	Rouge	Rouge
Sérieux	Vert	Vert	Orange	FL-01 à FL-04	Rouge
Modéré	Vert	Vert	Vert	Vert	Orange

Vert	Risque très faible	Acceptable
Orange	Risque faible	Acceptable
Rouge	Risque important	Non acceptable

Pour les éoliennes de la Croix Florent, le phénomène de projection de glace constitue un risque acceptable pour les personnes.

MESURES DE MAITRISE DES RISQUES

(Art. 25 de l'arrêté du 26 août 2011)

Le paramétrage SCADA permettant de déduire la formation de givre à partir des données de puissance et température, lorsque la turbine est en fonctionnement. Un message d'alerte type « Ice climate » est transmis aux opérateurs. La mise à l'arrêt se fait ensuite manuellement ou automatiquement.

Tant que le capteur de glace constate une formation de glace, il est impossible de redémarrer l'éolienne. La glace une fois disparue, l'éolienne peut uniquement être démarrée sur site car celle-ci doit faire l'objet d'un contrôle visuel destiné à détecter des reliquats de glace.

CHUTE D'ELEMENT DE L'EOLIENNE

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.

Dans le cas de Croix Florent, la zone d'effet à donc un rayon de 56 m, pour chaque éolienne.

INTENSITE

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).

On considère que la zone d'impact a la forme de la pale, soit un triangle :

- de base = la largeur de la base de la pale ;
- de hauteur = la longueur de la pale.

Tableau 29 : Intensité du phénomène Chute d'élément

Zone d'impact [m ²] $Z_i = R \times LB / 2$	Zone d'effet du phénomène étudié [m ²] $Z_E = \pi \times DE^2$	Degré d'exposition du phénomène étudié [%] $d = Z_i / Z_E$	Intensité
$Z_i = 110,2 \text{ m}^2$	$Z_E = 9\,852 \text{ m}^2$	1,1 % (compris entre 1 et 5 %)	Exposition forte

Avec $LB = 3,935 \text{ m}$ (largeur de la base de la pale des aérogénérateurs)
 $R = 56 \text{ m}$

GRAVITE

Pour chaque éolienne, on détermine le nombre de personnes exposées dans la zone d'effet du phénomène, soit 9 852 m² (ou 1 ha).

Tableau 30 : Exposition au phénomène Chute d'élément

Exposition au phénomène de chute d'élément d'éolienne			
Eoliennes	Terrains non aménagés (champs-forêts) [ha]	Terrains aménagés (présence de chemins agricoles et de routes non structurantes) [ha]	Nombre de personnes exposées
FL-01	1	0	0.01
FL-02	1	0	0.01
FL-03	1	0	0.01
FL-04	1	0	0.01

Tableau 31 : Gravité associée au phénomène Chute d'élément

Gravité associée au phénomène chute d'élément d'éolienne		
Eolienne	Nombre de personnes exposées	Niveau de gravité
FL-01	<1	SERIEUX
FL-02	<1	
FL-03	<1	
FL-04	<1	

PROBABILITE

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).

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

CINETIQUE

La cinétique du scénario accidentel est considérée comme rapide.

ACCEPTABILITE DU RISQUE

Tableau 32 : Acceptabilité du risque Chute d'élément

Probabilité Gravité	E	D	C	B	A
Désastreux					
Catastrophique					
Important					
Sérieux			FL-01 à FL-04		
Modéré					

	Risque très faible	Acceptable
	Risque faible	Acceptable
	Risque important	Non acceptable

Pour les éoliennes de Croix Florent, le phénomène de chute de pale (ou autre élément de l'éolienne) constitue un risque acceptable pour les personnes.

MESURES DE MAITRISE DES RISQUES

(Art. 18 de l'arrêté du 26 août 2011)

Tous les aérogénérateurs feront l'objet d'une maintenance régulière et d'un contrôle des brides de fixations, des brides de mât, de la fixation des pales et un contrôle visuel du mât.

Ces différents contrôles feront l'objet d'un rapport.

PROJECTION DE TOUT OU PARTIE DE PALE

ZONE D'EFFET

Dans l'accidentologie française, la distance maximale relevée 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.

Des études de risques déjà réalisées dans le monde³⁴ ont utilisé une distance de 500 m.

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

INTENSITE

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

On considère que la zone d'impact a la forme de la pale, soit un triangle :

- de base = la largeur de la base de la pale ;
- de hauteur = la longueur de la pale.

Tableau 33 : Intensité du phénomène Projection de pale

Zone d'impact [m ²] $Z_i = R \times LB / 2$	Zone d'effet du phénomène étudié [m ²] $Z_E = \pi \times DE^2$	Degré d'exposition du phénomène étudié [%] $d = Z_i / Z_E$	Intensité
$Z_i = 110,2 \text{ m}^2$	$Z_E = 785\,400 \text{ m}^2$	0,01 % (< 1 %)	Exposition modérée

Avec LB = 3,935 m (largeur de la base de la pale des aérogénérateurs)

R = 56 m

D_E = 500 m

GRAVITE

Pour chaque éolienne, on détermine le nombre de personnes exposées dans la zone d'effet du phénomène, soit 79 ha.

Note : Les zones d'effets associées aux éoliennes FL-01 et FL-02 couvrent la route départementale 112.

On compte 0,4 personne permanente par km par tranche de 100 véhicules/jours. D'après les données sur le trafic routier, 2712 véhicules légers empruntent le tronçon quotidiennement.

Pour l'éolienne FL-01, le tronçon de la RD 112 est de 880 m. Pour la FL-02, il est de 945 m.

Le nombre de personnes concernées est donc :

- Pour FL-01 : $0,4 \times 0,880 \times 2712/100 = 9,5$ personnes permanentes
- Pour FL-02 : $0,4 \times 0,945 \times 2712/100 = 10,25$ personnes permanentes

Tableau 34 : Exposition au phénomène Projection de pale

Exposition au phénomène de projection de pale				
Eoliennes	Terrains non aménagés (champs-forêts) [ha]	Terrains aménagés (présence de chemins agricoles et de routes non structurantes) [ha]	Tronçon de route [m]	Nombre de personnes exposées
FL-01	0	0	880	9,5
FL-02	0	0	945	10,25
FL-03	0	79	0	7,8
FL-04	0	79	0	7,8

Tableau 35 : Gravité associée au phénomène Projection de pale

Gravité associée au phénomène projection de pale		
Eolienne	Nombre de personnes exposées	Niveau de gravité
FL-01	<10	SERIEUX
FL-02	De 10 à 100	IMPORTANT
FL-03	<10	SERIEUX
FL-04	<10	

³ 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

Classification of minimum distances, Dr-ing. Veenker ingenieursgesellschaft, 2004

PROBABILITE

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

Tableau 36 : Valeurs de probabilité pour une rupture de tout ou partie de pale

Source	Fréquence	Justification
Site specific hazard assesment for a wind farm project ⁵	1×10^{-6}	Respect de l'Eurocode EN 1990 – Basis of structural design
Guide for risk based zoning of wind turbines ⁶	$1, 1 \times 10^{-3}$	Retour d'expérience au Danemark (1984-1992) et en Allemagne (1989-2001)
Specification of minimum distances ⁷	$6,1 \times 10^{-4}$	Recherche Internet des accidents entre 1996 et 2003

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

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

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

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

Néanmoins, les dispositions constructives des éoliennes ayant fortement évolué, le niveau de fiabilité est aujourd'hui bien meilleur. Des mesures de maîtrise des risques supplémentaires ont été mises en place notamment :

- les dispositions de la norme IEC 61 400-1 (version 2005)
- les dispositions de la norme IEC 61 400-24 (version 2010) relative à la foudre
- système de détection des survitesses et un système redondant de freinage (freinage aérodynamique et frein mécanique auxiliaire)
- système de détection des vents forts et un système redondant de freinage et de mise en sécurité des installations
- 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 ».

⁵ Site Specific Hazard Assessment for a wind farm project – Case study – Germanischer Lloyd, Windtest Kaiser-Wilhelm-Koog GmbH, 2010/08/24

⁶ 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

⁷ Specification of minimum distances, Dr-ing. Veenker ingenieuresgesellschaft, 2004

CINETIQUE

La cinétique du scénario accidentel est considérée comme rapide.

ACCEPTABILITE DU RISQUE

Tableau 37 : Acceptabilité du risque Projection de pale

Gravité \ Probabilité	E	D	C	B	A
Désastreux	Orange	Rouge	Rouge	Rouge	Rouge
Catastrophique	Orange	Orange	Rouge	Rouge	Rouge
Important	Orange	FL-02	Orange	Rouge	Rouge
Sérieux	Vert	FL-01, FL-03 et FL-04	Orange	Orange	Rouge
Moderé	Vert	Vert	Vert	Vert	Orange

Vert	Risque très faible	Acceptable
Orange	Risque faible	Acceptable
Rouge	Risque important	Non acceptable

Pour les éoliennes de Croix Florent, le phénomène de projection de tout ou partie de pale constitue un risque acceptable pour les personnes.

EFFONDREMENT DE L'ÉOLIENNE

ZONE D'EFFET

La zone d'effet de l'effondrement d'une éolienne correspond à une surface circulaire de rayon égal à la hauteur totale de l'éolienne en bout de pale, soit 150 m pour l'ensemble des éoliennes.

INTENSITE

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.

On considère que la zone d'impact est constituée :

- D'une forme rectangulaire (mât) :
 - De base = largeur moyenne du mât ;
 - De longueur = hauteur du mât ;
- De trois formes triangulaires (3 pales) :
 - de base = la largeur de la base de la pale ;
 - de hauteur = la longueur de la pale.

Tableau 38 : Intensité du phénomène Effondrement d'éolienne

Zone d'impact [m ²] $Z_i = [H \times L] + [3 \times (R \times LB / 2)]$	Zone d'effet du phénomène étudié [m ²] $Z_E = \pi \times (H+R)^2$	Degré d'exposition du phénomène étudié [%] $d = Z_i / Z_E$	Intensité
$Z_i = 697 \text{ m}^2$	$Z_E = 70686 \text{ m}^2$	0,99 (<1%)	Exposition modérée

Avec H = 94 m

L = 3,9 m

R = 56 m

LB = 3,935 m (largeur de la base de la pale des aérogénérateurs)

GRAVITE

Pour chaque éolienne, on détermine le nombre de personnes exposées dans la zone d'effet du phénomène, soit 7 ha.

Tableau 39 : Exposition au phénomène Effondrement d'éolienne

Exposition au phénomène d'effondrement de l'éolienne			
Eoliennes	Terrains non aménagés (champs-forêts) [ha]	Terrains aménagés (présence de chemins agricoles et de routes non structurantes) [ha]	Nombre de personnes exposées
FL-01	7	0	0.07
FL-02	7	0	0.07
FL-03	0	7	0.7
FL-04	0	7	0.7

Tableau 40 : Gravité associée au phénomène Effondrement d'éolienne

Gravité associée au phénomène effondrement d'éolienne		
Eolienne	Nombre de personnes exposées	Niveau de gravité
FL-01	<1	MODERE
FL-02	<1	
FL-03	<1	
FL-04	<1	

PROBABILITE

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

Tableau 41 : Valeurs de probabilité pour l'effondrement d'une éolienne

Source	Fréquence	Justification
Guide for risk based zoning of wind turbines ⁸	4,5 x 10 ⁻⁴	Retour d'expérience
Specification of minimum distances ⁹	1,8 x 10 ⁻⁴ (effondrement de la nacelle et de la tour)	Retour d'expérience

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

Le retour d'expérience français montre également une classe de probabilité « C ». En effet, il a été recensé seulement 7 événements pour 15 667 années d'expérience¹⁰, soit une probabilité de 4,47 x 10⁻⁴ par éolienne et par an.

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

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

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

- respect intégral des dispositions de la norme IEC 61 400-1 (version 2005)
- contrôles réguliers des fondations et des différentes pièces d'assemblages
- système de détection des survitesses et un système redondant de freinage (freinage aérodynamique et frein mécanique auxiliaire)
- système de détection des vents forts et un système redondant de freinage et de mise en sécurité des installations

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* ».

⁸ 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

⁹ Specification of minimum distances, Dr-ing. Veenker ingenieuresgesellschaft, 2004

¹⁰ 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.



CINETIQUE

La cinétique du scénario accidentel est considérée comme rapide.

ACCEPTABILITE DU RISQUE

Tableau 42 : Acceptabilité du risque Effondrement d'éolienne

Probabilité \ Gravité	E	D	C	B	A
Désastreux					
Catastrophique					
Important					
Sérieux					
Modéré		FL-01 à FL-04			

	Risque très faible	Acceptable
	Risque faible	Acceptable
	Risque important	Non acceptable

Pour les éoliennes de la Croix Florent, le phénomène d'effondrement constitue un risque acceptable pour les personnes.

9.3 SYNTHÈSE DE L'ÉTUDE DÉTAILLÉE DES RISQUES

9.3.1 TABLEAUX DE SYNTHÈSE DES SCÉNARIOS ÉTUDIÉS

Pour l'ensemble des 4 éoliennes de la Croix Florent, les phénomènes dangereux qui peuvent survenir sont cotés de la manière suivante :

Tableau 43 : Phénomènes dangereux

Phénomène dangereux	Cinétique	Intensité	Gravité	Probabilité
Chute de glace	Rapide	Modérée	Moins de 1 personne exposée Modérée	A (courant)
Projection de glace	Rapide	Modérée	Moins de 10 personnes exposées Sérieuse	B (probable)
Chute d'un élément de l'éolienne	Rapide	Forte	Moins de 1 personne exposée Sérieuse	C (improbable)
Projection d'un élément de l'éolienne	Rapide	Modérée	Moins de 10 personnes exposées Sérieuse De 10 à 100 personnes Important	D (rare)
Effondrement de l'éolienne	Rapide	Modérée	Moins de 1 personne exposée Modéré	D (rare)

Dans le cas des éoliennes du parc éolien de la Croix Florent, tous les phénomènes dangereux recensés et susceptibles de se produire, présentent un risque acceptable.

9.3.2 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 suivante, adaptée à la circulaire du 29 septembre 2005 reprise dans la circulaire du 10 mai 2010 mentionnée ci-avant sera utilisée.

La liste des scénarios pointés dans la matrice sont les suivants :

- Chute de glace (C_G) des éoliennes FL-01 à FL-04 (C_{G1} à C_{G4}) ;
- Projection de glace (P_G) des éoliennes FL-01 à FL-04 (P_{G1} à P_{G4}) ;
- Chute d'un élément (C_E) des éoliennes FL-01 à FL-04 (C_{E1} à C_{E4}) ;
- Projection d'un élément (P_P) des éoliennes FL-01 à FL-04 (P_{P1} à P_{P4}) ;
- Effondrement (E_r) des éoliennes FL-01 à FL-04 (E_{r1} à E_{r4}).

Tableau 44 : Matrice de criticité de l'installation

Gravité \ Probabilité	E	D	C	B	A
Désastreux					
Catastrophique					
Important		P _{P2}			
Sérieux		P _{P1} , P _{P3} et P _{P4}	C _{E1} à C _{E4}	P _{G1} à P _{G4}	
Modéré		E _{r1} à E _{r4}			C _{G1} à C _{G4}

Légende

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

Suivant cette matrice de criticité il apparaît que :

- Aucun accident ne se retrouve dans un risque important (case rouge) ;
- Certains des accidents figurent dans les cases oranges, il convient de souligner que les fonctions de sécurité détaillées dans le chapitre 8.4 sont mises en place.

9.4 CONSÉQUENCES ENVIRONNEMENTALES D'UN ACCIDENT

9.4.1 DOMMAGES SUR LES BIENS MATÉRIELS

Les biens matériels recensés dans les zones d'effets sont des sols perméables composés de terres agricoles et de boisements.

Les dommages sur les biens sont limités à la destruction de cultures ou de boisements dans les zones d'effets concernées.

La RD112 à proximité des implantations est recouverte d'enrobé, les scénarios susceptibles d'endommager cet élément sont les suivants :

- Projection de glace dans un périmètre de 309 m (FL-01 et FL-02) ;
- Projection d'un élément de l'éolienne dans un périmètre de 500 m (FL-01 et FL-02).

9.4.2 DOMMAGES SUR LES ÉLÉMENTS PATRIMONIAUX

Les sites archéologiques les plus proches sont situés à 15 m à l'Est de FL-04 (partie Nord-est du chemin d'accès localisée au droit du gisement), 170 m au Nord de FL-01 et à 200 m à l'Ouest de FL-02 et au Sud-est de FL-03.

D'autres gisements sont situés dans un rayon de 500 m à l'Ouest des aérogénérateurs FL-01 et FL-02.

Pour FL-01, FL-02 et FL-03, seuls les scénarios accidentels de projection de glace et de projection d'un élément de l'éolienne sont susceptibles de causer des dommages.

Pour FL-04, tous les scénarios accidentels peuvent entraîner des dommages.

Les dommages éventuels restent néanmoins à nuancer en raison du caractère enfouis des sites archéologiques.

9.4.3 DISPERSION DE FUMÉES

Les conséquences environnementales d'un incendie sur une éolienne ou un poste de livraison sont générées par la dispersion de fumées.

La toxicité de ces fumées par voie d'inhalation ou de retombées de poussières est limitée du fait de l'absence de produits dangereux stockés dans les éoliennes et le poste de livraison.

9.5 CARTOGRAPHIE DES RISQUES

Les cartographies suivantes représentent :

- Les enjeux étudiés dans l'analyse des risques ;
- L'intensité des phénomènes dangereux dans les zones d'effet.

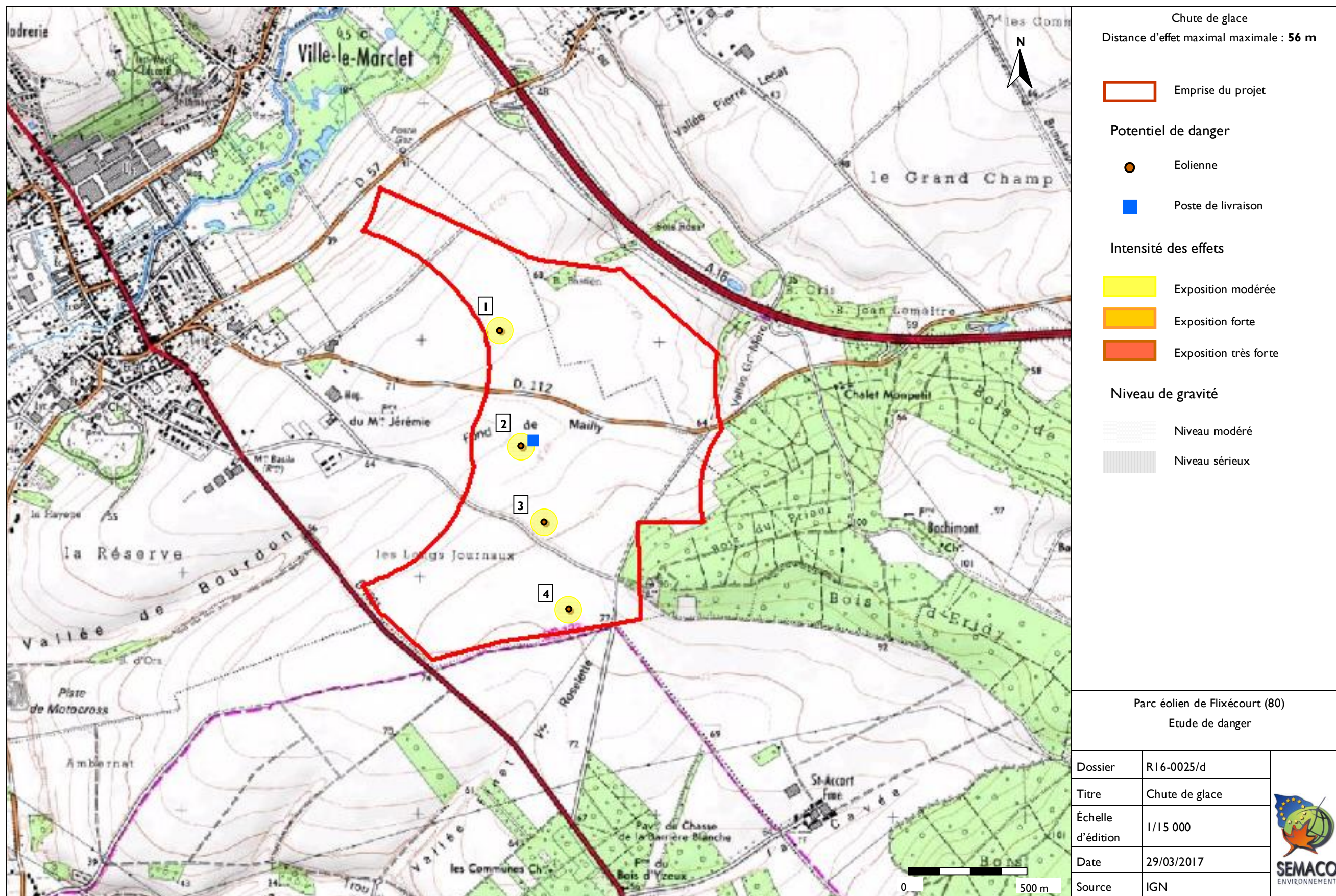


Figure 12 : Cartographie des risques pour la CHUTE DE GLACE

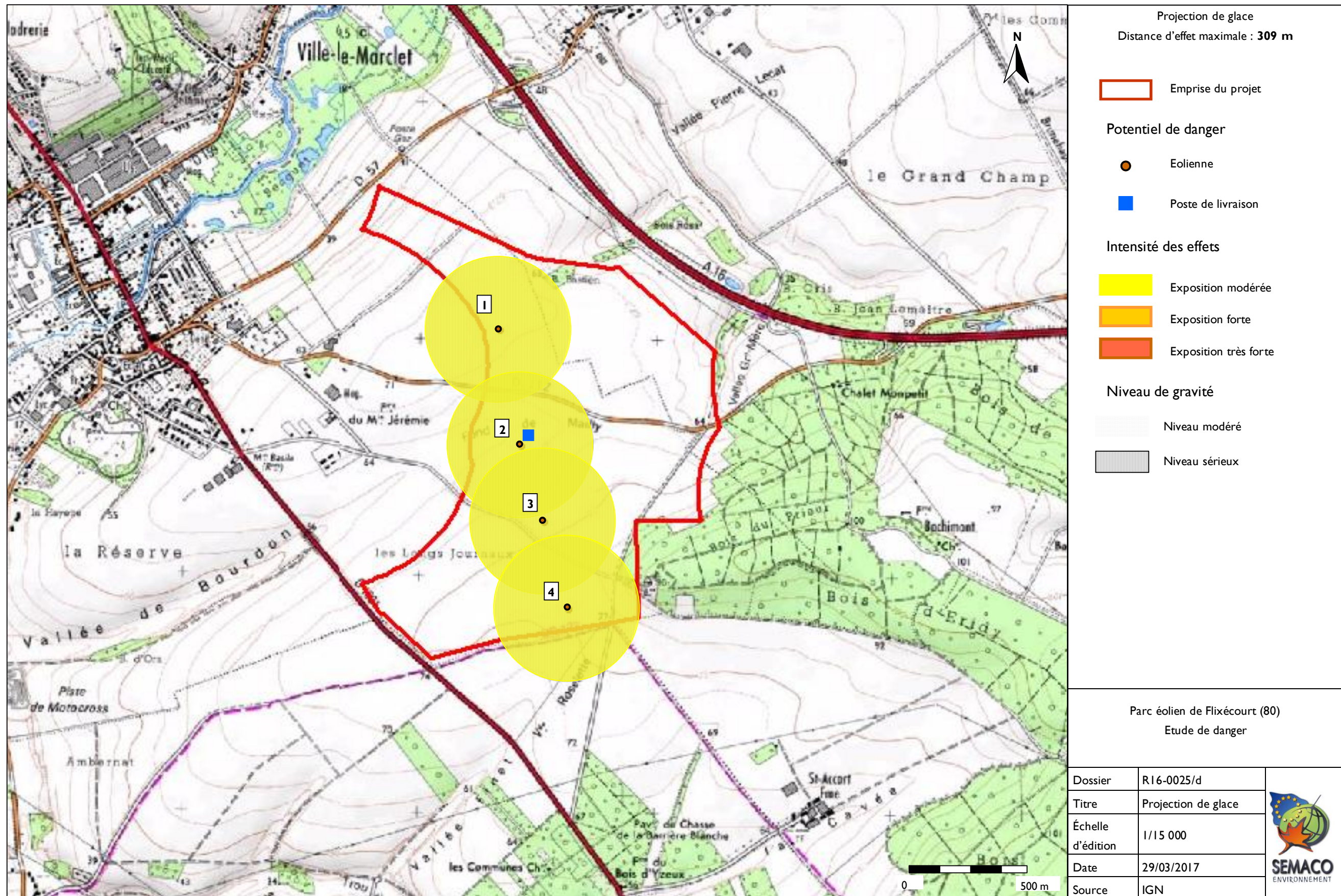


Figure 13 : Cartographie des risques pour la PROJECTION DE GLACE

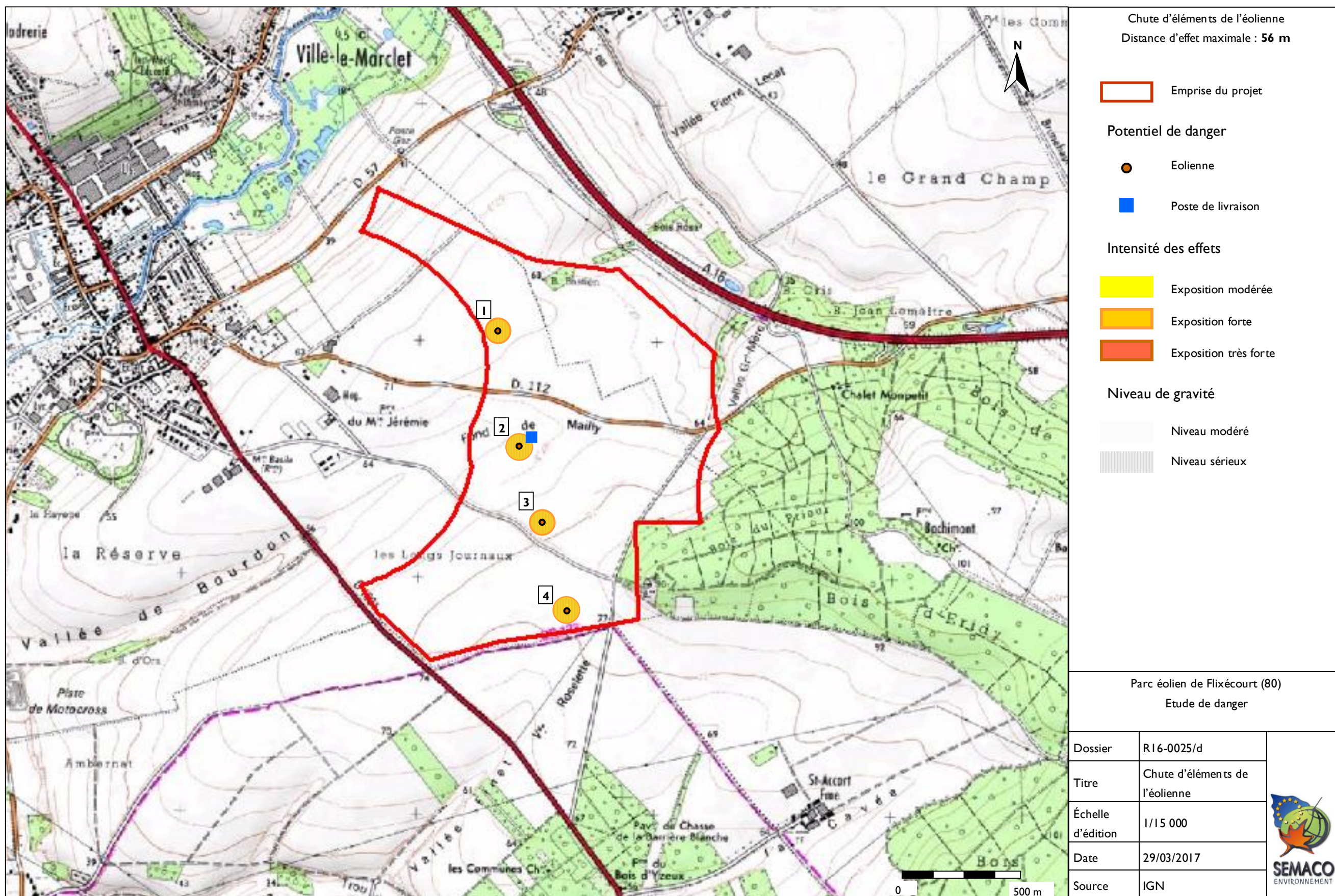


Figure 14 : Cartographie des risques pour la CHUTE D'ELEMENTS D'EOLENNNE

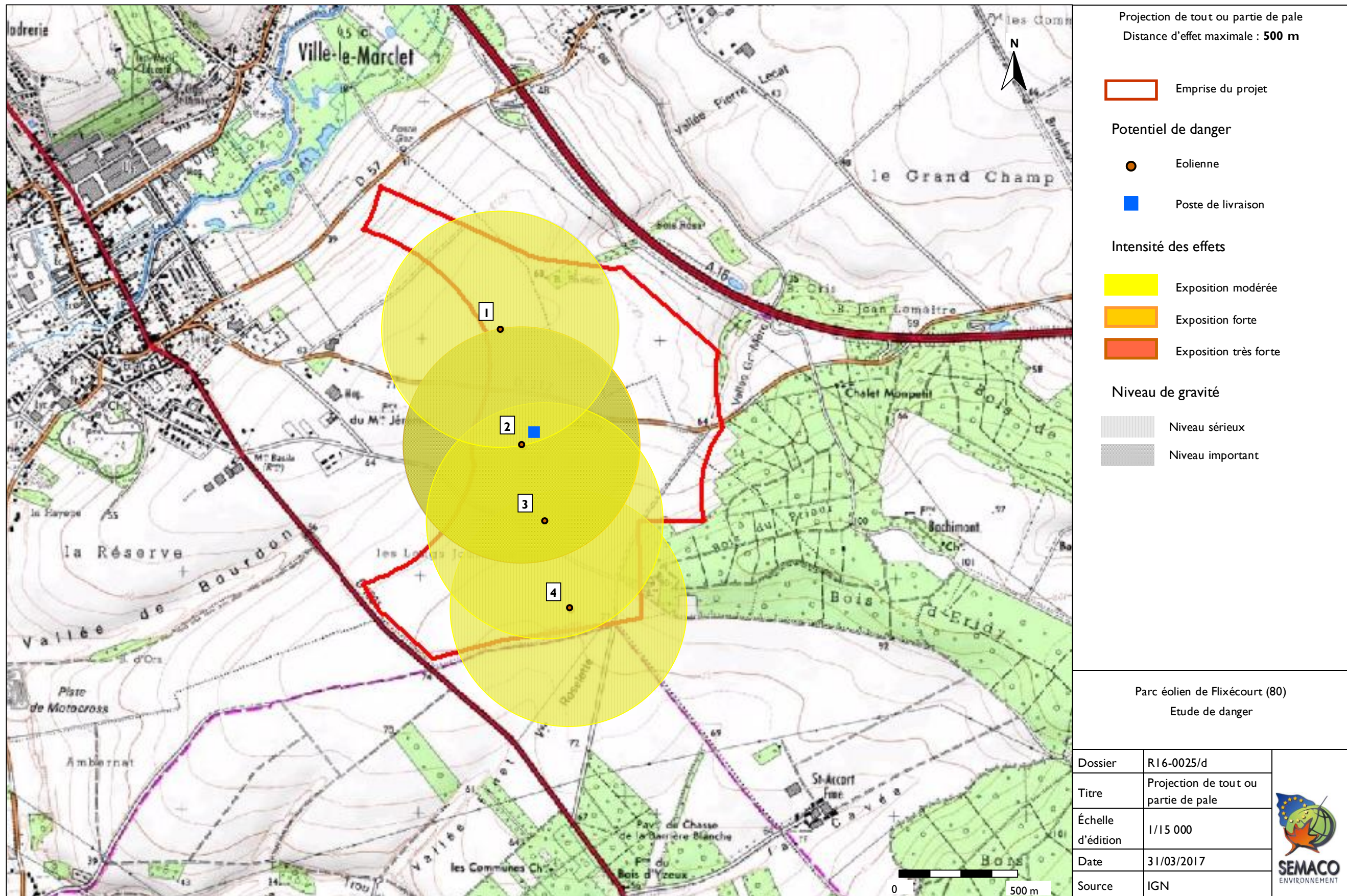


Figure 15 : Cartographie des risques pour la PROJECTION DE PALE

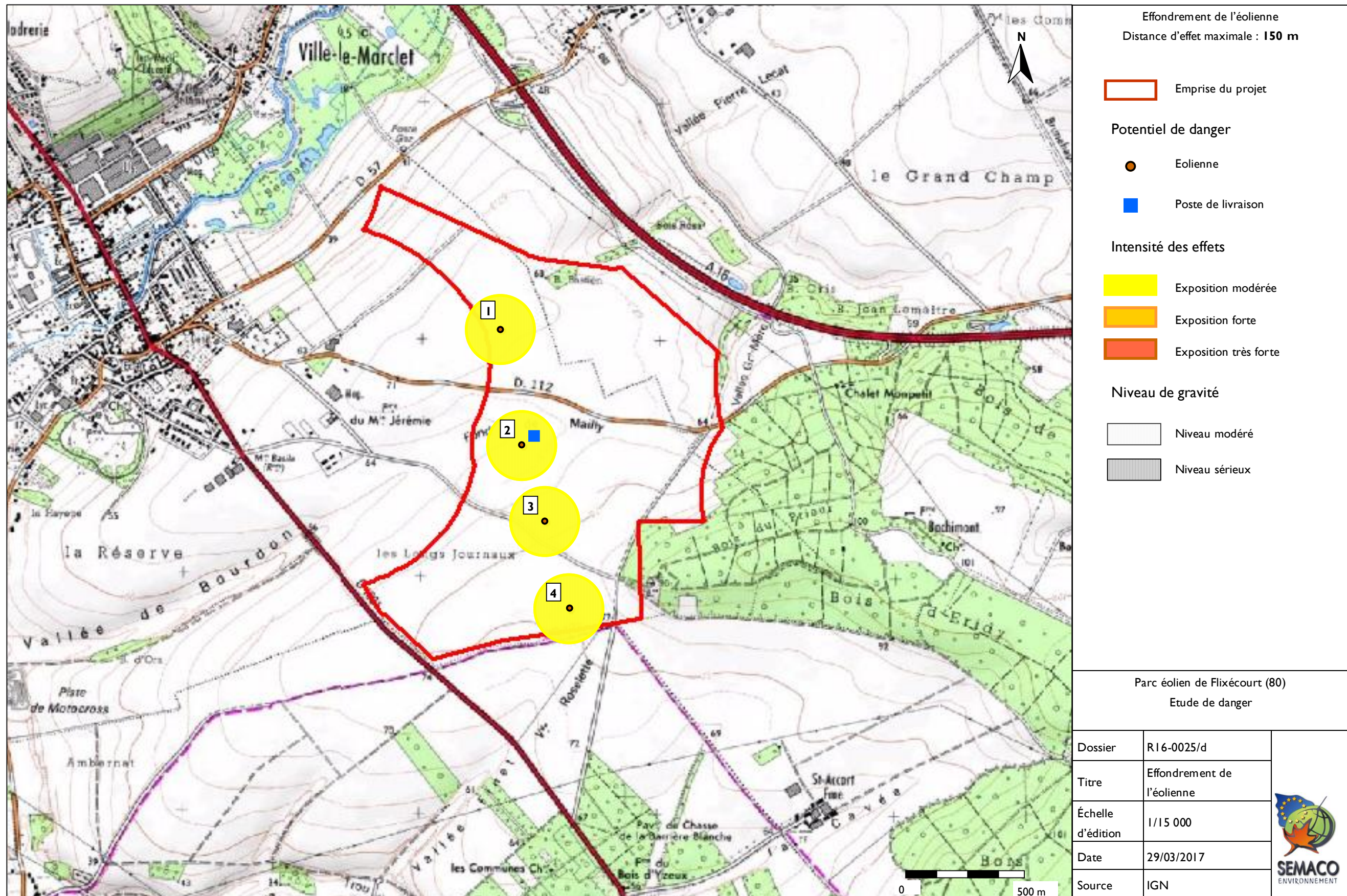


Figure 16 : Cartographie des risques pour l'EFFONDREMENT D'UNE EOLIENNE

10 CONCLUSION

Les principaux risques d'accidents majeurs identifiés pour le parc éolien de la Croix Florent sont ceux les plus fréquents au regard de l'accidentologie, à savoir :

- La chute de glace ;
- La projection de glace ;
- La chute d'éléments éoliens ;
- La projection de pôle ou partie de pôle ;
- L'effondrement de l'éolienne.

La probabilité d'atteinte d'un enjeu par un projectile est variable en fonction du scénario :

- D pour l'effondrement de l'éolienne et pour la projection de pôle ou partie de pôle ;
- C pour la chute d'éléments éoliens ;
- B pour la projection de glace ;
- A pour la chute de glace.

Dans la zone de surplomb des éoliennes où les chutes de glace et d'éléments éoliennes peuvent survenir, l'enjeu humain est de 0,01 personne, engendrant une gravité qualifiée de modérée pour la chute de glace et d'éléments. Sur cette zone, des zones non aménagées (champs-forêts) sont présents. L'enjeu humain restera inférieur à 1 personne.

Dans la zone d'effondrement de l'éolienne (dite zone de ruine), l'enjeu humain est compris entre 0,07 et 0,7. Sur cette zone sont présentes 7 terrains non aménagés (champs-forêts) et 7 terrains aménagés (chemins ruraux). Toutefois, en l'absence d'infrastructure structurante, l'enjeu humain reste nettement inférieur à 1 personne, la gravité est qualifiée de modérée.

Dans la zone de projection de glace, l'enjeu humain est compris entre 3 et 5,5. Sur cette zone sont présentes jusqu'à 30 terrains aménagés et jusqu'à 505 m de tronçons de route. L'enjeu humain est supérieur à 1 personne mais reste inférieur à 10 personnes, la gravité est qualifiée de sérieuse.

Dans la zone de projection d'éléments éoliens, l'enjeu humain est compris entre 7,8 et 10,25.

Sur cette zone concernant les éoliennes FL-01, FL-03 et FL-04, sont présents jusqu'à 79 terrains aménagés et jusqu'à 880 m de tronçons de route. L'enjeu humain est supérieur à 1 personne mais reste inférieur à 10 personnes, la gravité est qualifiée de sérieuse.

Sur cette zone concernant l'éolienne FL-02, sont présents 945 m de tronçons de route. L'enjeu humain est compris entre 10 et 100 personnes, la gravité est qualifiée d'importante.

La SEPE La Croix Florent, de par sa démarche en amont, a réussi à limiter les risques. En effet, elle a choisi de s'éloigner des habitations et les distances aux différentes infrastructures sont suffisantes pour avoir **un risque acceptable** au niveau des 5 accidents majeurs identifiés.

De plus, l'installation est conforme à la réglementation en vigueur (arrêté du 26 août 2011 relatif aux ICPE) et aux normes de construction.

Enfin, dans le but de garantir un risque acceptable sur l'installation, la SEPE La Croix Florent, a mis en place des mesures de sécurité (voir tableau suivant) et a organisé une maintenance périodique (trois mois après le début d'exploitation, puis annuellement).

Tableau 45 : Fonctions et Mesures de sécurité

N°	Fonction de sécurité	Mesures de sécurité
1	Prévenir la mise en mouvement de l'éolienne lors de la formation de la glace	Système de détection ou de déduction de la formation de glace sur les pales de l'aérogénérateur.
2	Prévenir l'atteinte des personnes par la chute de glace	Signalisation en pied de machine Éloignement des zones habitées et fréquentées
3	Prévenir l'échauffement significatif des pièces mécaniques	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
4	Prévenir la survitesse	Détection de vent fort et freinage aérodynamique par le système de contrôle Détection de survitesse du générateur Vestas Overspeed Guard (VOG)
5	Prévenir les courts-circuits	Détecteur d'arc avec coupure électrique (salle transformateur et armoires électriques).
6	Prévenir les effets de la foudre	Système de protection contre la foudre conçu pour répondre à la classe de protection I de la norme internationale IEC 61400
7	Protection et intervention incendie	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. Système de détection incendie
8	Prévention et rétention des fuites	Détecteurs de niveau d'huiles et capteurs de pression Capteur de niveau du circuit de refroidissement (niveau bas alarmé avec arrêt après temporisation) Procédure d'urgence Kit de dépollution Bacs de rétention
9	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation)	Contrôles réguliers des fondations et des différentes pièces d'assemblages (ex : brides ; joints, etc.) Procédures qualités
10	Prévenir les erreurs de maintenance	Procédure maintenance
11	Prévenir la dégradation de l'état des équipements	Procédure de contrôle des équipements lors des maintenances planifiées. Suivi de données mesurées par les capteurs et sondes présentes dans les éoliennes Vestas
12	Prévenir les risques de dégradation de l'éolienne en cas de vent fort	Classe d'éolienne adaptée au site et au régime de vents Mise à l'arrêt sur détection de vent fort et freinage aérodynamique par le système de contrôle

GLOSSAIRE ET LEXIQUE

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

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

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

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

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

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

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

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

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

La gravité des conséquences potentielles prévisibles sur les personnes, prises parmi les intérêts visés à l'article L. 511-I 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-I 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...
 - 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 :

ABF : Architecte des Bâtiments de France

ADEME : Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie

ANF : Agence Nationale des Fréquences

APCA : Assemblée Permanente des Chambres d'Agriculture

APR : Analyse Préliminaire des Risques

Art. : Article

BRGM : Bureau de Recherche Géologique et Minière

CC : Communauté de Communes

CE : Communauté Européenne

Chap. : Chapitre

CO₂ : Dioxyde de Carbone

dB : Décibel

DDAF : Direction Départementale de l'Agriculture et de la Forêt

DDASS : Direction Départementale des Affaires Sanitaires et Sociales

DDE : Direction Départementale de l'Équipement

DICT : Déclarations d'Intention de Commencement de Travaux

DIREN : ex Direction Régionale de l'Environnement, Cf. **DREAL**

DRAC : Direction Régionale de l'Archéologie

DREAL : Direction Régional de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement

DRIRE : ex Direction Régionale de l'Industrie, de la Recherche et de l'Environnement, Cf. **DREAL**

EDD : Étude de dangers

ENR : Énergies Renouvelables

ERP : Établissement Recevant du Public

FEE : France Énergie Éolienne (branche éolienne du **SER**)

FNSEA : Fédération Nationale des Syndicats d'Exploitants Agricoles

GDF : Gaz de France

g : Grammes

GR : Grande Randonnée

h : Heure

Ha : Hectare

Hab. : Habitants

HT : Haute Tension

ICPE : Installation Classée pour la Protection de l'Environnement

IGN : Institut Géographique National

INERIS : Institut National de L'EnviRonnement Industriel et des Risques



INSEE : Institut National de la Statistique et des Études Économiques

kW/h : Kilo Watt par heure

km, km² : Kilomètre, kilomètre carré

m, m², m³ : mètre, mètre carré, mètre cube

mm : millimètre

Leq : Niveau Acoustique Équivalent

MEDD : Ministère de l'Environnement et du Développement Durable

MES : Matière En Suspension

MH : Monument Historique

MNHN : Muséum National d'Histoire Naturelle

MW : Mégawatt

NO₂ : Dioxyde d'azote

NGF : Niveau Général de la France

O₃ : Ozone

OMS : Organisation Mondiale de la Santé

PLU : Plan Local d'Urbanisme, anc. POS

POS : Plan d'Occupation des Sols, dénommé PLU

Ps : Particules en Suspension

RAMSAR : Convention internationale s'étant déroulée à RAMSAR en 1971

RGA : Recensement Général Agricole

RGP : Recensement Général de la Population

RD : Route Départementale

RN : Route Nationale

RNU : Règlement National d'Urbanisme

s : Seconde

SAGE : Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux

SAU : Surface Agricole Utile

SCOT : Schéma de Cohérence et d'Organisation Territoriale syn.Schéma Directeur

SDAGE : Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux

SER : Syndicat des Énergies Renouvelables

SEVESO : Normes européennes sur les risques industriels majeurs liées à la catastrophe industrielle ayant eu lieu à Seveso en Italie

SFEPM : Société Française pour l'étude et la Protection des Mammifères

SIC : Site d'Intérêt Communautaire

SICAE : Société d'Intérêt Collectif Agricole d'Électricité

SO₂ : Dioxyde de Soufre

SRU : Loi relative à la Solidarité et au Renouvellement Urbain

STH : Surface Toujours en Herbe

t. éq. : Tonne équivalent

TDF : Télédiffusion de France

TGV : Train Grande Vitesse

THT : Très Haute Tension

TP : Taxe Professionnelle

UNESCO : Organisation des Nations Unies pour l'Éducation, la Science et la Culture

UTA : Unité Travail Agricole

VTT : Vélo Tout Terrain

ZDE : Zone de Développement Éolien

ZICO : Zone Importante pour la Conservation des Oiseaux

ZNIEFF : Zone Naturelle d'Intérêt Écologique Floristique & Faunistique

ZSC : Zone Spéciale de Conservation

< : Inférieur, **>** : Supérieur, **/** : Par

°C : Degré Celsius

BIBLIOGRAPHIE

I RÉGLEMENTATION ET LÉGISLATION

- Loi n°2003-699 du 30 juillet 2003 relative à la prévention des risques technologiques et naturels et à la réparation des dommages ;
- Décret n°2005-1170 du 13 septembre 2005 modifiant le décret n°77-1133 du 21 septembre 1977 pris pour application de la loi n°76-663 du 19 juillet 1976 relative aux installations classées pour la protection de l'environnement ;
- Arrêté du 10 mai 2000 relatif à la prévention des accidents majeurs impliquant des substances ou des préparations dangereuses présentes dans certaines catégories d'installations classées pour la protection de l'environnement soumises à autorisation ;
- Arrêté du 29 septembre 2005 modifiant l'arrêté du 10 mai 2000 modifié relatif à la prévention des accidents majeurs impliquant des substances ou des préparations dangereuses présentes dans certaines catégories d'installations classées pour la protection de l'environnement soumises à autorisation ;
- 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 ;
- Circulaire du 25/10/11 relative aux zones de développement de l'éolien, suite à l'entrée en vigueur de la loi n° 2010-788 portant engagement national pour l'environnement, et complétant la circulaire du 19 juin 2006 ;
- Arrêté du 26/08/11 relatif aux installations de production d'électricité utilisant l'énergie mécanique du vent au sein d'une installation soumise à autorisation au titre de la rubrique 2980 de la législation des installations classées pour la protection de l'environnement ;
- Arrêté du 6 novembre 2014 modifiant 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 et l'arrêté du 26 août 2011 relatif à la remise en état et à la constitution de garanties financières pour les installations de production d'électricité utilisant l'énergie mécanique du vent.

2 DOCUMENTS TECHNIQUES ET GUIDE MÉTHODOLOGIQUE

- Guide technique, *Élaboration de l'étude de dangers dans le cadre des parcs éoliens*, mai 2012, INERIS ;
- Rapport du Conseil Général des Mines (juillet 2004) ;
- *Éolienne de l'Aire de la Baie de Somme*, Mission Ressources et Appui-NC-édition 2007 ;
- Technologie et caractéristiques des éoliennes Vestas VI 12 3,00 MW, 2016 ;
- 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 ;

- Site Specific Hazard Assessment for a wind farm project – Case study – Germanischer Lloyd, Windtest Kaiser-Wilhelm-Koog GmbH, 2010/08/24 ;
- I 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 ;
- I Specification of minimum distances, Dr-ing. Veenker ingenieurgesellschaft, 2004.

3 SITES INTERNET

- Géorisques, Prim.net, 2017 ;
- IGN (cartes topographiques), Géoportail, 2017 ;
- Installations Classées et Nomenclature ICPE, AIDA-INERIS, 2017.