

Projet éolien du Chemin d'Avesnes à Iwuy

(Ré-instruction des éoliennes E4, E8, E9 et E13)



Energie des Sorbiers

Commune d'Iwuy
Communautés d'agglomération de Cambrai
Département du Nord (59)

ÉTUDE DE DANGERS



Maître d'ouvrage :

Energie des Sorbiers
32-36 rue de Bellevue
92100 BOULOGNE-BILLANCOURT

Juillet 2018
(Complétée en janvier 2019)



ENERGIE DES SORBIERS

**Parc éolien du Chemin d'Avesnes à Iwuy
Réinstructioin des éoliennes E4, E8, E9 et E13.**

Etude de dangers

SOMMAIRE

1	PREAMBULE.....	5	4.1.1.1	Eléments constitutifs d'un aérogénérateur.....	27
1.1	OBJECTIFS DE L'ETUDE DE DANGERS	5	4.1.1.2	Emprise au sol	27
1.2	CONTEXTE LEGISLATIF ET REGLEMENTAIRE	5	4.1.1.3	Chemin d'accès.....	28
1.3	NOMENCLATURE DES INSTALLATIONS CLASSEES	7	4.1.1.4	Autres infrastructures	28
2	INFORMATIONS GENERALES CONCERNANT L'INSTALLATION.....	7	4.1.2	Activités de l'installation.....	28
2.1	RENSEIGNEMENTS ADMINISTRATIFS	7	4.1.3	Composition de l'installation	29
2.2	CONTEXTE DE L'ETUDE	7	4.2	FONCTIONNEMENT DE L'INSTALLATION.....	31
2.3	LOCALISATION DU SITE	8	4.2.1	Principes de fonctionnement d'un aérogénérateur	31
2.4	DEFINITION DE L'AIRE D'ETUDE	10	4.2.2	Sécurité de l'installation.....	33
3	DESCRIPTION DE L'ENVIRONNEMENT DE L'INSTALLATION.....	12	4.2.2.1	Respect des principales normes applicables à l'installation	33
3.1	ENVIRONNEMENT HUMAIN.....	12	4.2.2.2	Nature et organisation des moyens de secours	33
3.1.1	Zones urbanisées.....	12	4.2.2.3	Consignes et procédures de sécurité	36
3.1.2	Etablissements recevant du public.....	12	4.2.3	Opérations de maintenance de l'installation.....	36
3.1.3	Installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE) et installations nucléaires de base	12	4.2.3.1	Conduite du système	36
3.1.4	Autres activités.....	12	4.2.3.2	Formation des personnels.....	36
3.2	ENVIRONNEMENT NATUREL.....	14	4.2.3.3	Entretien préventif du matériel.....	37
3.2.1	Contexte climatique.....	14	4.2.3.4	Contrôles réglementaires périodiques.....	38
3.2.2	Risques naturels.....	15	4.2.3.5	Maintenance curative	39
3.2.2.1	Risque sismique.....	15	4.2.3.6	Prise en compte du retour d'expérience.....	39
3.2.2.2	Mouvement de terrain.....	15	4.2.4	Stockage et flux de produits dangereux.....	39
3.2.2.3	Aléa retrait-gonflement des argiles	16	4.2.5	Fonctionnement des réseaux de l'installation.....	39
3.2.2.4	Le risque de foudroiement.....	16	4.2.5.1	Raccordement électrique.....	39
3.2.2.5	Incendies de forêts et de cultures	16	4.2.5.2	Autres réseaux.....	40
3.2.2.6	Risque d'inondation	17	5	IDENTIFICATION DES POTENTIELS DE DANGERS DE L'INSTALLATION. 40	
3.2.2.7	Risque d'effondrement.....	17	5.1	POTENTIELS DE DANGERS LIES AUX PRODUITS.....	40
3.2.2.8	Le risque de tornades	17	5.1.1	INVENTAIRE DES PRODUITS	40
3.2.3	Environnement matériel.....	18	5.1.2	DANGERS DES PRODUITS.....	41
3.2.3.1	Voies de communication.....	18	5.1.2.1	Inflammabilité et comportement vis à vis de l'incendie	41
3.2.3.2	Réseaux publics et privés.....	18	5.1.2.2	Toxicité pour l'homme.....	41
3.2.4	Cartographie de synthèse	21	5.1.2.3	Dangerosité pour l'environnement.....	41
4	DESCRIPTION DE L'INSTALLATION	27	5.2	POTENTIELS DE DANGERS LIES AU FONCTIONNEMENT DE L'INSTALLATION.....	41
4.1	CARACTERISTIQUES DE L'INSTALLATION	27	5.3	REDUCTION DES POTENTIELS DE DANGERS A LA SOURCE.....	42
4.1.1	Caractéristique générale d'un parc éolien	27	5.3.1	Principales actions préventives.....	42
			5.3.1.1	Choix de l'emplacement des installations et du modèle d'éolienne	42
			5.3.1.2	Choix des caractéristiques des éoliennes.....	42
			5.3.1.3	Substitution des produits par des produits moins dangereux et réduction des quantités.....	42
			5.3.2	Utilisation des meilleurs techniques disponibles	42
			6	ANALYSE DES RETOURS D'EXPERIENCE	43
			6.1	INVENTAIRE DES ACCIDENTS ET INCIDENTS EN FRANCE	43
			6.2	INVENTAIRE DES ACCIDENTS ET INCIDENTS A L'INTERNATIONAL.....	44

6.3	SYNTHESE DES PHENOMENES DANGEREUX REDOUTES ISSUS DU RETOUR D'EXPERIENCE	45	8.2.4	Projection de pales ou de fragments de pales	66
6.3.1	Analyse d'évolution des accidents en France.....	45	8.2.4.1	Zone d'effet	66
6.3.2	Analyse des typologies d'accidents les plus fréquents	45	8.2.4.2	Intensité.....	66
6.4	LIMITES D'UTILISATION DE L'ACCIDENTOLOGIE	45	8.2.4.3	Gravité	66
7	ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES.....	46	8.2.4.4	Probabilité.....	67
7.1	OBJECTIF DE L'ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES	46	8.2.4.5	Acceptabilité	67
7.2	RECENSEMENT DES EVENEMENTS INITIATEURS EXCLUS DE L'ANALYSE DES RISQUES	46	8.2.5	Projection de glace	67
7.3	RECENSEMENT DES AGRESSIONS EXTERNES POTENTIELLES.....	46	8.2.5.1	Zone d'effet	67
7.3.1	Agresions externes liées aux activités humaines	46	8.2.5.2	Intensité.....	68
7.3.2	Agresions externes liées aux phénomènes naturels.....	48	8.2.5.3	Gravité	68
7.4	SCENARIOS ETUDIES DANS L'ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES.....	48	8.2.5.4	Probabilité.....	68
7.5	EFFETS DOMINOS.....	51	8.2.5.5	Acceptabilité	68
7.6	MISE EN PLACE DES MESURES DE SECURITE	51	8.3	SYNTHESE DE L'ETUDE DETAILLEE	69
7.7	CONCLUSION DE L'ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES	58	8.3.1	Tableaux de synthèse des scénarios étudiés	69
8	ETUDE DETAILLEE DES RISQUES	59	8.3.2	Synthèse de l'acceptabilité des risques	70
8.1	RAPPEL DES DEFINITIONS	59	8.3.3	Cartographie des risques	70
8.1.1	Cinétique.....	59	9	CONCLUSION.....	77
8.1.2	Intensité.....	59	10	RÉSUMÉ NON TECHNIQUE.....	78
8.1.3	Gravité.....	60	11	ANNEXES	79
8.1.4	Probabilité.....	60	11.1	ANNEXE 1 – MÉTHODE DE COMPTAGE DES PERSONNES POUR LA	
8.2	CARACTERISATION DES SCENARIOS RETENUS	61		DÉTERMINATION DE LA GRAVITÉ POTENTIELLE D'UN ACCIDENT À PROXIMITÉ D'UNE	
8.2.1	Effondrement de l'éolienne.....	61		ÉOLIENNE	80
8.2.1.1	Zone d'effet	61	11.2	ANNEXE 2 – TABLEAU DE L'ACCIDENTOLOGIE FRANÇAISE	82
8.2.1.2	Intensité.....	61	11.3	ANNEXE 3 – SCÉNARIOS GÉNÉRIQUES ISSUS DE L'ANALYSE PRÉLIMINAIRE DES	
8.2.1.3	Gravité	61		RISQUES.....	88
8.2.1.4	Probabilité.....	62	11.4	ANNEXE 4 – PROBABILITE D'ATTEINTE ET RISQUE INDIVIDUEL.....	91
8.2.1.5	Acceptabilité	63	11.5	ANNEXE 5 – GLOSSAIRE.....	92
8.2.2	Chutes de glace.....	63	11.6	ANNEXE 6 – BIBLIOGRAPHIE ET RÉFÉRENCES UTILISÉES	95
8.2.2.1	Considérations générales.....	63			
8.2.2.2	Zone d'effet	63			
8.2.2.3	Intensité.....	63			
8.2.2.4	Gravité	64			
8.2.2.5	Probabilité.....	64			
8.2.2.6	Acceptabilité	64			
8.2.3	Chute d'éléments de l'éolienne.....	64			
8.2.3.1	Zone d'effet	64			
8.2.3.2	Intensité.....	64			
8.2.3.3	Gravité	65			
8.2.3.4	Probabilité.....	65			
8.2.3.5	Acceptabilité	65			

LISTE DES FIGURES

Figure 1 – Présentation des températures et des précipitations pour l'année 2010 et la moyenne depuis 1971	14
Figure 2 – Rose des vents au niveau de l'aérodrome de Cambrai-Epinoy.....	14
Figure 3 – Schéma simplifié d'un aérogénérateur	27
Figure 4 – Illustration des emprises au sol d'une éolienne.....	28
Figure 5 – Composants de la nacelle	33
Figure 6 – Fiche de sécurité d'intervention des secours.....	34
Figure 7 – SDIS groupement 5.....	35
Figure 8 – Raccordement électrique des installations	39
Figure 9 – Répartition des évènements accidentels sur les parcs éoliens français entre 2000 et 2011	43
Figure 10 – Répartition des accidents liés à des parcs éoliens dans le monde entre 2000 et 2011	44
Figure 11 – Répartition des causes premières d'effondrement	44
Figure 12 – Répartition des causes premières de rupture de pale.....	44
Figure 13 – Répartition des causes premières d'incendie	44
Figure 14 – Evolution du nombre d'incidents annuels et nombre d'éoliennes installées	45

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 – Statistiques météorologiques au niveau de Cambrai	14
Tableau 2 – Distance à la RD 114 de chaque éolienne	18
Tableau 3 – Nombre de personnes exposées par éolienne (dans le périmètre de 500 m) ..	21
Tableau 4 – Décomposition des surfaces considérées dans les zones autour de chaque éolienne	21
Tableau 5 – Caractéristiques de la Vestas V117 (source constructeur)	29
Tableau 6 – Coordonnées géographiques des éoliennes et des postes de livraison.....	29
Tableau 7 – Présentation des différentes composantes de l'installation	32
Tableau 8 – Vérifications périodiques.....	37
Tableau 9 – Vérifications annuelles	38
Tableau 10 – Liste des dangers potentiels identifiés dans le cadre du fonctionnement d'un parc éolien	41
Tableau 11 – Caractéristiques de la Vestas V117 (source constructeur)	42
Tableau 12 – Principales agressions externes liées aux activités humaines.....	47
Tableau 13 – Principales agressions externes liées aux phénomènes naturels	48
Tableau 14 – Rappel des dimensions principales de la V117 – 3,3 MW à 3,6 MW	61

LISTE DES CARTES

Carte 1 – Représentation de l'aire d'étude rapprochée.....	9
Carte 2 – Situation de l'installation	11
Carte 3 – Distance aux installations ICPE	12
Carte 4 – Distances aux habitations et aux zones urbanisables.....	13
Carte 5 – Zonage sismique de la France en vigueur depuis le 1 ^{er} mai 2011	15
Carte 6 – Sensibilité du périmètre aux mouvements de terrain et effondrements	15
Carte 7 – Sensibilité du périmètre immédiat de l'étude à l'aléa retrait – gonflement des argiles	16
Carte 8 – Densité de foudroiement pour l'année 2010.....	16
Carte 9 – Sensibilité du périmètre immédiat de l'étude à l'aléa remontée de nappe.....	17
Carte 10 – Recensement des cavités à proximité de la zone d'étude.....	17
Carte 11 – Fréquence des tornades par rapport à la moyenne nationale.....	18
Carte 12 – Voies de communication.....	19
Carte 13 – Réseaux publics et privés	20
Carte 14 – Synthèse de l'exposition par éolienne.....	22
Carte 15 – Carte de synthèse éolienne E4	23
Carte 16 – Carte de synthèse éolienne E8	24
Carte 17 – Carte de synthèse éolienne E9	25
Carte 18 – Carte de synthèse éolienne E13	26
Carte 19 – Plan détaillé de l'installation	30
Carte 20 – Carte de synthèse des risques	71
Carte 21 – Carte des risques liés à l'effondrement d'une éolienne	72
Carte 22 – Carte du risque de chute d'éléments d'une éolienne.....	73
Carte 23 – Carte du risque de chute de glace.....	74
Carte 24 – Carte du risque de projection de pales	75
Carte 25 – Carte du risque de projection de glace	76

1 PREAMBULE

1.1 OBJECTIFS DE L'ETUDE DE DANGERS

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

Cette étude est proportionnée aux risques présentés par les éoliennes en question.

Le choix de la méthode d'analyse utilisée et la justification des mesures de prévention, de protection et d'intervention sont adaptés à la nature et la complexité des installations et de leurs risques.

Elle précise l'ensemble des mesures de maîtrise des risques mises en œuvre sur le parc éolien du Chemin d'Avesnes à Iwuy, qui réduisent le risque à l'intérieur et à l'extérieur des éoliennes à un niveau jugé acceptable par l'exploitant.

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

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

1.2 CONTEXTE LEGISLATIF ET REGLEMENTAIRE

Les objectifs et le contenu de l'étude de dangers sont définis par l'article L.181-1 du Code de l'environnement qui précise que le régime de l'autorisation environnementale instauré par l'ordonnance n°2017-80 et les décrets n°2017-81 et 2017-82 du 26 janvier 2017 est applicable aux installations classées pour la protection de l'environnement.

Aux termes de l'article L.515-44 du Code de l'environnement, les parcs éoliens dont l'une des éoliennes au moins dispose d'un mât d'une hauteur supérieure à 50 mètres sont soumis à autorisation au titre des installations classées pour la protection de l'environnement et l'article D.181-15-2, 10° du même code précise que lorsque l'autorisation environnementale concerne une installation classée pour la protection de l'environnement, le dossier de demande est complété par une étude de dangers.

Selon l'article L.181-25 du Code de l'environnement, l'étude de dangers expose les risques que peut présenter l'installation pour les intérêts visés à l'article L.511-1 du même code en cas d'accident, que la cause soit interne ou externe à l'installation. Les impacts de l'installation sur ces intérêts en fonctionnement normal sont traités dans l'étude d'impact sur l'environnement.

Article L.181-25 du Code de l'environnement :

Le demandeur fournit une étude de dangers qui précise les risques auxquels l'installation peut exposer, directement ou indirectement, les intérêts mentionnés à l'article L.511-1 en cas d'accident, que la cause soit interne ou externe à l'installation.

Le contenu de l'étude de dangers doit être en relation avec l'importance des risques engendrés par l'installation.

En tant que de besoin, cette étude donne lieu à une analyse de risques qui prend en compte la probabilité d'occurrence, la cinétique et la gravité des accidents potentiels selon une méthodologie qu'elle explicite.

Elle définit et justifie les mesures propres à réduire la probabilité et les effets de ces accidents.

Le contenu de l'étude de dangers devant être jointe au dossier de demande est précisé à l'article D.181-15-2, III du Code de l'environnement.

Article D. 81-15-2, III du Code de l'environnement :

Le demandeur fournit une étude de dangers qui précise les risques auxquels l'installation peut exposer, directement ou indirectement, les intérêts mentionnés à l'article L.511-1 en cas d'accident, que la cause soit interne ou externe à l'installation.

Le contenu de l'étude de dangers doit être en relation avec l'importance des risques engendrés par l'installation.

En tant que de besoin, cette étude donne lieu à une analyse de risques qui prend en compte la probabilité d'occurrence, la cinétique et la gravité des accidents potentiels selon une méthodologie qu'elle explicite.

Elle définit et justifie les mesures propres à réduire la probabilité et les effets de ces accidents.

Les intérêts visés à l'article L.511-1 du Code de l'environnement sont la commodité du voisinage, la santé, la sécurité, la salubrité publique, l'agriculture, la protection de la nature, de l'environnement et des paysages, l'utilisation rationnelle de l'énergie, la conservation des sites et des monuments ainsi que des éléments du patrimoine archéologique. Cependant, il convient de noter que l'arrêté du 29 septembre 2005 relatif à l'évaluation et à la prise en compte de la probabilité d'occurrence, de la cinétique, de l'intensité des effets et de la gravité des conséquences des accidents potentiels dans les études de dangers des installations classées soumises à autorisation impose une évaluation des accidents majeurs sur les

personnes uniquement et non sur la totalité des enjeux identifiés dans l'article L.511-1 du Code de l'environnement.

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

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

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

Article D.181-15-2 du Code de l'environnement :

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

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

Cette étude précise, notamment, la nature et l'organisation des moyens de secours dont le pétitionnaire dispose ou dont il s'est assuré le concours en vue de combattre les effets d'un éventuel sinistre.

Dans le cas des installations figurant sur la liste prévue à l'article L.515-81¹, le demandeur doit fournir les éléments indispensables pour l'élaboration par les autorités publiques d'un plan particulier d'intervention.

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

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

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

Enfin, l'arrêté du 29 septembre 2005 relatif à l'évaluation et à la prise en compte de la probabilité d'occurrence, de la cinétique, de l'intensité des effets et de la gravité des conséquences des accidents potentiels dans les études de dangers des installations classées soumises à autorisation (NOR : DEVPO540371A) fixe la détermination des seuils réglementaires pour apprécier l'intensité des effets physiques des phénomènes dangereux, la gravité des accidents et les classes de probabilité de ces phénomènes et la circulaire du 10 mai 2010 récapitulant les règles méthodologiques applicables aux études de dangers, à l'appréciation de la démarche de réduction du risque à la source et aux plans de prévention des risques technologiques (PPRT) dans les installations classées en application de la loi du 30 juillet 2003 (NOR : DEVP1013761C) énonce des règles de méthodologie applicables pour l'élaboration des études de dangers.

¹ Les installations soumises à la rubrique 2980 de la nomenclature des installations classées (parcs éoliens) ne font pas partie de

cette liste.

1.3 NOMENCLATURE DES INSTALLATIONS CLASSEES

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

A. – Nomenclature des installations classées			
N°	DÉSIGNATION DE LA RUBRIQUE	A, E, D, S, C (1)	RAYON (2)
2980	Installation terrestre de production d'électricité à partir de l'énergie mécanique du vent et regroupant un ou plusieurs aérogénérateurs :		
	1. Comprenant au moins un aérogénérateur dont le mât a une hauteur supérieure ou égale à 50 m.....	A	6
	2. Comprenant uniquement des aérogénérateurs dont le mât a une hauteur inférieure à 50 m et au moins un aérogénérateur dont le mât a une hauteur maximale supérieure ou égale à 12 m et pour une puissance totale installée :		
	a) Supérieure ou égale à 20 MW.....	A	6
	b) Inférieure à 20 MW.....	D	

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

Les éoliennes réinstruites du parc éolien du Chemin d'Avesnes à Iwuy présentent au moins un aérogénérateur dont le mât a une hauteur supérieure ou égale à 50 m : cette installation est donc soumise à autorisation (A) au titre des installations classées pour la protection de l'environnement et doit présenter une étude de dangers au sein de sa demande d'autorisation d'exploiter.

L'étude de danger est une des pièces constitutives du Dossier de Demande d'Autorisation Environnementale.

2 INFORMATIONS GENERALES CONCERNANT L'INSTALLATION

2.1 RENSEIGNEMENTS ADMINISTRATIFS

Les premières études de préfaisabilité portant sur le projet éolien sur les communes d'Iwuy et d'Avesnes-le-Sec ont été entamées dès 2010 par les sociétés wpd et Escofi, développant conjointement le projet. Ces sociétés possèdent une solide expérience dans la conduite de ce type de projet.

La société d'exploitation Energie des Sorbiers exploitera les éoliennes réinstruites du parc du Chemin d'Avesnes à Iwuy.

Raison sociale	Energie des Sorbiers
Forme juridique	Société par Actions Simplifiée (SAS)
Numéro d'immatriculation au RCS de Nanterre	828 042 267
Adresse du siège social	32-36 rue de Bellevue 92100 Boulogne-Billancourt
Code NAF	3511Z

Cette étude a été réalisée par M. Capelier Sébastien, Chef de projet et Responsable de service au sein du Bureau d'études IXSANE, basé à Villeneuve d'Ascq.

2.2 CONTEXTE DE L'ETUDE

Le projet éolien du Chemin d'Avesnes est en effet le fruit d'une longue réflexion et collaboration entre les élus d'Avesnes-le-sec, d'Iwuy, de la Porte du Hainaut et de l'agglomération de Cambrai. De nombreuses études et expertises ont eu lieu depuis 2010.

En 2015, ces études ont mené au dépôt d'un dossier d'autorisation unique portant 15 machines réparties entre Avesnes-le-Sec et Iwuy. Un premier retour des services instructeurs émettait un avis défavorable sur 4 des 15 machines, au titre des impacts sur la balise VOR civile multidirectionnelle de Cambrai.

Effectivement, une partie du parc éolien projeté est situé dans les 15km du périmètre de coordination la balise VOR civile multidirectionnelle de Cambrai.

De ce fait, la demande pour un parc de 15 aérogénérateurs a été modifiée et un nouveau dossier, comportant 11 éoliennes a été déposé, en août 2015. Le 3 août 2016, l'arrêté préfectoral autorisant la société Energie Avesnes à exploiter ces 11 aérogénérateurs a été émis.

La Base Aérienne 103 ayant cessé ses activités en 2013, le radar militaire présent sur place a été relocalisé sur Doullens. Seul a subsisté le radar de l'Aviation Civile.

Dans le cadre du développement des productions d'électricité d'origine éolienne dans la région des Hauts-de-France et particulièrement dans le Cambrésis, un changement de technologie sur le VOR civil multidirectionnel a été réalisé en 2016 en le faisant passer en technologie VOR

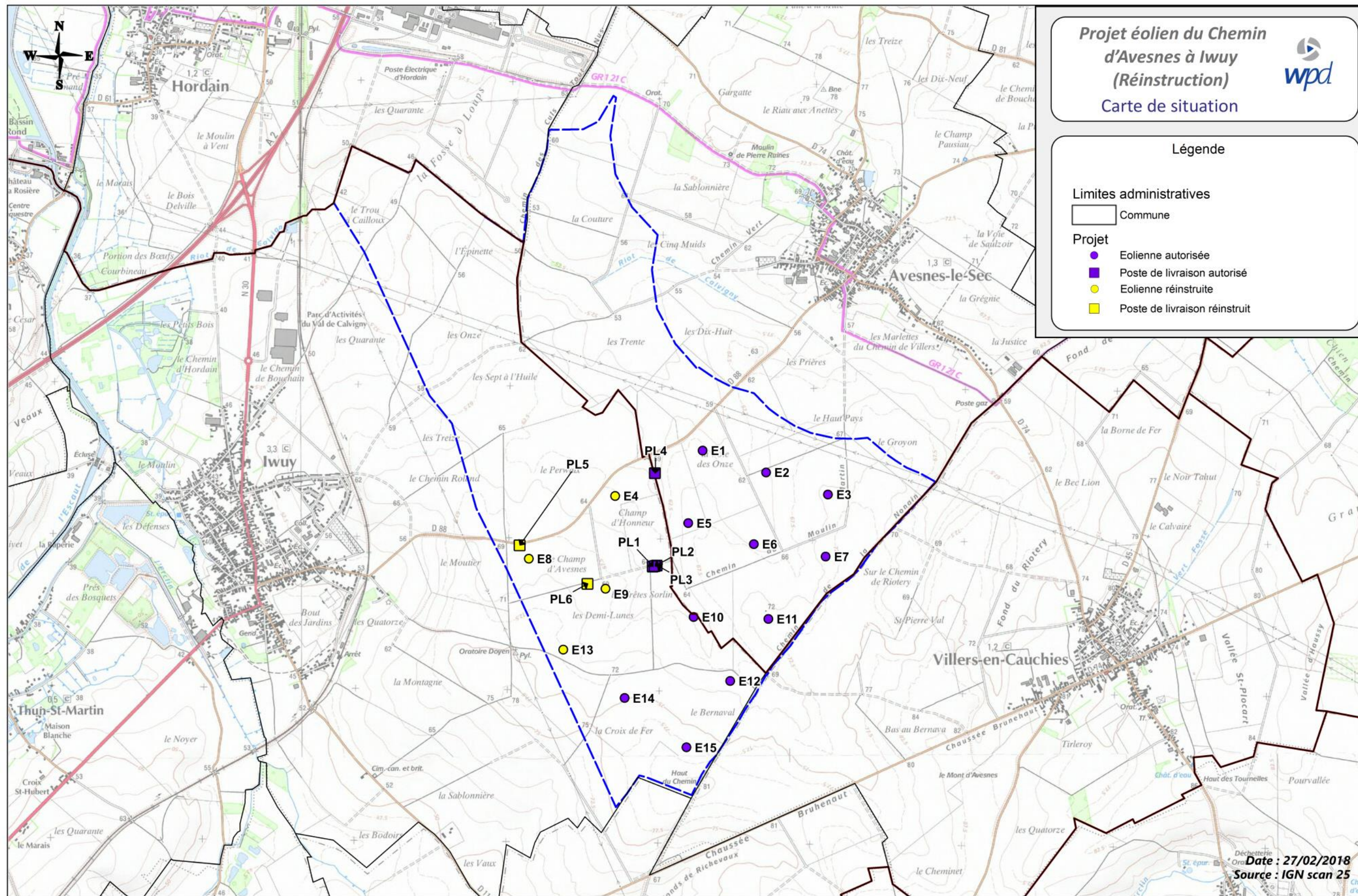
Doppler pour le radar civil ce qui a permis d'autoriser la présence de 50 éoliennes entre 10 et 15 kilomètres de ce radar. Une étude a été réalisée au printemps 2017 afin d'évaluer précisément l'impact des éoliennes sur la lisibilité de la balise VOR Doppler et a amené à la fin des quotas du nombre de machines autorisables dans ce périmètre des 10/15 kilomètres.

Considérant l'autorisation récente d'exploiter accordée en août 2016 pour les 11 aérogénérateurs constituant le parc éolien du Chemin d'Avesnes la présente étude de danger ne concerne que les 4 éoliennes réintégrées au projet. Les 11 autres aérogénérateurs seront considérés comme des installations voisines.

2.3 LOCALISATION DU SITE

Le présent dossier concerne donc les 4 aérogénérateurs du parc éolien du Chemin d'Avesnes à Iwuy réinstruites ainsi que l'ajout de 2 postes de livraison. Le parc éolien est localisé sur la commune d'Iwuy, située dans le département du Nord (voir carte ci-après).

Les cartes de cette étude de dangers sont susceptibles de posséder quelques imprécisions dans la mesure où les fonds de cartes IGN (Scan 1/25000) présentent une précision affichée de l'ordre de la dizaine de mètres (pixellisation de l'image, précision du géoréférencement, etc.).



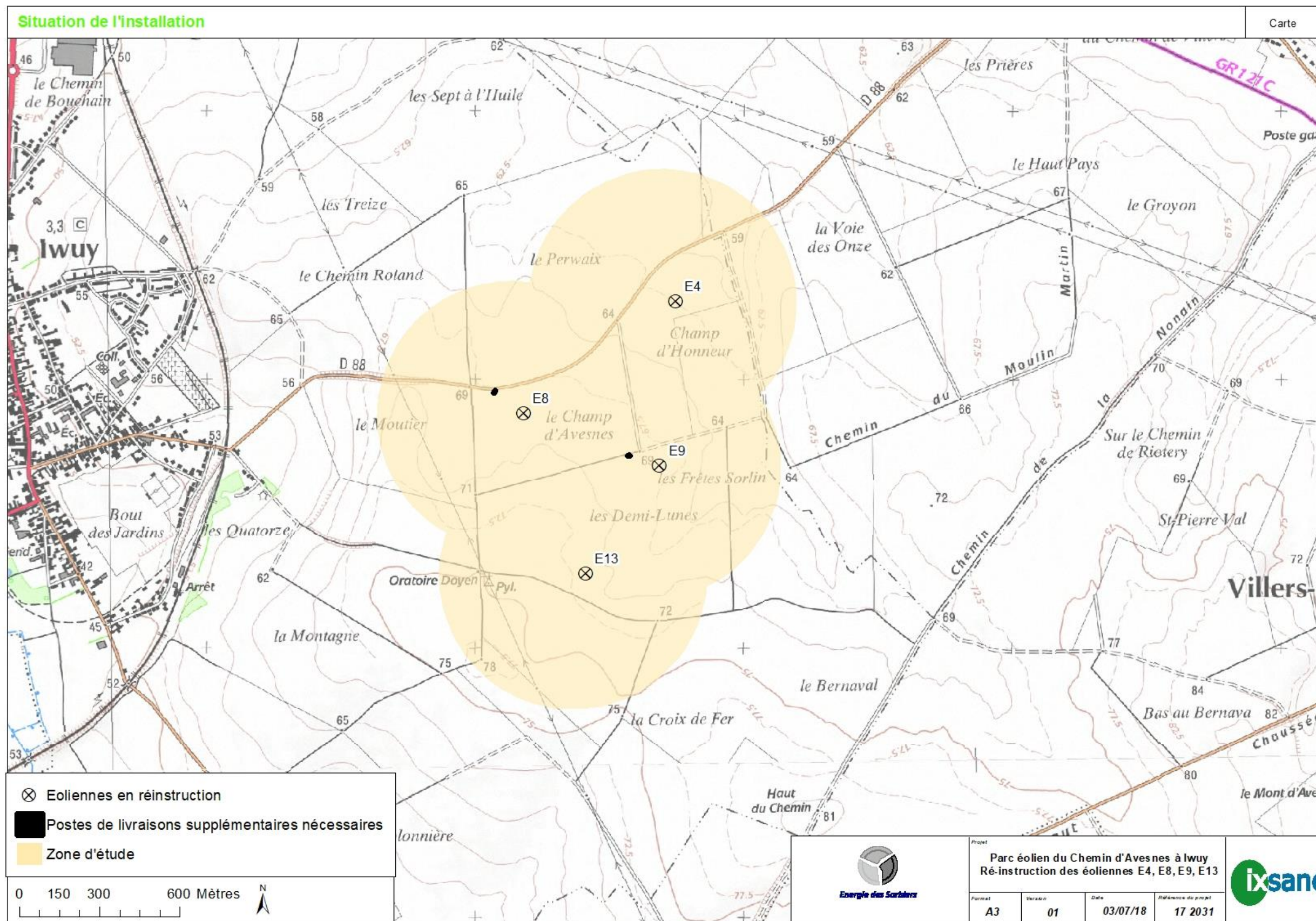
Carte 1 - Représentation de l'aire d'étude rapprochée

2.4 DEFINITION DE L'AIRES D'ETUDE

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

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

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



Carte 2 - Situation de l'installation

3 DESCRIPTION DE L'ENVIRONNEMENT DE L'INSTALLATION

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

3.1 ENVIRONNEMENT HUMAIN

3.1.1 Zones urbanisées

Commune	Code INSEE	Code postal	Pop totale (INSEE 2011)	Superficie (km ²)	Densité (hab/km ²)
Avesnes-le-Sec	59038	59296	1 380	10,39	132,8
Iwuy	59322	59141	3 201	12,8	250,1

Les cartes 3 et 4 exposent les zones urbanisées ainsi que les habitations à proximité de la zone d'étude. Aucune habitation et aucune zone à destination d'habitation définie dans les documents et projet d'urbanisme des communes autour du projet ne se situe à moins de 500 mètres de l'installation. Les distances minimales de chaque éolienne vis-à-vis des habitations les plus proches sont données dans le tableau ci-dessous :

Commune	Eolienne	Lieu-dit/Rue	Distance à l'éolienne la plus proche
Iwuy	E8	Rue de Villers-en-Cauchies	960 m
	E9	Rue de Villers-en-Cauchies	1,4 km
	E13	Rue de Villers-en-Cauchies	1,2 km
	E4	Rue de Villers-en-Cauchies	1,5 km

Ainsi, aucune habitation ne se situe à moins de 960 mètres d'une éolienne.

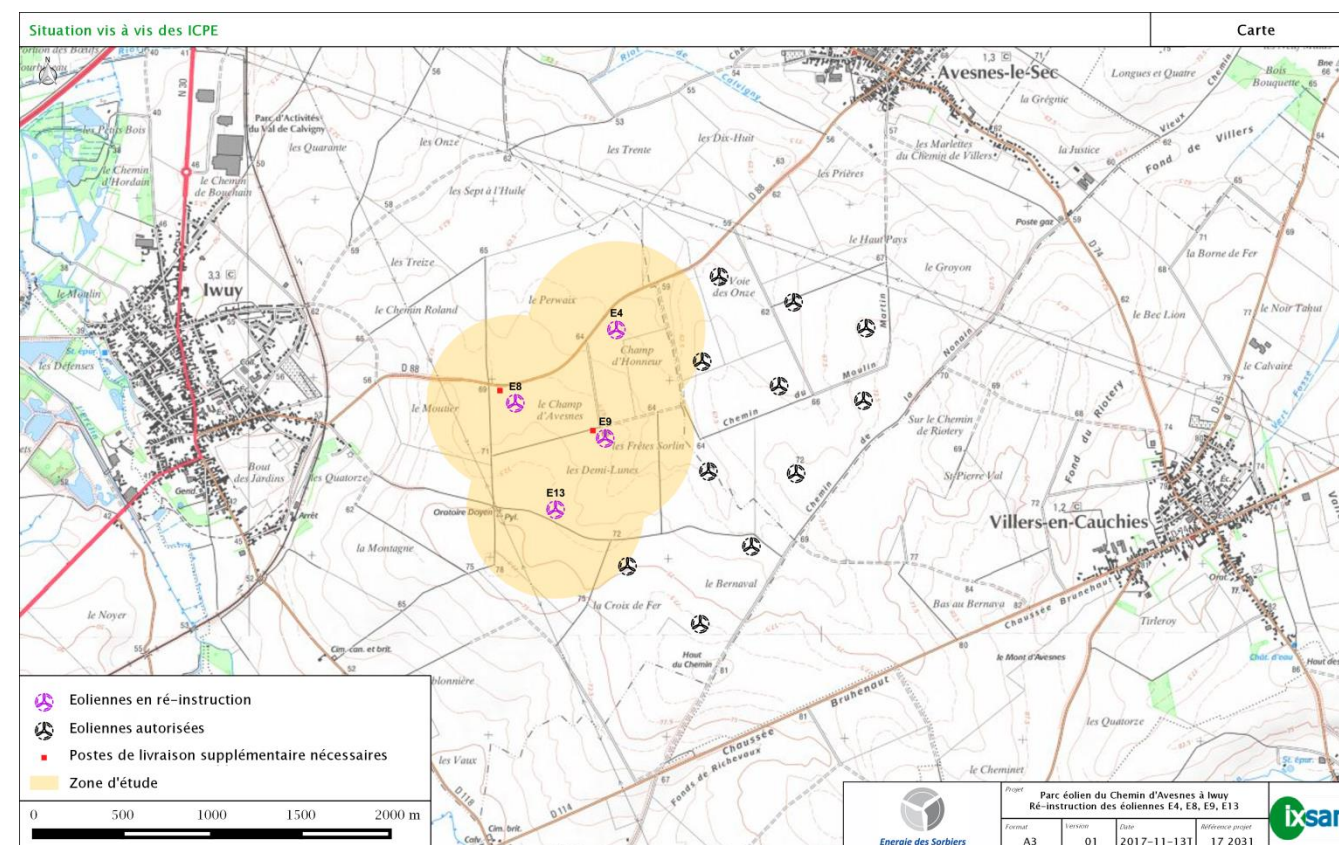
3.1.2 Etablissements recevant du public

Dans les limites de la zone d'étude, aucun établissement recevant du public (ERP) n'est recensé. Les plus proches (de type écoles, mairies ou magasins) se situent au sein des villages alentours, soit à au moins un kilomètre de chaque éolienne.

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

Dans les limites de la zone d'étude de 500 m autour des installations, aucune installation classée pour la protection de l'environnement (ICPE) n'est recensée.

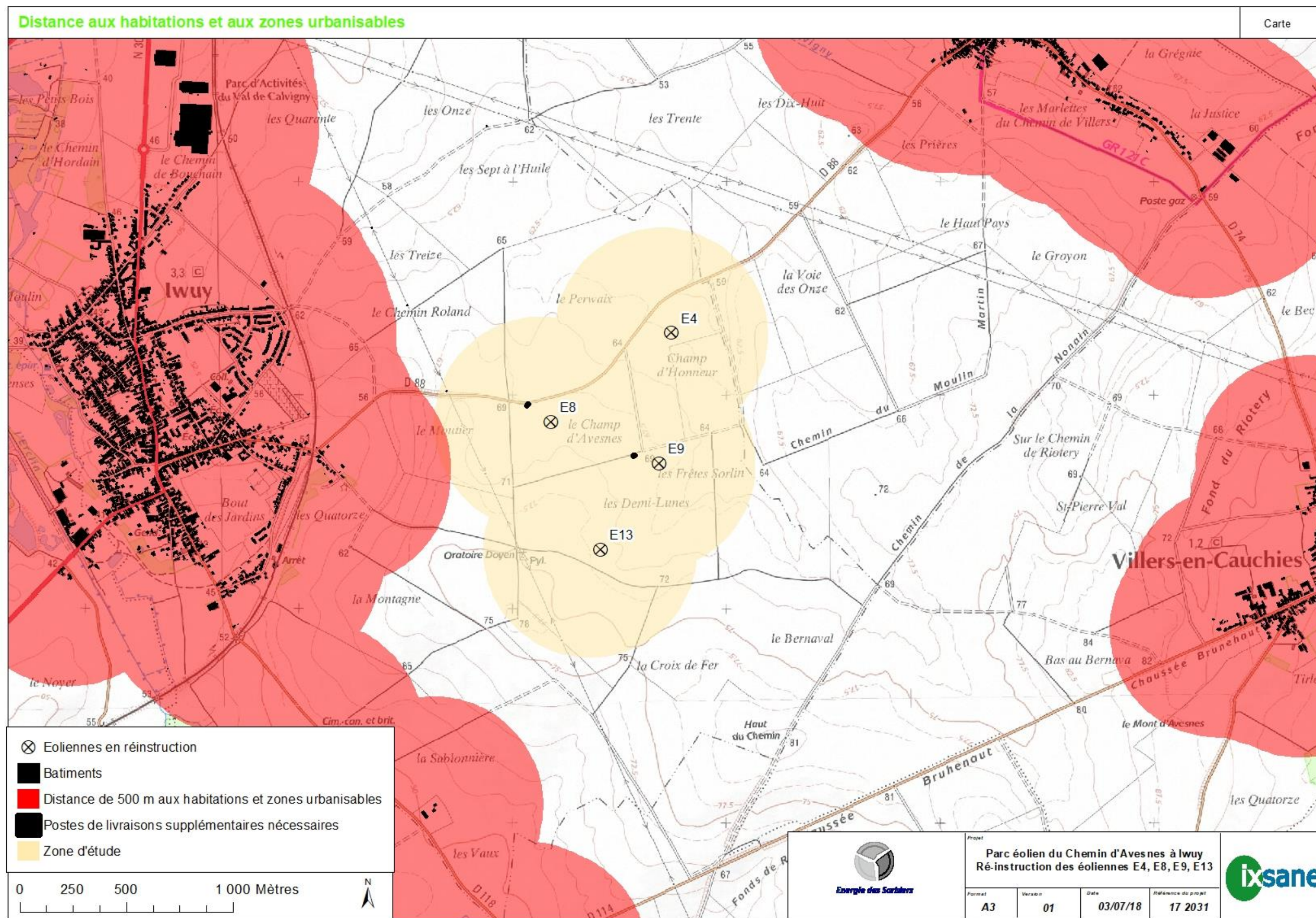
Les installations ICPE les plus proches sont les 11 aérogénérateurs du parc éolien du Chemin d'Avesnes déjà accordés. Les plus proches sont situés à un peu plus de 500 m.



Carte 3 – Distance aux installations ICPE

3.1.4 Autres activités

Au sein de la zone d'étude, seules les activités agricoles sont présentes. Plusieurs zones d'activités sont présentes au nord-ouest mais à plus de 2000 mètres.



Carte 4 - Distances aux habitations et aux zones urbanisables

3.2 ENVIRONNEMENT NATUREL

3.2.1 Contexte climatique

La zone d'étude est sous l'influence d'un climat océanique dégradé. C'est un climat à dominante océanique pouvant être influencé par le climat continental (en provenance d'Europe de l'Est). Les pluies sont plus faibles pour ce climat que dans le cadre d'un strict climat océanique. Il est doux et humide mais susceptible de présenter de grandes chaleurs ou de grandes périodes sèches.

La température moyenne est de 9,8°C dans le secteur de l'étude. Plus au sud, elle atteint 10,5°C. Les écarts de température entre été et hiver peuvent être importants (23°C de température moyenne maximale contre 0,1°C de température moyenne minimale).

La pluviométrie varie entre 600-700 mm au niveau du secteur du projet. L'ensoleillement est inférieur à celui du littoral.

La station de mesure Météo France la plus proche du secteur est celle de Cambrai-Epinoy située à environ 13 km de la zone d'étude.

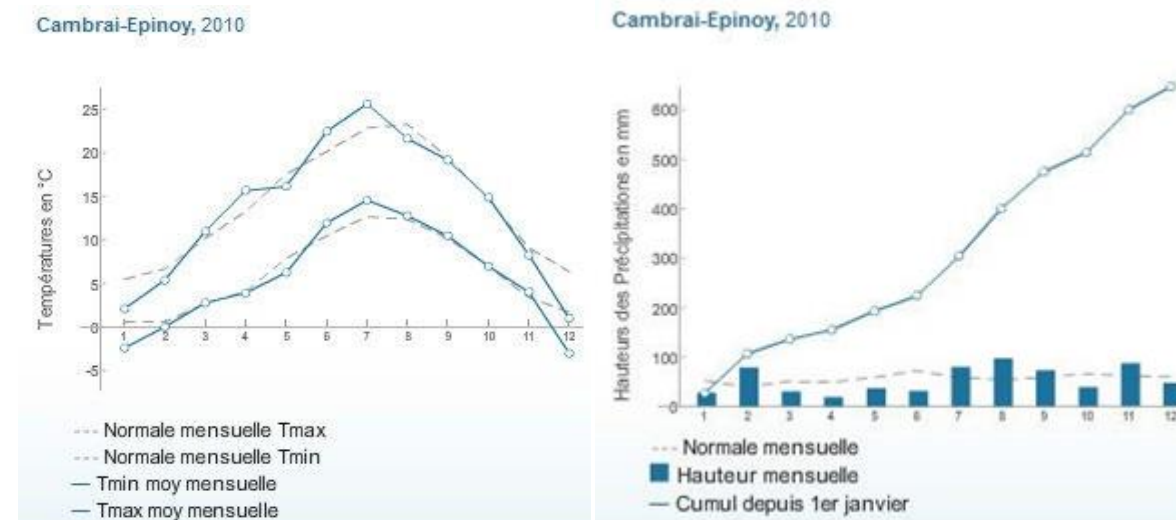


Figure 1 – Présentation des températures et des précipitations pour l'année 2010 et la moyenne depuis 1971 (Source : météo France)

Selon infoclimat.fr, Cambrai possède en moyenne statistique 71 jours par an avec brouillard, 15 avec orage, 20 avec de la neige et 70 jours avec du gel.

	Janv.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	An
Nombre de jours avec :													
Brouillard	7.7	6.1	5.6	4.5	3.3	4.1	3.5	5.4	6.8	7.6	7.6	9.1	71.3
Orage	0.1	0.2	0.2	0.9	3.1	3.1	2.9	2.6	1.2	0.5	0.2	0.1	15.1
Neige	5.3	4.7	3.2	1.4	0.1	0	0	0	0	0	1.8	3.8	20.3
Gel	23.6	12.3	9.1	3.8	0.2	0	0	0	0	1	7.3	12.9	70.2

Tableau 1 – Statistiques météorologiques au niveau de Cambrai
Source : infoclimat

Les vents dominants sont globalement orientés sud-ouest/nord-ouest en intensité et en fréquence. On compte en moyenne 70 jours dans l'année avec des vents violents.

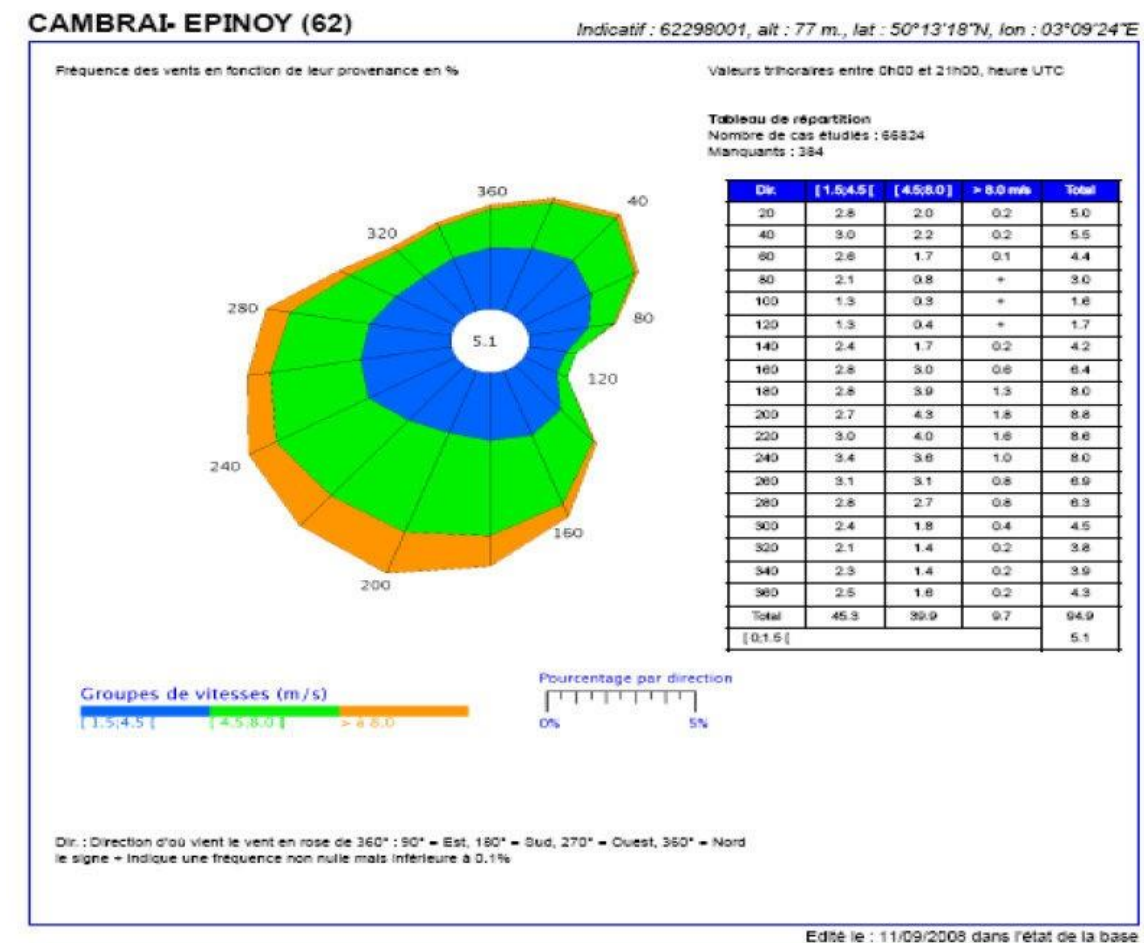
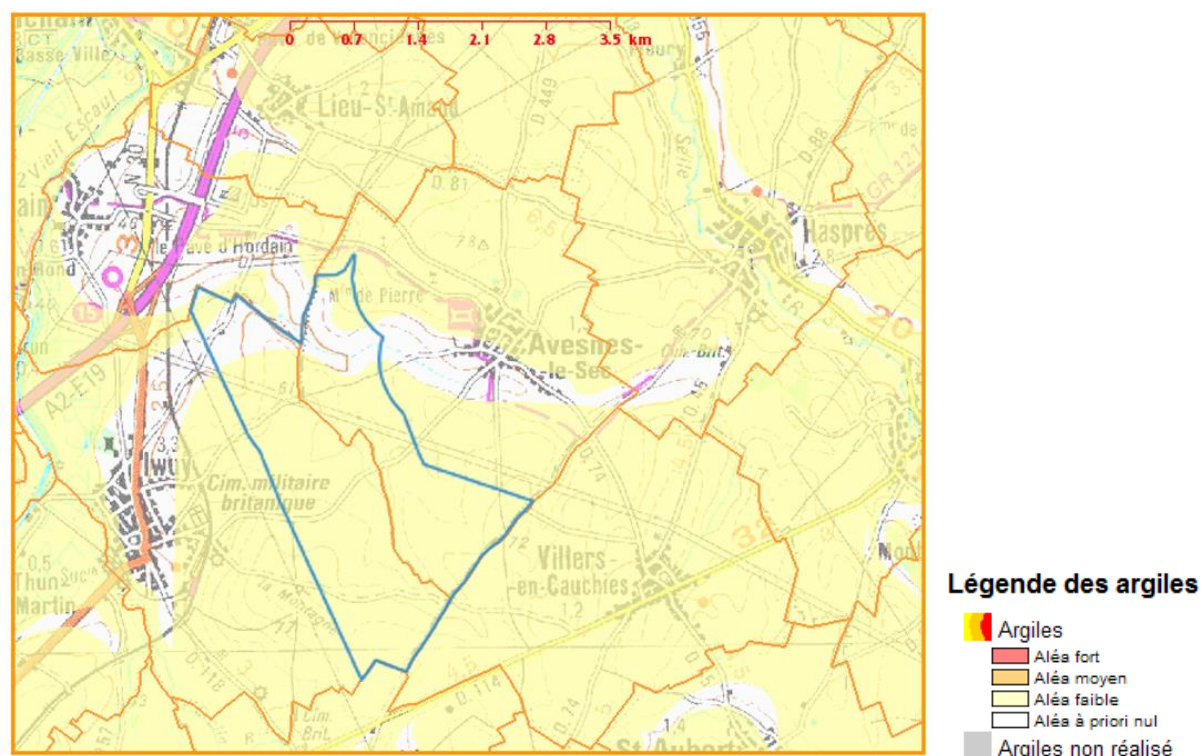


Figure 2 – Rose des vents au niveau de l'aérodrome de Cambrai-Epinoy

Les vents dominants et avec les vitesses les plus importantes proviennent du sud-ouest. En revanche le vent provient peu d'une orientation d'est (Cf. Figure 2).

3.2.2.3 Aléa retrait-gonflement des argiles

Le périmètre rapproché est dans une zone d'aléa faible concernant le retrait et le gonflement des argiles, ce qui est le cas pour la majorité des communes du secteur. La partie nord possède même un risque nul.

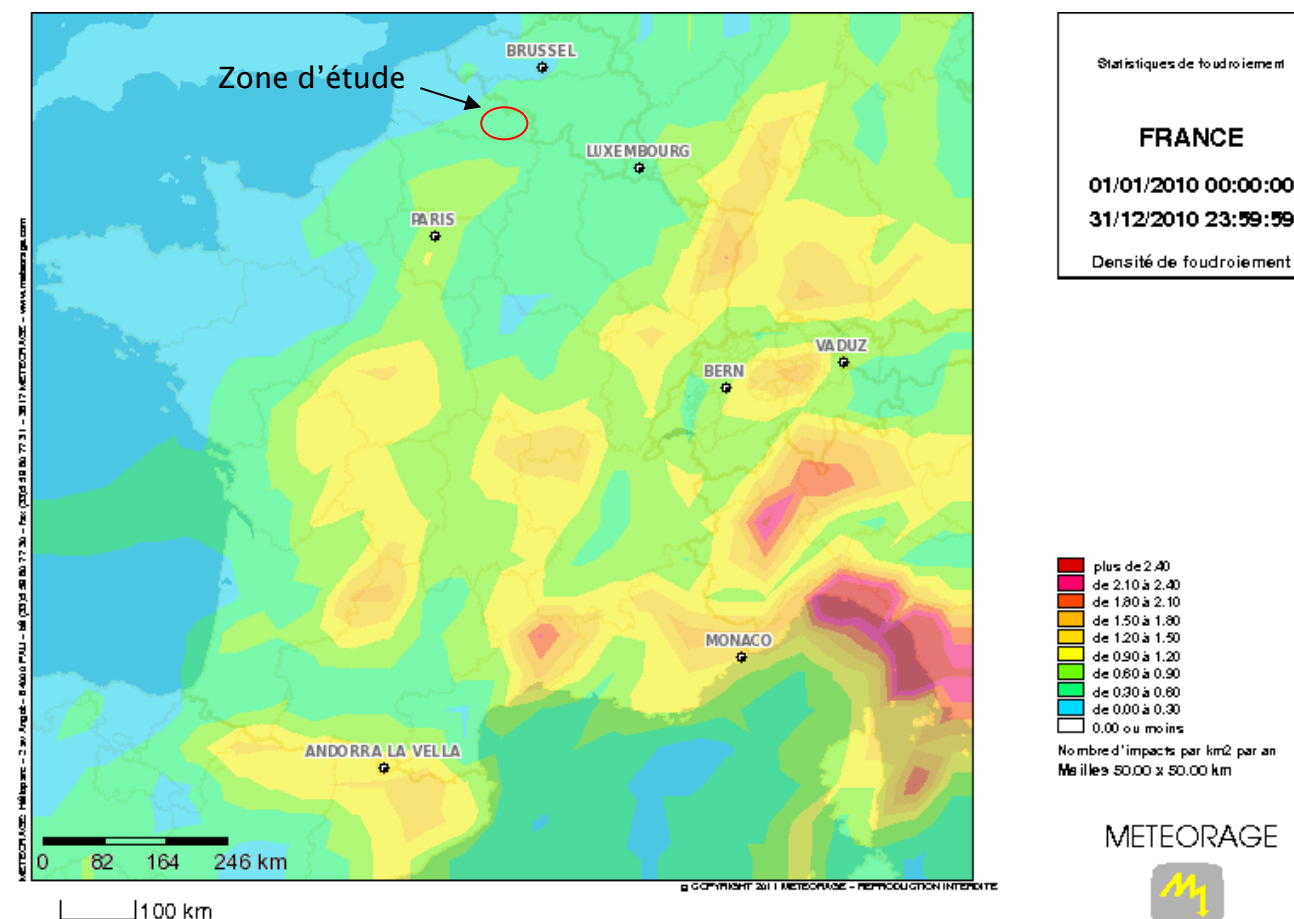


Carte 7 – Sensibilité du périmètre immédiat de l'étude à l'aléa retrait – gonflement des argiles

Source : <http://www.argiles.fr>

3.2.2.4 Le risque de foudroiement

La densité de foudroiement indique le nombre de coups de foudre par an et par kilomètre carré. Le relevé est effectué à l'aide d'un réseau de stations de détection qui captent les ondes électromagnétiques lors des décharges, les localisent et les comptabilisent.



Carte 8 – Densité de foudroiement pour l'année 2010

Source : Météorage

La densité d'arcs sur les communes d'Avesnes-le-Sec et Iwuy est sur la période 2004-2013 de 1,33 arcs/an/km² (moyenne nationale de 1,57).

Le site d'étude présente donc une sensibilité faible pour le risque de foudroiement.

3.2.2.5 Incendies de forêts et de cultures

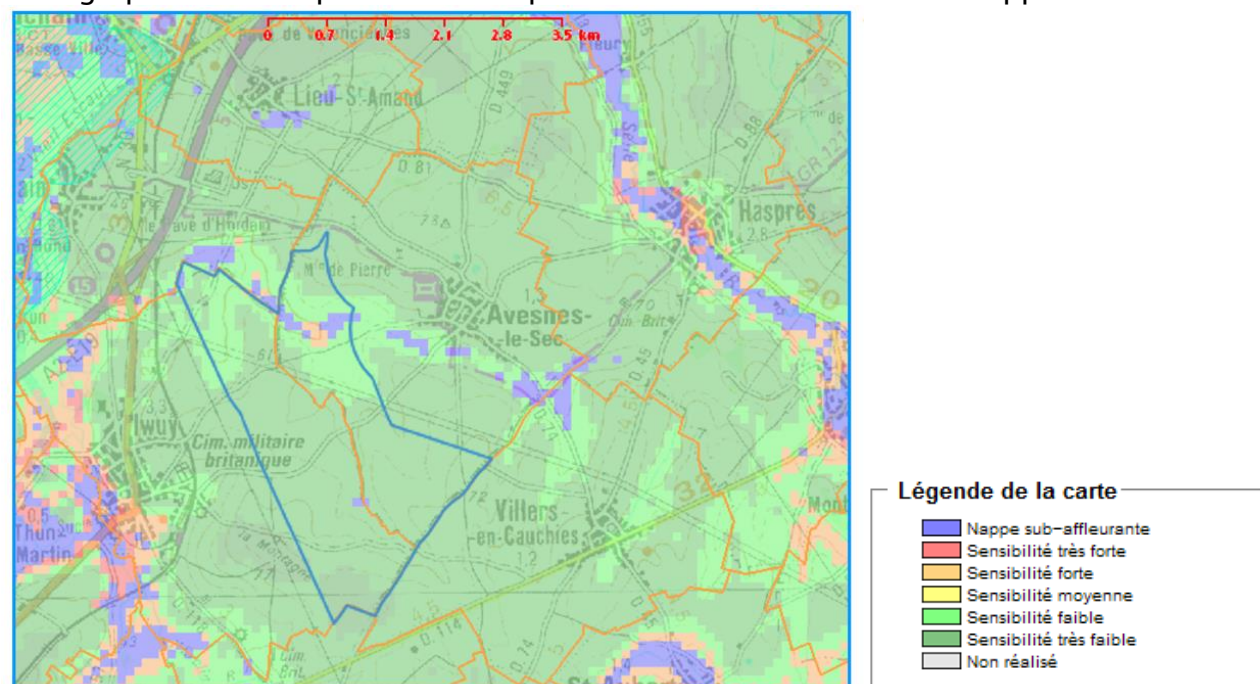
Le département du Nord n'est pas considéré comme un département particulièrement exposé aux risques de feux de forêts ou de cultures et n'est donc pas soumis à l'élaboration de plans de protection des forêts contre les incendies.

Après vérification sur le site prim.net, les communes accueillant le projet ne sont pas considérées comme présentant un risque incendie. Par conséquent, le risque de feu de forêt et incendie de cultures est considéré comme très faible.

3.2.2.6 Risque d'inondation

La zone du projet du Chemin d'Avesnes est exposée à un risque de remontée de nappe jugé de faible à très faible pour l'ensemble du secteur. Seul le vallon sec, traversant la pointe nord-est du périmètre, présente une nappe sub-affleurante, susceptible d'être partiellement en eau en période hivernale.

La cartographie voir ci-après illustre le phénomène des remontées de nappe :



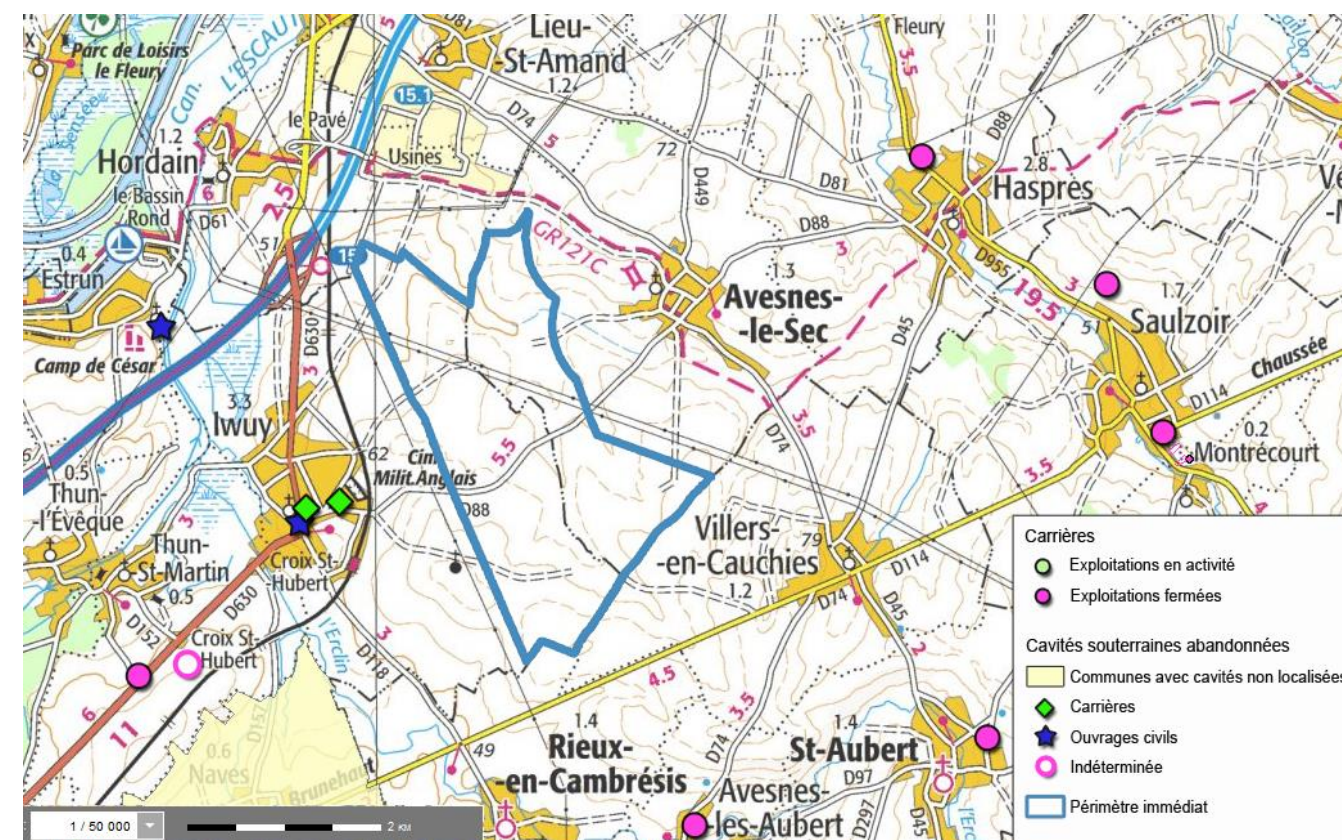
Carte 9 – Sensibilité du périmètre immédiat de l'étude à l'aléa remontée de nappe
Source : www.inondationsnappes.fr

3.2.2.7 Risque d'effondrement

Le secteur a connu pendant des décennies une exploitation assez intensive de la craie grise de son sous-sol : les pierres ont été extraites des carrières souterraines de l'Ostrevant, sur le territoire de la commune d'Iwuy, mais aussi sur celui d'une dizaine d'autres communes comme Hordain, Avesnes-le-Sec, Estreux, Haspres ou Lieu-Saint-Amand. Dans la plaine de Mons, les mêmes niveaux rocheux de plusieurs mètres d'épaisseur ont été exploités sous le nom de « bonne pierre de Valenciennes ». Dans tout le bassin de l'Escaut, ces origines diverses se confondent sous le nom générique de Pierre d'Avesnes.

A la fin de l'exploitation, seuls les accès sont rebouchés. Il reste donc sous l'Ostrevant de nombreuses carrières abandonnées et oubliées. Quand la nappe phréatique remonte, elle peut les inonder. Sous l'action de l'eau, le plafond peut s'effondrer et les piliers se rompre

occasionnant en surface des affaissements potentiellement meurtriers. Il faut donc connaître la localisation précise, et les risques potentiels de ces cavités.

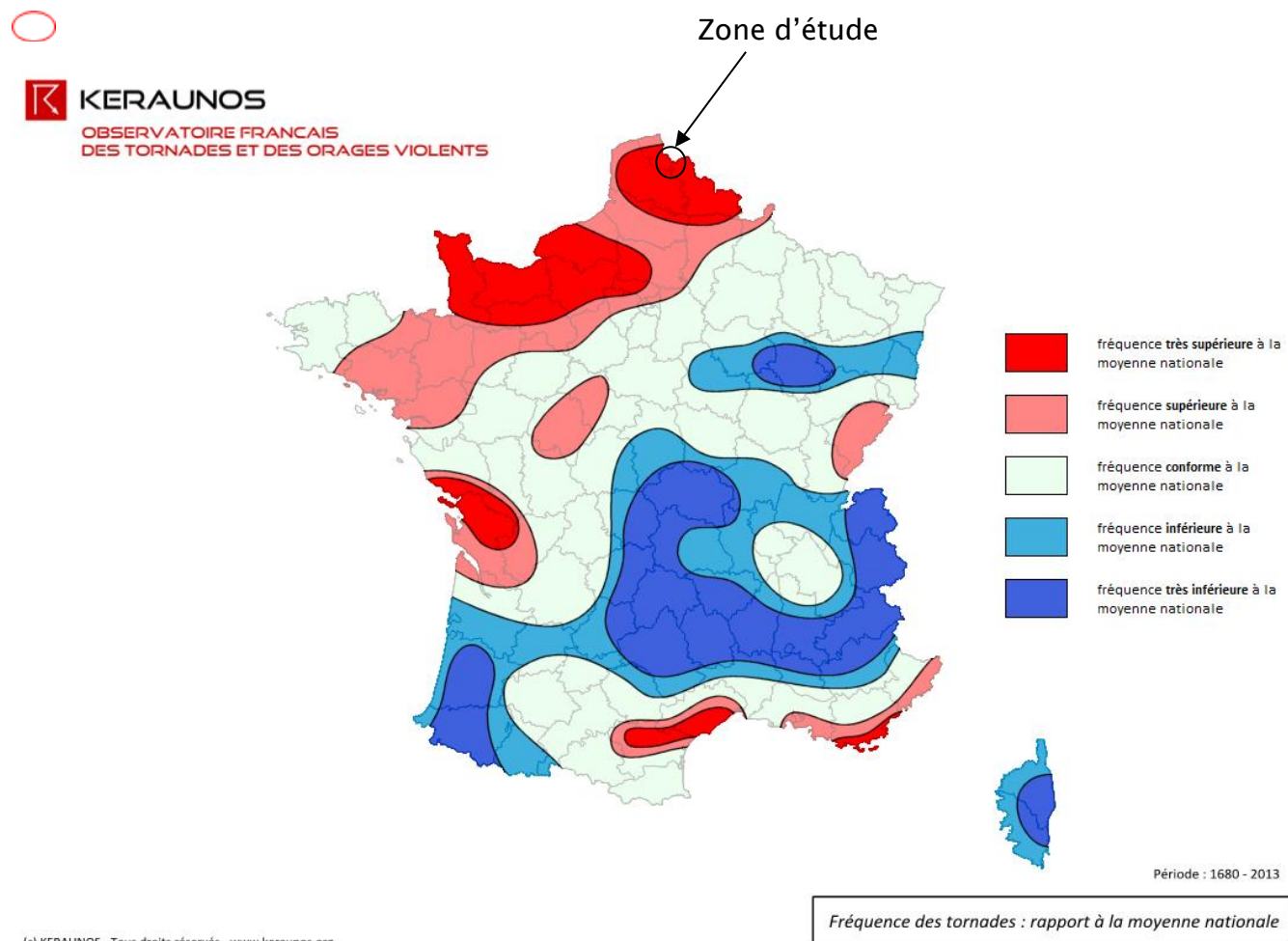


Carte 10 – Recensement des cavités à proximité de la zone d'étude
Source : infoterre

Aucun ouvrage ni exploitation actuelle ou abandonnée n'est recensé au niveau de la zone d'étude.

3.2.2.8 Le risque de tornades

Le Nord-Pas-de-Calais fait partie des zones qui subissent des occurrences de tornades plus marquées que la moyenne nationale. Elle conjugue des reliefs très peu marqués, des situations orageuses en toutes saisons, et une exposition privilégiée aux flux perturbés, tous ces critères permettent de réunir les ingrédients nécessaires à la formation des tornades.



(c) KERAUNOS - Tous droits réservés - www.keraunos.org

Carte 11 – Fréquence des tornades par rapport à la moyenne nationale

Une tornade de très faible intensité (EF0) a d'ailleurs frappé le Cambrésis, le 22 août 2010, à 22h40 TU. Le phénomène, qui a été confirmé par un témoignage et par une enquête de terrain, s'est formé au sein d'une cellule qui a balayé le sud du département (source keraunos). Ce phénomène, qui a duré quelques minutes a causé des dégâts modérés : de grosses branches cassées, un arbre de taille modeste déraciné, une toiture faiblement endommagée (<20%), phénomène d'aspiration sur tôles et gouttières.

3.2.3 Environnement matériel

3.2.3.1 Voies de communication

La zone d'étude est localisée sur des terrains agricoles peu fréquentés, où sont recensés de nombreux chemins d'exploitation et voies communales non goudronnés. Aucune éolienne ne

² La fréquentation de la RD 88 est très en dessous du seuil de 2000 véhicules/jour qui caractérise les voies structurantes et la présence d'un réseau routier important et fréquenté à proximité de la zone d'étude explique une fréquentation moins importante sur cette voie.

survole de chemin existant. Les chemins ruraux les plus proches sont situés à environ 60 m des éoliennes E13 et E9.

Une départementale est concernée par le périmètre de 500 m autour des éoliennes : la RD88. Cette voie supporte un trafic d'environ 800² véhicules/jour sur la portion entre Avesnes-le-Sec et Iwuy (comptages 2008 du Conseil Général³).

L'éolienne la plus proche de cet axe est l'éolienne E4, dont le centre du mât est à 87 m. Deux autres éoliennes sont situées à moins de 500 m de cette route : l'éolienne E8 à 100 m et l'éolienne E9 à 462 m (voir carte 11 ci-après).

La RD114 constitue la voie la plus importante à proximité du site, avec un trafic de 2600 véhicules/jour au niveau de Villers-en-Cauchies (comptages 2008 du Conseil Général²).

L'éolienne la plus proche de cet axe est l'éolienne E13, dont la base du mât est située à environ 1,6 km :

Parc éolien du Chemin d'Avesnes à Iwuy					Distance par rapport au mât des éoliennes (m)			
Infrastructure	Fonction	Événement redouté	Danger potentiel	Périmètre	E4	E8	E9	E13
Voie de circulation D114	Transport	Accident entraînant la sortie de voie d'un ou plusieurs véhicules	Energie cinétique des véhicules et flux thermiques	120m	2390	2250	1850	1600

Tableau 2 – Distance à la RD 114 de chaque éolienne

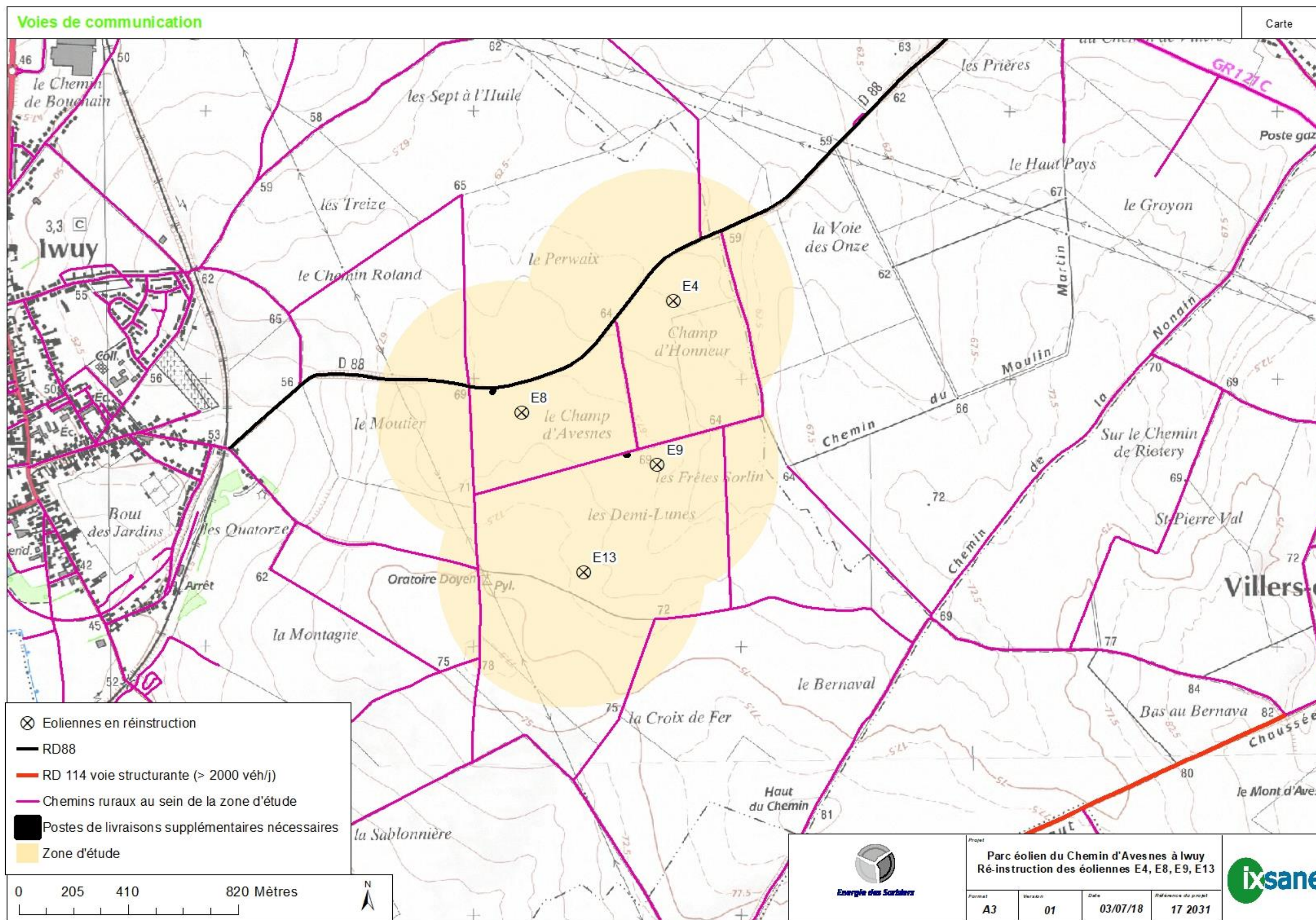
De plus l'éolienne la plus proche d'une voie ferrée (E8) se situe à plus de 1000 m de la voie ferrée qui passe à l'est d'Iwuy.

3.2.3.2 Réseaux publics et privés

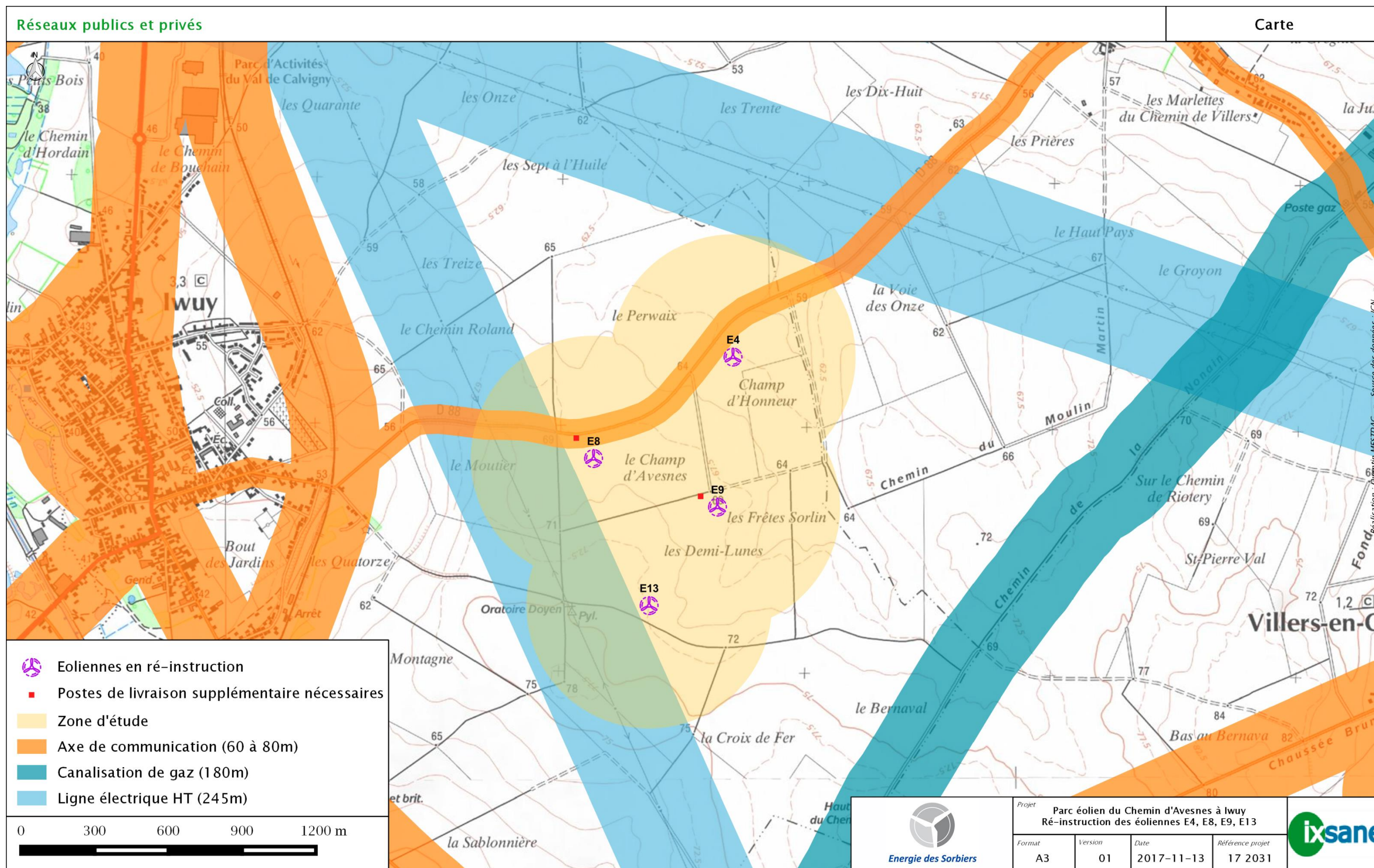
La carte 12 représente les distances de sécurité liées à la présence de réseaux publics et privés sur la zone d'étude du parc éolien du Chemin d'Avesnes à Iwuy :

- Suite à la présence d'une canalisation de gaz enterrée, une distance de sécurité de 180 m a été observée (correspondant à une hauteur de chute), ce qui est supérieur aux demandes de GRTgaz formulées lors de la consultation réalisée dans le cadre de l'étude d'impact ;
- De même la présence de lignes électriques traversant le secteur a conduit au respect de distances de sécurité, conformément aux consignes de RTE (1,4 x hauteur totale : soit 245 m).

³ Comptages 2008 du Conseil Général : derniers comptages réalisés sur la RD 88 et sur la RD 114. L'absence de modification des axes de circulation depuis de nombreuses années amène à penser que le trafic sur ces voies n'a pas subi d'évolution importante.



Carte 12 - Voies de communication



Carte 13 - Réseaux publics et privés

3.2.4 Cartographie de synthèse

Le nombre de personnes exposées est renseigné selon la fiche n°1 « Eléments pour la détermination de la gravité dans les études de dangers » de la circulaire du 10 mai 2010 (présentée en annexe).

Dans le périmètre d'étude de 500 m autour des éoliennes, on trouve en majeure partie des zones non aménagées peu à très peu fréquentées (champs, prairies, etc.). Cette catégorie correspond à une densité de 1 personne par tranche de 100 ha.

La fréquentation moyenne de la départementale RD 88 est évaluée à 800 véhicules/jour, elle ne fait donc pas partie des voies structurantes (> 2000 véhicules / jour) et sera considérée comme une zone aménagée peu fréquentée. La présence d'un réseau routier important et fréquenté à proximité (A2, N30, RD 114, etc.) explique une fréquentation moins importante de cette voie, qui a surtout un rôle de liaison locale entre Iwuy et Avesnes-le-Sec.

En ce qui concerne les voies présentes sur le site, il s'agit de voies communales non goudronnées et de chemins agricoles, correspondants à des zones aménagées mais peu à très peu fréquentées. On considère donc une fréquentation de 1 personne par tranche de 10 ha.

Prise en compte des chemins et postes de livraisons des 11 éoliennes autorisées :

Une portion des chemins d'accès aux 11 éoliennes déjà autorisées est présente dans le rayon de 500m. Ces chemins suivent principalement les chemins agricoles existants. Leur fréquentation est négligeable (environ un passage camion tous les 3 mois en moyenne pour la maintenance des machines).

Les postes de livraison PL1, PL2, PL3 et PL4 des 11 éoliennes autorisées sont présents sur la zone d'étude. Ces postes de livraisons, sont considérés comme des zones aménagées peu à très peu fréquentées.

Les chemins d'accès aux éoliennes suivent principalement les chemins agricoles existants. Quelques portions de chemins seront créées, qui ne desserviront que les éoliennes. Leur fréquentation est négligeable (environ un passage de camion tous les 3 mois en moyenne pour la maintenance des machines).

Le tableau ci-dessous montre la répartition du nombre équivalent au nombre de personnes permanentes exposées sur le périmètre de 500 m autour des éoliennes, en fonction du secteur concerné et calculé conformément à la circulaire de mai 2010 :

Type de surface concernée	Nombre de personnes exposées par éolienne				
	E4	E8	E9	E13	Ensemble du parc
<i>Champs cultivés</i>	0,75	0,75	0,76	0,76	3,02
<i>Zones aménagées mais peu à très peu fréquentées</i>	0,03	0,03	0,05	0,04	0,15
<i>Chemins ruraux et voies communales</i>	0,28	0,32	0,18	0,17	0,95
TOTAL par éolienne	1,06	1,10	0,99	0,97	4,1

Tableau 3 – Nombre de personnes exposées par éolienne (dans le périmètre de 500 m)

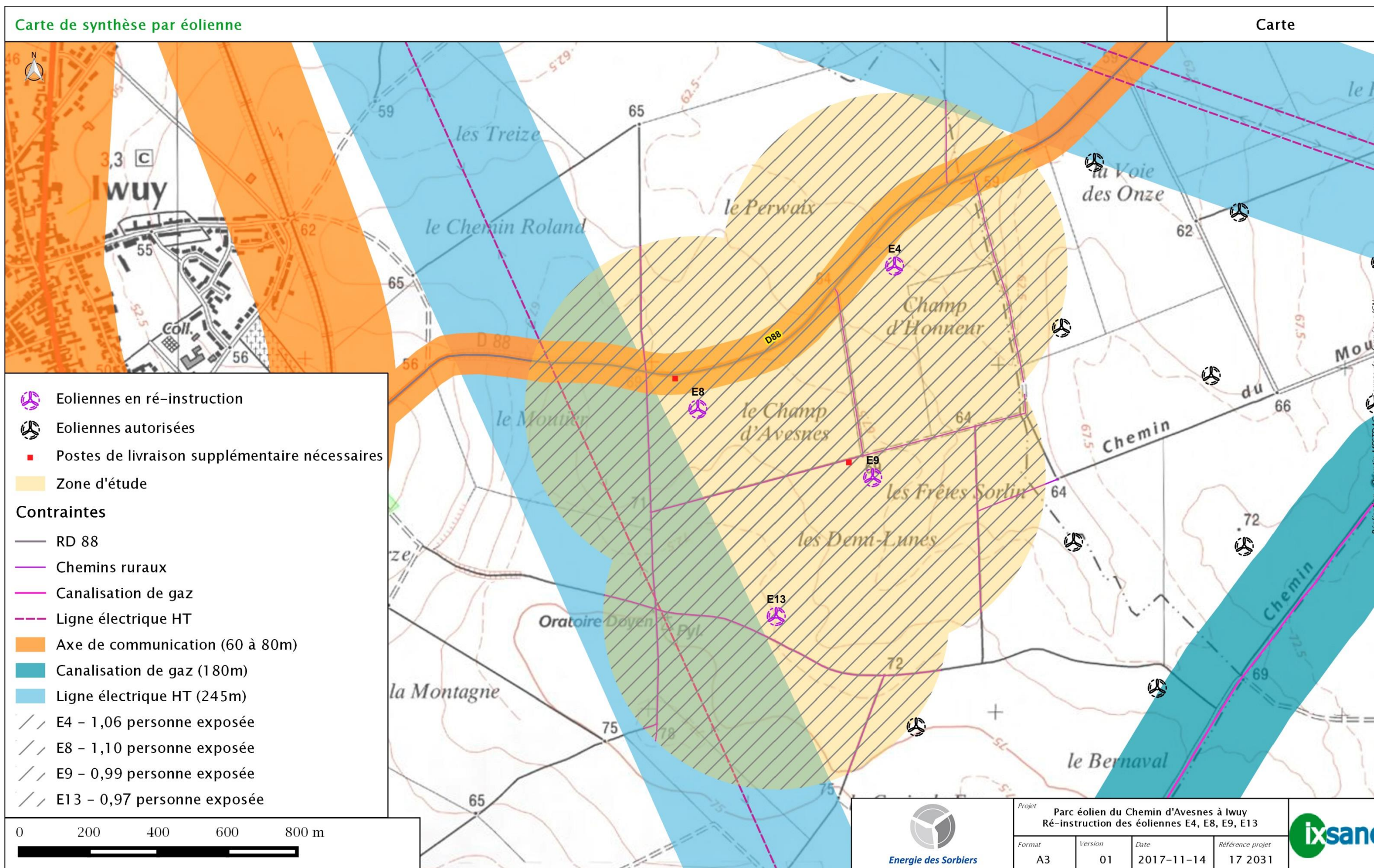
Pour le total de la fréquentation sur l'ensemble du parc éolien, les intersections entre les périmètres de 500 m autour de chaque éolienne sont donc prises en compte plusieurs fois, ce qui correspond dans la réalité au fait que ces secteurs soient exposés aux risques liés à plusieurs éoliennes.

Les calculs des surfaces sont réalisés à partir d'analyses cartographiques qui prennent en compte les différents milieux autour de chaque éolienne. Voici la décomposition des surfaces considérées dans les zones autour de chaque éolienne :

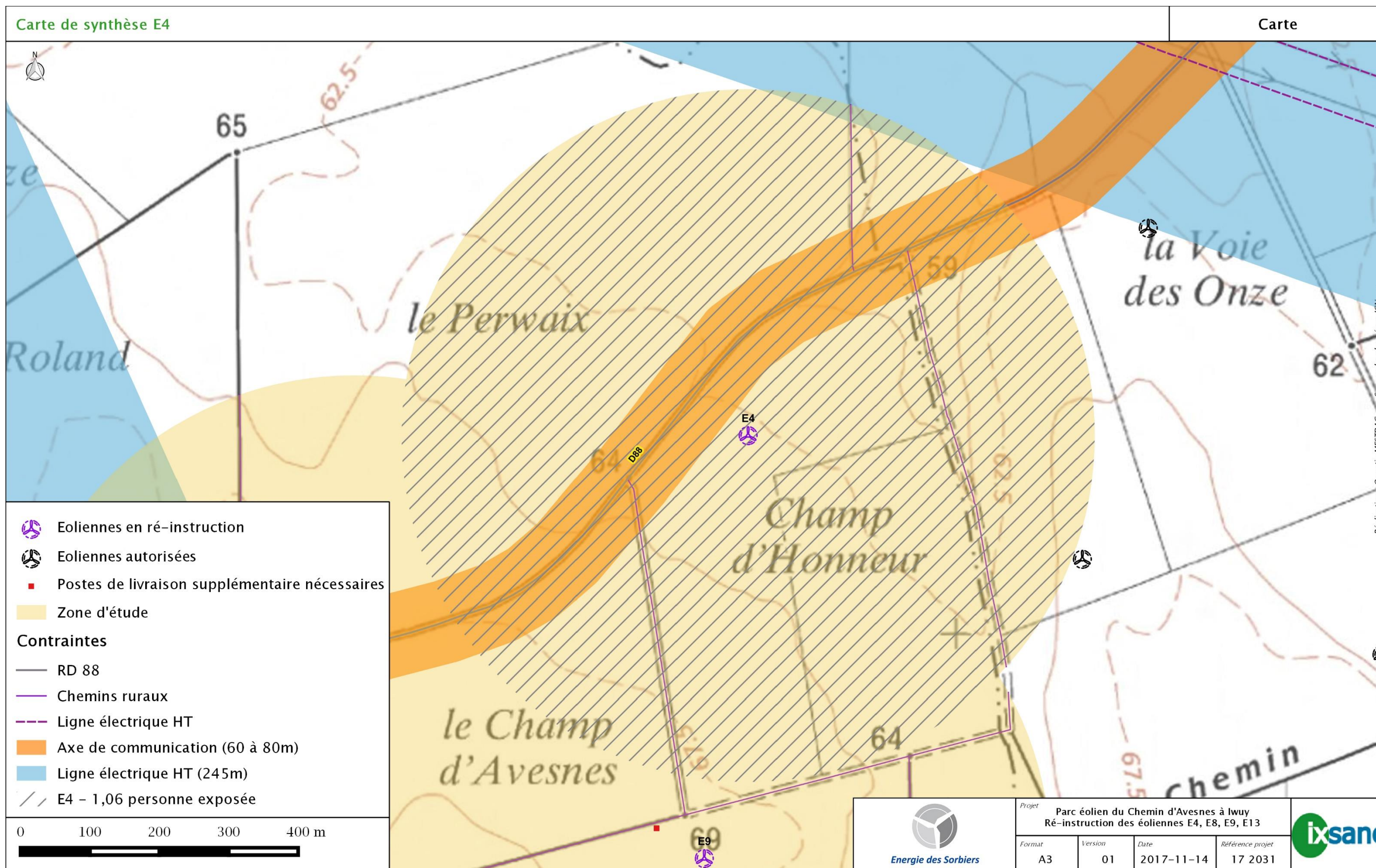
	Surface totale (en ha)	Surface chemins ruraux et voies communales (en ha)	Total terrains peu aménagés	Total terrains non aménagés
E4	78,5	2,71	0,315	75,475
E8	78,5	3,17	0,25	75,09
E9	78,5	1,83	0,49	76,19
E13	78,5	1,71	0,33	76,47

Tableau 4 – Décomposition des surfaces considérées dans les zones autour de chaque éolienne

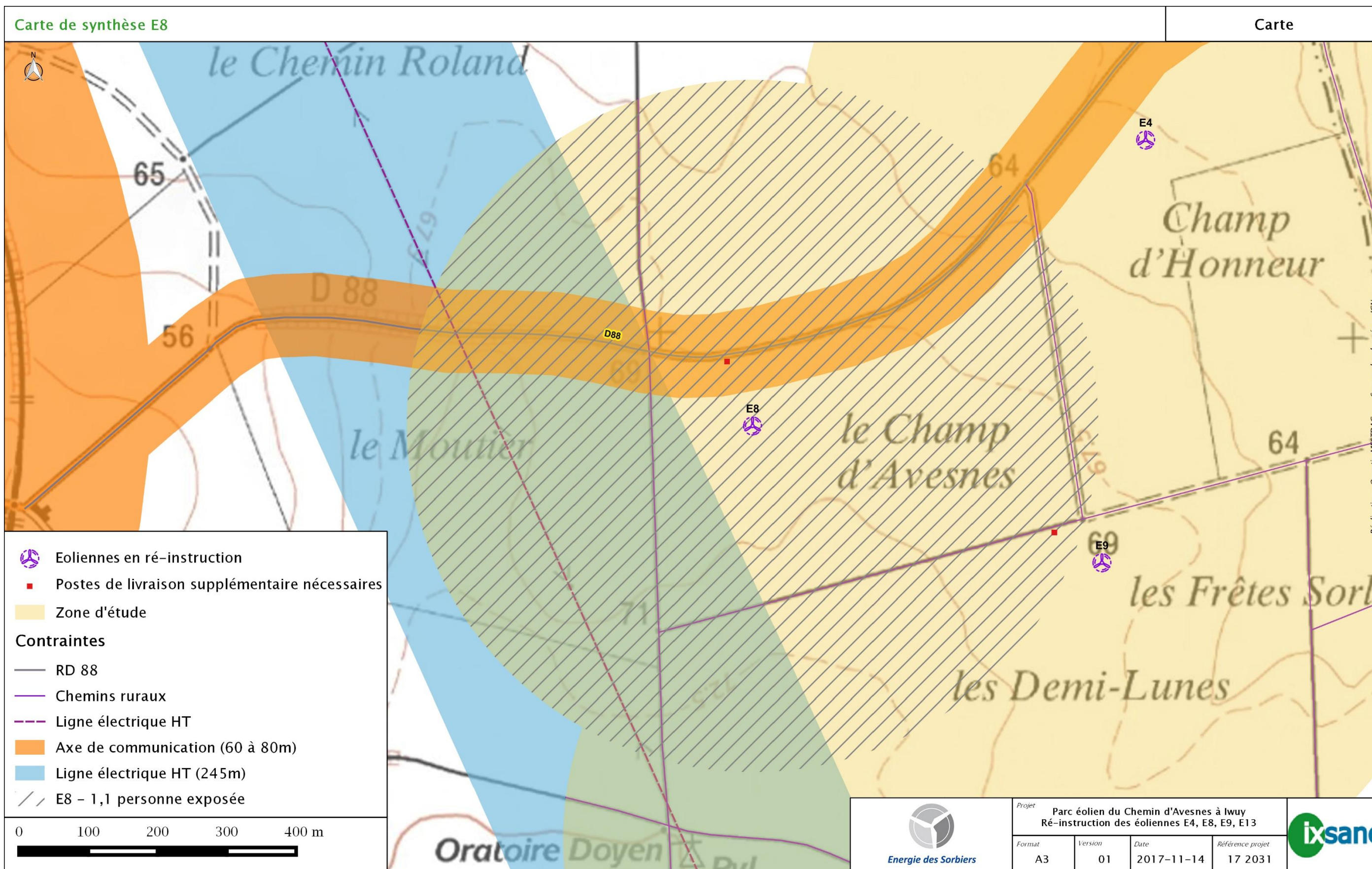
Pour conclure ce chapitre, les cartes dans ce paragraphe permettent d'identifier géographiquement les enjeux à protéger dans la zone étude (cartes 14).



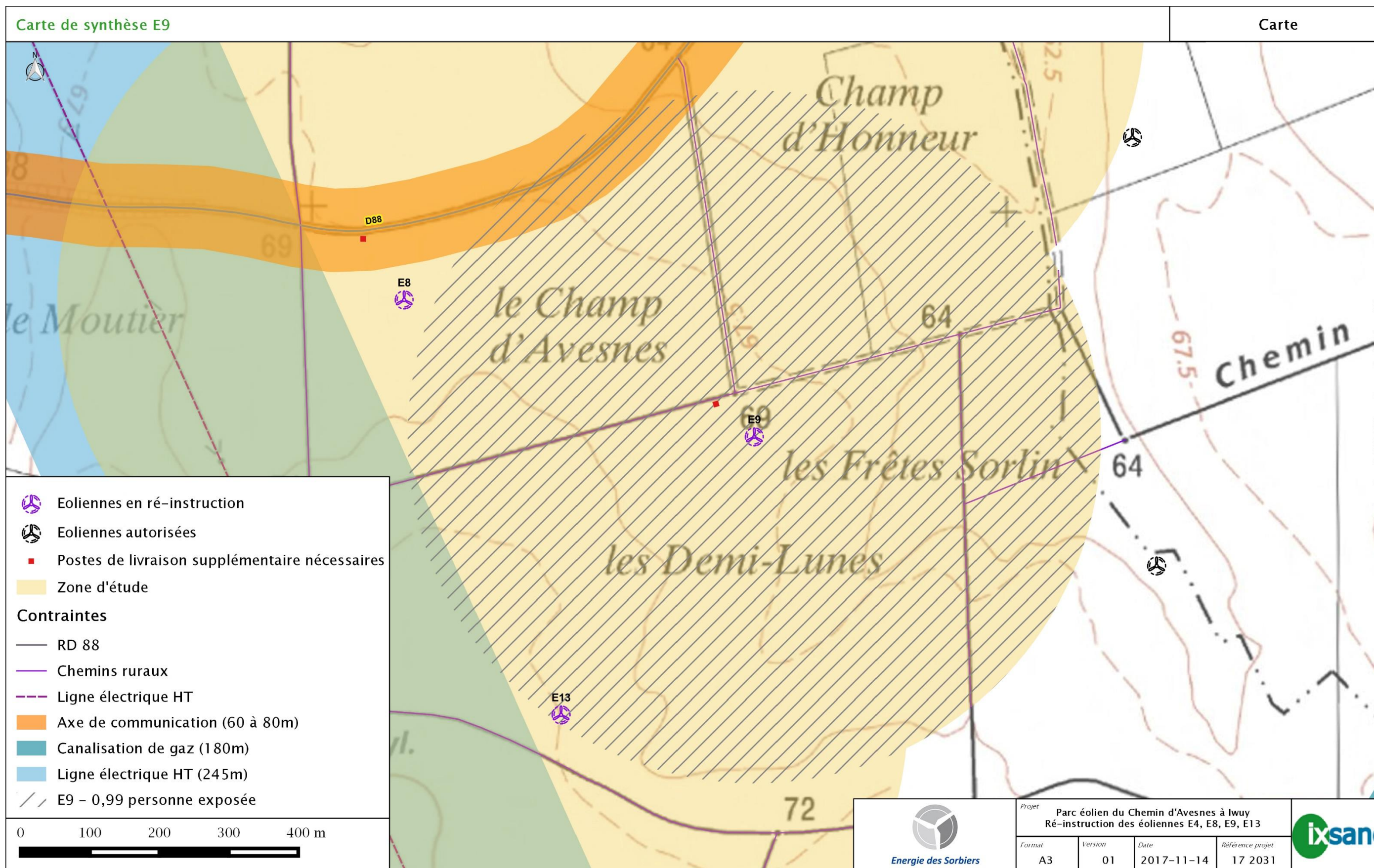
Carte 14 - Synthèse de l'exposition par éolienne



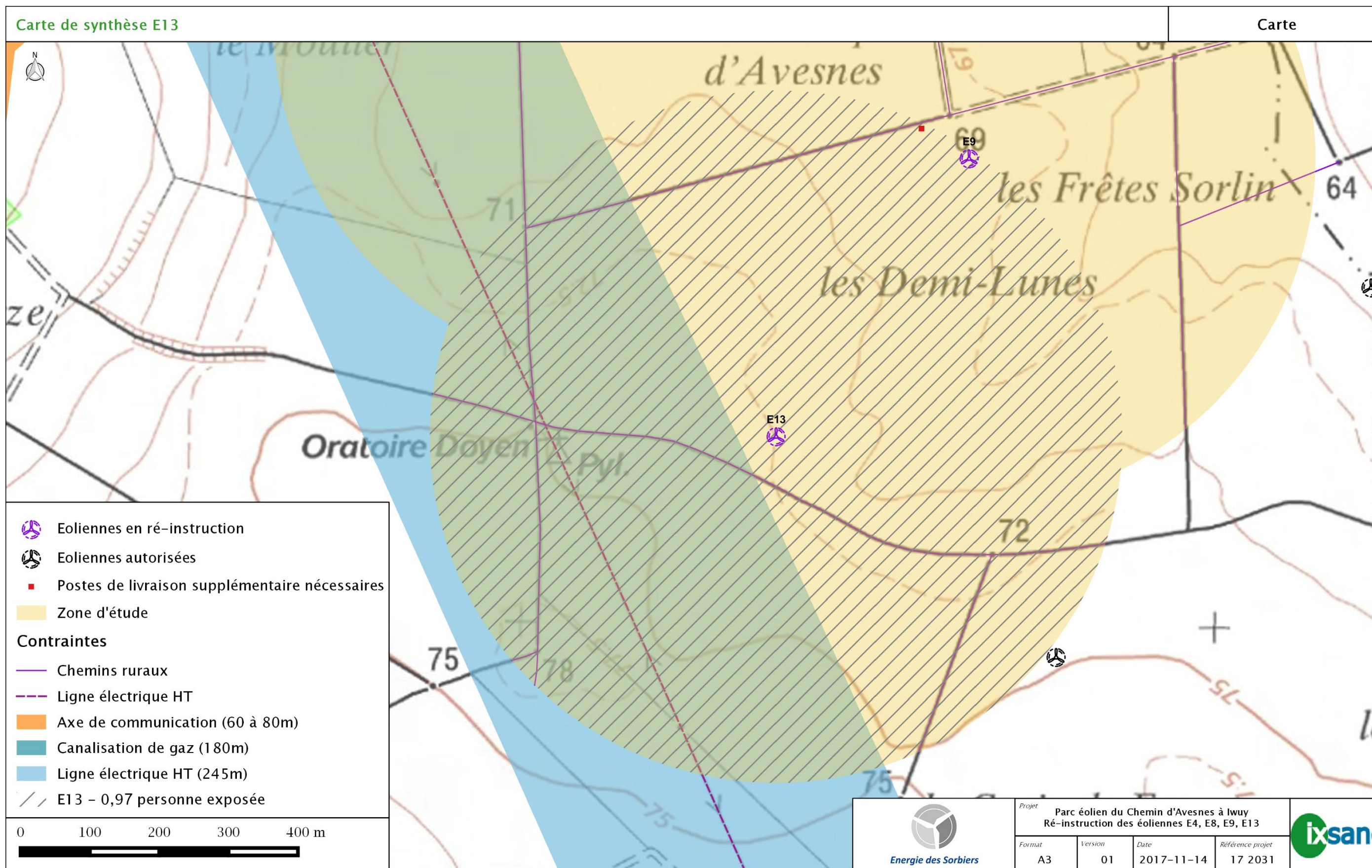
Carte 15 - Carte de synthèse éolienne E4



Carte 16 - Carte de synthèse éolienne E8



Carte 17 - Carte de synthèse éolienne E9



Carte 18 - Carte de synthèse éolienne E13

4 DESCRIPTION DE L'INSTALLATION

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

4.1 CARACTERISTIQUES DE L'INSTALLATION

4.1.1 Caractéristique générale d'un parc éolien

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

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

4.1.1.1 Eléments constitutifs d'un aérogénérateur

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

- **Le rotor** qui est composé de trois pales (pour la grande majorité des éoliennes actuelles) construites en matériaux composites et réunies au niveau du moyeu. Il se prolonge dans la nacelle pour constituer l'arbre lent.
- **Le mât** est généralement composé de 3 à 4 tronçons en acier. Dans la plupart des éoliennes, il abrite le transformateur qui permet d'élever la tension électrique de l'éolienne au niveau de celle du réseau électrique.
- **La nacelle** abrite plusieurs éléments fonctionnels :
 - Le générateur transforme l'énergie de rotation du rotor en énergie électrique ;
 - Le multiplicateur (certaines technologies n'en utilisent pas) ;
 - Le système de freinage mécanique ;
 - Le système d'orientation de la nacelle qui place le rotor face au vent pour une production optimale d'énergie ;
 - Les outils de mesure du vent (anémomètre, girouette),
 - Le balisage diurne et nocturne nécessaire à la sécurité aéronautique.

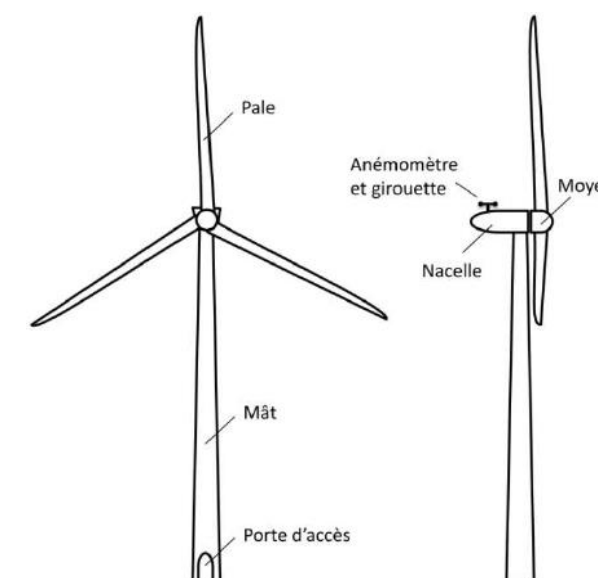


Figure 3 – Schéma simplifié d'un aérogénérateur

4.1.1.2 Emprise au sol

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

- **La surface de chantier** est une surface temporaire, durant la phase de construction, destinée aux manœuvres des engins et au stockage au sol des éléments constitutifs des éoliennes.
- **La fondation de l'éolienne** est recouverte de terre végétale. Ses dimensions exactes sont calculées en fonction des aérogénérateurs et des propriétés du sol.

- **La zone de surplomb ou de survol** correspond à la surface au sol au-dessus de laquelle les pales sont situées, en considérant une rotation à 360° du rotor par rapport à l'axe du mât.
- **La plateforme** correspond à une surface permettant le positionnement de la grue destinée au montage et aux opérations de maintenance liées aux éoliennes. Sa taille varie en fonction des éoliennes choisies et de la configuration du site d'implantation.

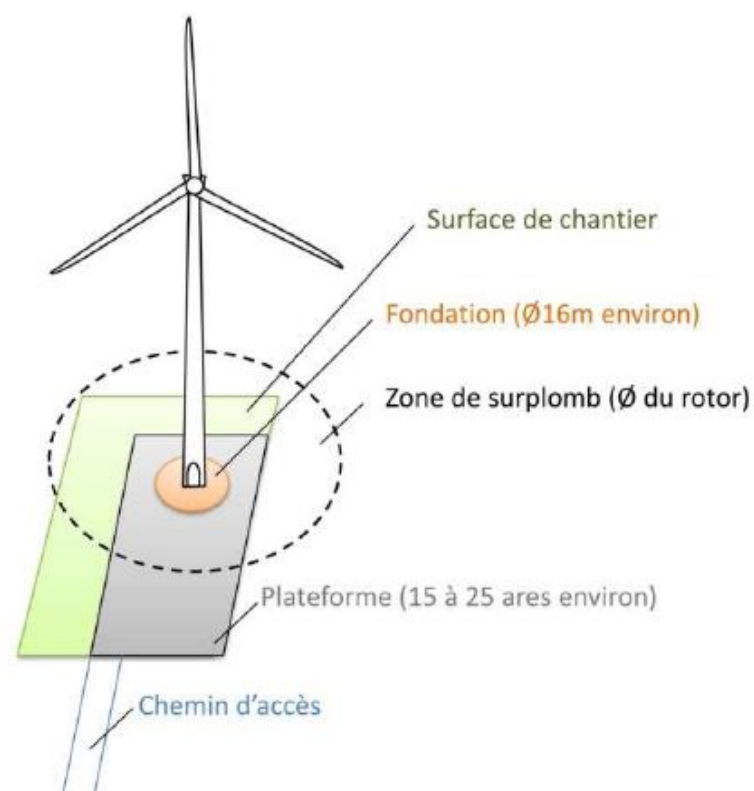


Figure 4 – Illustration des emprises au sol d'une éolienne

4.1.1.3 Chemin d'accès

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

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

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

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

Ces accès seront carrossables et permettront aux services d'incendie et de secours d'intervenir, comme le prévoit l'article 7 de l'arrêté du 26 août 2011 relatif aux installations éoliennes soumises à autorisation ICPE.

4.1.1.4 Autres infrastructures

Le raccordement électrique souterrain est le réseau de câbles interne au parc éolien. Il permet de diriger l'électricité produite par les éoliennes vers les postes de livraison.

Le raccordement électrique souterrain sera établi suivant les prescriptions de l'arrêté technique du 17 mai 2001 fixant les conditions techniques auxquelles doivent satisfaire les réseaux de distribution d'énergie électrique.

Les ouvrages seront conçus et réalisés suivant l'état de l'art, la réglementation et les normes en vigueur, notamment les normes NF C 15-100 (installations électriques basse tension), NF C 13-100 (postes de livraison), NF C 13-200 (installations électriques haute tension), NF C 33-226 (conception des câbles) et NF C 20-030 (protection contre les chocs électriques).

De même, suite au décret n° 2014-450 du 2 mai 2014 relatif à l'expérimentation d'une autorisation unique en matière d'installations classées pour la protection de l'environnement, le dossier d'Approbation du Projet d'Ouvrage (APO) doit être inclus au sein de l'étude de dangers.

4.1.2 Activités de l'installation

L'activité principale du parc éolien du Chemin d'Avesnes à Iwuy est la production d'électricité à partir de l'énergie mécanique du vent avec une hauteur (mât + nacelle) de l'ordre de 180 m pour des éoliennes de type Vestas V117 - 3,6 MW. Cette installation est donc soumise à la rubrique 2980 des installations classées pour la protection de l'environnement.

4.1.3 Composition de l'installation

Les dimensions caractéristiques du modèle d'aérogénérateur pressenti sont exposées dans le tableau ci-dessous. Le choix du modèle dépendra essentiellement des avancées technologiques au moment de la construction du parc éolien. Il s'agit du même modèle que les aérogénérateurs déjà autorisés :

<i>Hauteur de moyeu (H1)</i>	<i>Hauteur mât + Nacelle (H)</i>	<i>Hauteur totale en bout de pale (H2)</i>	<i>Diamètre de rotor (D)</i>	<i>Rayon du Rotor (R)</i>	<i>Largeur de mât (L)</i>	<i>Largeur de base de la pale (LB)</i>
116,5 m	118,3m	175,2m	117m	58,5m	4 m	4 m

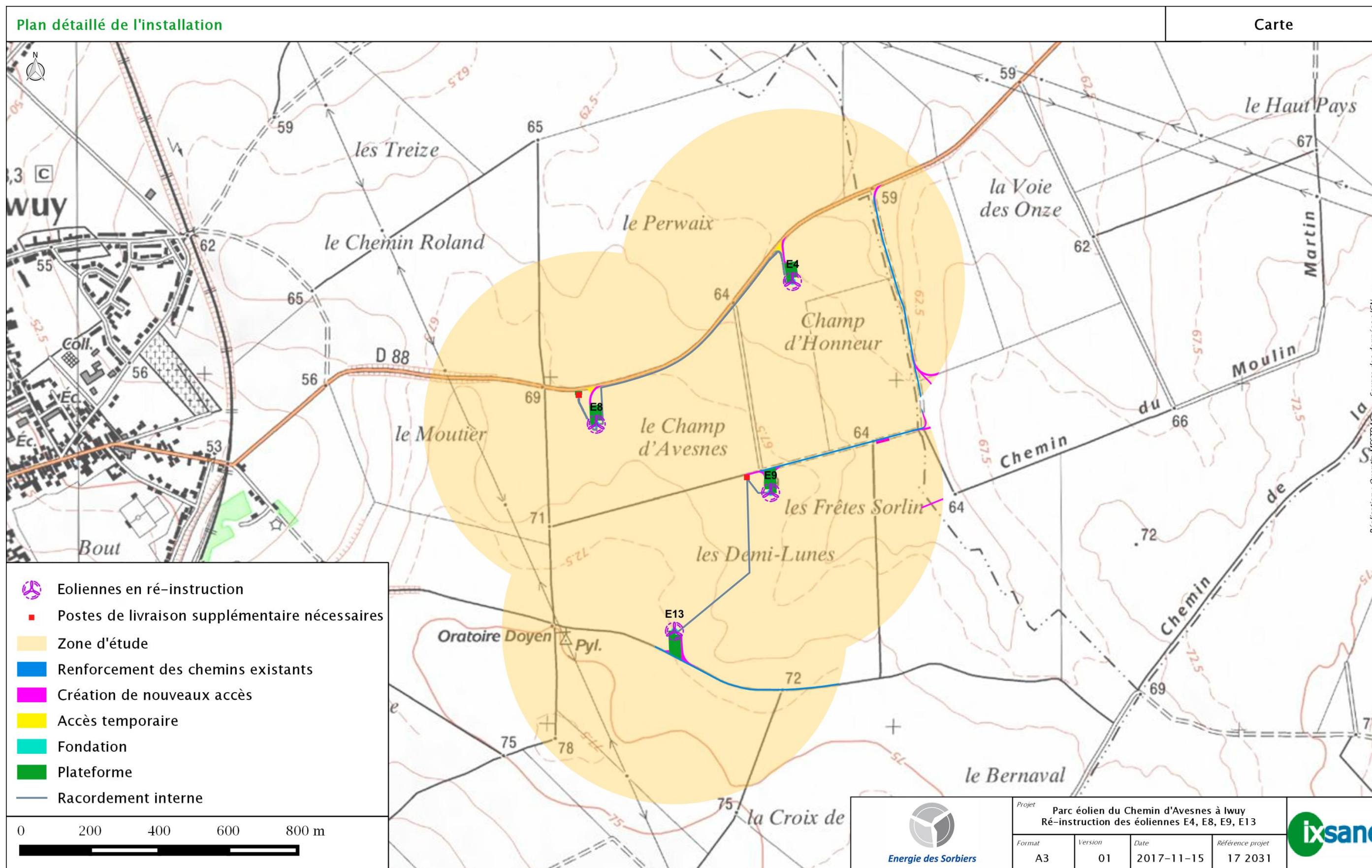
Tableau 5 – Caractéristiques de la Vestas V117 (source constructeur)

Le tableau suivant indique les coordonnées géographiques des aérogénérateurs et du poste de livraison (projection Lambert 93) :

Numéro de l'éolienne	Longitude (X)	Latitude (Y)	Altitude en mètres NGF
E4	725 397	7 015 321	62
E8	724 828	7 014 908	68
E9	725 333	7 014 710	68
E13	725 055	7 014 309	72
PL 5	724 767	7 014 995	68
PL 6	725 215	7 014 741	69

Tableau 6 – Coordonnées géographiques des éoliennes et des postes de livraison

La carte ci-dessous représente le plan détaillé des éoliennes réinstruites du parc éolien du Chemin d'Avesnes à Iwuy



Carte 19 - Plan détaillé de l'installation

4.2 FONCTIONNEMENT DE L'INSTALLATION

4.2.1 Principes de fonctionnement d'un aérogénérateur

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

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

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

Pour un aérogénérateur de 3 MW par exemple, la production électrique atteint 3000 kWh dès que le vent atteint environ 50 km/h. L'électricité produite par la génératrice correspond à un courant alternatif de fréquence 50 Hz avec une tension de 400 à 690 V. La tension est ensuite élevée jusqu'à 20 000 V par un transformateur placé dans chaque éolienne pour être ensuite injectée dans le réseau électrique public.

Lorsque la mesure de vent, indiquée par l'anémomètre, atteint des vitesses de plus de 90 km/h (variable selon le type d'éoliennes), l'éolienne cesse de fonctionner pour des raisons de sécurité. Deux systèmes de freinage permettront d'assurer la sécurité de l'éolienne :

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

Le tableau ci-contre expose de façon synthétique le découpage fonctionnel de l'installation.

Élément de l'installation	Fonction	Caractéristiques Vestas V117 – 3,3 MW à 3,6 MW
Fondation	Ancrer et stabiliser l'éolienne dans le sol	<p>Les fondations ont entre 3 et 5 mètres d'épaisseur pour un diamètre de l'ordre d'une vingtaine de mètres. Ceci représente une masse de béton d'environ 1 000 tonnes. Un insert métallique disposé au centre du massif sert de fixation pour la base de la tour. En zone de sismicité 2 un contrôle technique des fondations sera prévu à l'article R.111-38 du code de la construction.</p> <p>Cette structure doit répondre aux calculs de dimensionnement des massifs qui prennent en compte les caractéristiques suivantes :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Le type d'éolienne ; • La nature des sols ; • Les conditions météorologiques extrêmes ; • Les conditions de fatigue.
Mât	Supporter la nacelle et le rotor	<p>La tour des éoliennes (également appelée mât) est constituée de plusieurs sections tubulaires en acier, de plusieurs dizaines de millimètres d'épaisseur et de forme tronconique, qui sont assemblées entre elles par brides. Fixée par une bride à l'insert disposé dans le massif de fondation, la tour est autoportante.</p> <p>La hauteur de la tour, ainsi que ses autres dimensions, sont en relation avec le diamètre du rotor, la classe des vents, la topologie du site et la puissance recherchée.</p> <p>La tour a avant tout une fonction de support de la nacelle mais elle permet également le cheminement des câbles électriques de puissance et de contrôle et abrite :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Une échelle d'accès à la nacelle ; • Un élévateur de personnes ; • Une armoire de contrôle et des armoires de batteries d'accumulateurs (en point bas) ; • Les cellules de protection électriques.
Nacelle	Supporter le rotor Abriter le dispositif de conversion de l'énergie mécanique en électricité (génératrice, etc.) ainsi que les dispositifs de contrôle et de sécurité	<p>La nacelle se situe au sommet de la tour et abrite les composants mécaniques, hydrauliques, électriques et électroniques, nécessaires au fonctionnement de l'éolienne (voir figure ci-après).</p> <p>Elle est constituée d'une structure métallique habillée de panneaux en fibre de verre, et est équipée de fenêtres de toit permettant d'accéder à l'extérieur.</p> <p>Le système de refroidissement Vestas CoolerTop™ assure le refroidissement des principaux éléments de l'éolienne et sert également de support pour les balisages lumineux et les capteurs de vent (voir la photo ci-après). Ces capteurs à ultrasons mesurent en permanence la vitesse et la direction du vent.</p> <p>Une sonde de température extérieure est placée sous la nacelle et reliée au contrôle commande.</p> <p>La nacelle n'est pas fixée de façon rigide à la tour. La partie intermédiaire entre la tour et la nacelle constitue le système d'orientation, appelé « yaw system », permettant à la nacelle de s'orienter face au vent, c'est-à-dire de positionner le rotor dans la direction du vent (l'orientation du rotor est forcée).</p> <p>Le système d'orientation est constitué de plusieurs dispositifs motoréducteurs solidaires de la nacelle, dont les arbres de sortie</p>

DDAE – Volet Etude de dangers

		<p>comportent un pignon s'engrenant sur une couronne dentée solidaire de la tour. Ces dispositifs permettent la rotation de la nacelle et son maintien en position face au vent. La vitesse maximum d'orientation de la nacelle est de moins de 0,5 degrés par seconde soit environ une vingtaine de minutes pour faire un tour complet.</p> <p>Afin d'éviter une torsion excessive des câbles électriques reliant la génératrice au réseau public, il existe un dispositif de contrôle de rotation de la nacelle. Celle-ci peut faire 3 à 5 tours de part et d'autre d'une position moyenne. Au-delà, un dispositif automatique provoque l'arrêt de l'éolienne, le retour de la nacelle à sa position dite « zéro », puis la turbine redémarre.</p>
	Tension dans les armoires électriques	Entre 0 et 1 200 V
Rotor / pales	Capter l'énergie mécanique du vent et la transmettre à la génératrice	<p>Les rotors Vestas sont composés de trois pales fixées au moyeu via des couronnes à deux rangées de billes et double contact radial. La rotation du rotor permet de convertir l'énergie cinétique du vent en énergie mécanique. Elle est transmise à la génératrice via le multiplicateur.</p> <p>Les pales peuvent pivoter d'environ 90 degrés sur leur axe grâce à des vérins hydrauliques montés dans le moyeu. La position des pales est alors ajustée par un système d'inclinaison, appelé «Vestas Pitch System». Ainsi, les variations de vitesse de vents sont constamment compensées par l'ajustement de l'angle d'inclinaison des pales. Le « Vestas Pitch System » est conçu pour optimiser au maximum la production de l'éolienne.</p> <p>Dans le cas où la vitesse de vent devient trop importante, risquant d'amener une usure prématurée des divers composants ou de conduire à un emballement du rotor, le « Vestas Pitch System » ramène les pales dans une position où elles offrent le moins de prise au vent, dite « en drapeau », conduisant à l'arrêt du rotor (freinage aérodynamique). Ce système comprend également la présence d'accumulateurs hydropneumatiques disposés au plus près des vérins. Ces accumulateurs permettent, même en cas de perte du système de contrôle, de perte d'alimentation électrique ou de défaillance du système hydraulique, de ramener les pales en drapeau. Chaque pale est indépendante et équipée de son propre pitch system afin de garantir un calage continu même en cas de dysfonctionnement du contrôle commande.</p> <p>Plusieurs notions caractérisent les pales :</p> <ul style="list-style-type: none"> • La longueur, fonction de la puissance désirée ; • La corde (largeur maximale), fonction du couple nécessaire au démarrage et de celui désiré en fonctionnement ; • Les matériaux, fonction de la résistance souhaitée. <p>La géométrie de la pale est légèrement vrillée autour de son axe longitudinal pour un meilleur rendement.</p>
Multiplicateur	Multiplier la vitesse de rotation issue de l'arbre lent	Le rotor est directement relié à un arbre de transmission appelé « arbre lent ». Cet arbre, qui tourne à la vitesse du rotor est connecté au multiplicateur. Le multiplicateur (Gearbox) permet de multiplier la vitesse de rotation d'un facteur compris entre 100 et 120 selon les modèles, de telle sorte que la vitesse de sortie (« arbre rapide ») est

		<p>d'environ 1500 tours par minute.</p> <p>Le dispositif de transmission entre l'arbre rapide et la génératrice (coupling) est un dispositif flexible, réalisé en matériau composite afin de compenser les défauts d'alignement mais surtout afin de constituer une zone de moindre résistance et de pouvoir rompre en cas de blocage d'un des deux équipements.</p> <p>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.</p>
Générateur et transformateur	<p>Produire de l'énergie électrique à partir d'énergie mécanique</p> <p>Elever la tension de sortie de la génératrice avant l'acheminement du courant électrique par le réseau</p>	<p>Les éoliennes sont équipées d'un système générateur/transformateur fonctionnant à vitesse variable (et donc à puissance mécanique fluctuante).</p> <p>Le générateur est ici de type synchrone délivrant un courant alternatif sous 710 V à vitesse nominale. Un système de conversion appelé « Grid Streamer™ converter » permet d'assurer la régulation du fonctionnement du générateur et la qualité du courant produit. Il permet d'alimenter le transformateur élévateur de tension en courant alternatif 50 Hz sous 650 V.</p> <p>Cette tension est élevée jusqu'à 20000 V par un transformateur sec, puis régulée par des dispositifs électroniques de façon à pouvoir être compatible avec le réseau public. Le transformateur est localisé dans une pièce fermée à l'arrière de la nacelle.</p> <p>Un câble relie ensuite la nacelle et les cellules de protection du réseau, disposées dans une armoire en partie basse de la tour. Il s'agit de cellules à isolation gazeuse (SF6) qui permettent une séparation électrique de l'éolienne par rapport aux autres machines du champ éolien en cas d'anomalie (court-circuit, surtension, défaut d'isolement, ...).</p> <p>Le refroidissement du générateur et du dispositif de conversion est effectué par une boucle d'eau.</p>
Connexion au réseau électrique public	Adapter les caractéristiques du courant électrique à l'interface entre le réseau privé et le réseau public	<p>Les éoliennes d'un même champ éolien sont ensuite raccordées au réseau électrique de distribution (ERDF ou régies) ou de transport (RTE) via un ou plusieurs postes de livraison. Ces postes font ainsi l'interface entre les installations et le réseau électrique.</p> <p>Chaque poste est équipé d'appareils de comptage d'énergie indiquant l'énergie soutirée au réseau mais également celle injectée. Il comporte aussi la protection générale dont le but est de protéger les éoliennes et le réseau inter-éolien en cas de défaut sur le réseau électrique amont.</p> <p>Les liaisons électriques entre éoliennes et poste(s) de livraison sont assurées par des câbles souterrains.</p> <p>La tension dans les câbles souterrains est de 20 kV. Les tensions dans le poste de livraison sont de 20 kV et 230 V pour l'éclairage et les prises.</p>

Tableau 7 – Présentation des différentes composantes de l'installation

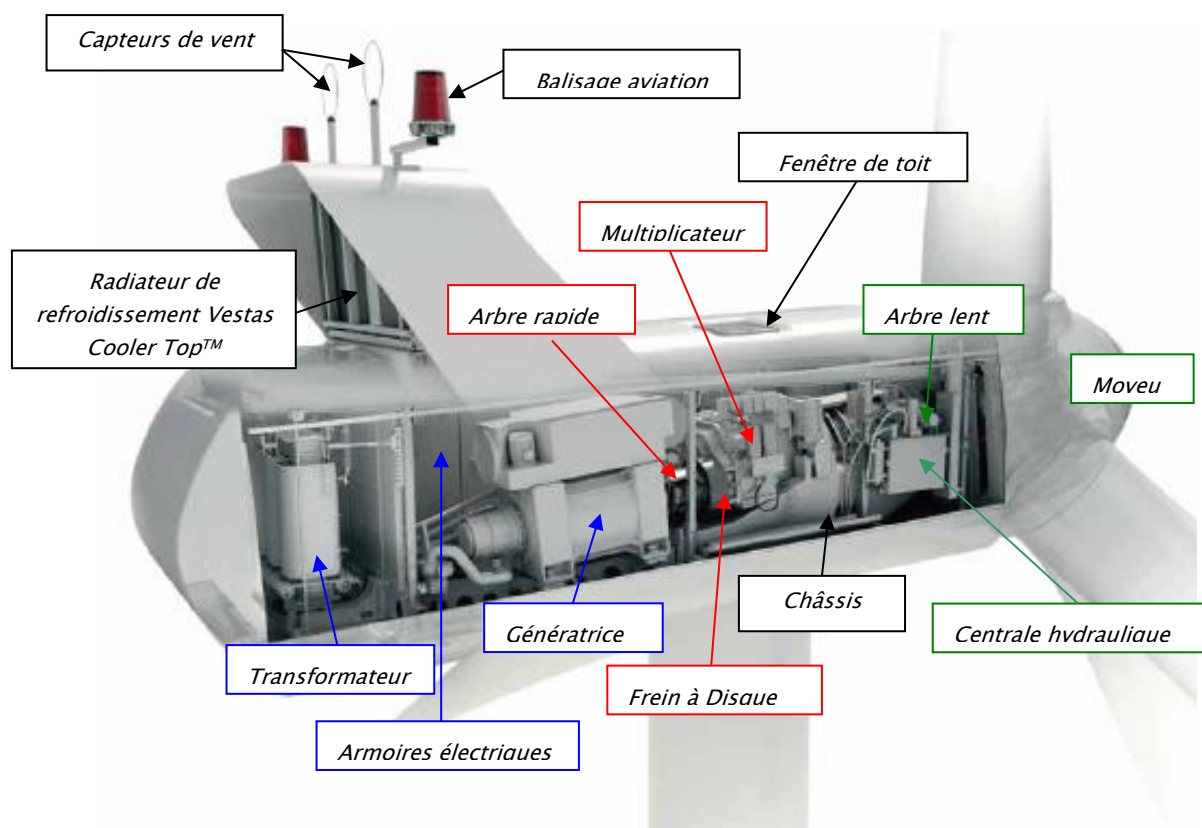


Figure 5 – Composants de la nacelle

4.2.2 Sécurité de l'installation

L'objectif de ce paragraphe est de montrer que l'installation respecte la réglementation en vigueur en matière de sécurité.

En particulier, l'installation est conforme aux prescriptions de l'arrêté ministériel relatif aux installations soumises à autorisation au titre de la rubrique 2980 des installations classées relatives à la sécurité de l'installation (voir tableau ci-après).

La description des différents systèmes de sécurité de l'installation sera effectuée au stade de l'analyse préliminaire des risques, dans la partie VII.6 de l'étude de dangers.

4.2.2.1 Respect des principales normes applicables à l'installation

La liste des codes et standards appliqués pour la construction des éoliennes Vestas, présentée ci-après, n'est pas exhaustive (il y a en effet des centaines de standards applicables). Seuls les principaux standards sont présentés ci-dessous.

- La norme IEC61400-1 intitulée « Exigence pour la conception des aérogénérateurs » fixe les prescriptions propres à fournir « un niveau approprié de protection contre les dommages résultant de tout risque durant la durée de vie » de l'éolienne. Ainsi, la nacelle, le nez, les fondations et la tour répondent au standard : IEC61400-1. Les pales respectent le standard IEC61400-1 ; 12 ; 23.
- La génératrice est construite suivant le standard IEC60034.
- La conception du multiplicateur répond aux règles fixées par la norme ISO81400-4.
- La protection foudre de l'éolienne répond au standard IEC61400-24 et aux standards non spécifiques aux éoliennes comme IEC62305-1, IEC62305-3 et IEC62305-4.
- Les éoliennes Vestas répondent aux réglementations qui concernent les ondes électromagnétiques, notamment la Directive 2004/108/EC du 15 décembre 2004.
- Les éoliennes Vestas sont protégées contre la corrosion due à l'humidité de l'air. Le traitement anticorrosion des éoliennes répond à la norme ISO 12944.

	Partie extérieure	Partie intérieure
Nacelle Vestas	C5	Minimum C3
Moyeu	C5	C3
Tour	C4	C3

Les divers types de éoliennes font l'objet d'évaluations de conformité (tant lors de la conception que lors de la construction), de certifications de type (certifications de conformité CE) par un organisme agréé et de déclarations de conformité aux standards et directives applicables.

4.2.2.2 Nature et organisation des moyens de secours

DDAE – Volet Etude de dangers

Il est essentiel que le parc éolien du Chemin d'Avesnes à Iwuy soit connu, localisé et que les procédures appropriées aient été définies par les services de secours concernés. C'est suite à l'obtention du permis de construire et de l'autorisation d'exploiter que l'exploitant du parc prend contact avec les services de secours, et utilise la fiche de renseignement ci-dessous qui propose un menu d'informations à mettre à disposition du service de secours.

Annexe Fiche GT sécurité N°1 : Intervention des services de secours			
N°	Renseignements	Utiles aux services de secours	
		OUI	NON
Demander aux services de secours si ils veulent avoir :			
1	Le nom du parc		
2	Les plan d'accès, cartes avec chemin d'accès surlignés		
3	Les coordonnées géographiques (WGS84 / Lambert) de chaque machine + poste de livraison		
4	Les N° des machines + postes (N° constructeurs avec la correspondance avec les N° exploitant)		
5	Le N° de téléphone de l'astreinte technique de l'exploitant (chargé de conduite)		
6	La hauteur du moyeu		
7	La hauteur du mât		
8	La définition d'un périmètre de sécurité en cas de besoin (350 à 500 m)		
9	La localisation et l'intensité des différentes sources de tension (plan, schéma, ...)		
10	La localisation des postes de livraison / de transformation		
11	La présence de SF6 ou non dans les transformateurs (ou de toutes autres substance dangereuse)		
12	Le type de transformateur : sec ou à bain d'huile		
13	Les systèmes antichutes et EPI généraux en place		
14	Le nombre et la hauteur des différents paliers		
15	Le N° du Point de Secours Public (si présent)		
16	La présence de panneautage ou non + localisation sur plan		
17	Un plan d'évacuation de la machine avec sorties d'urgence pour l'évacuation		
18	Points d'ancrage		
19	La localisation sur plan de l'alimentation BT / HT + des arrêts d'urgence		
20	Le système d'ouverture des portes (et la nécessité ou non d'utiliser des outils spécifiques pour l'ouverture)		
21	Leur demander si un véhicule de désincarcération doit être demandé spécifiquement en cas de nécessité d'intervention		
Nombre total de document à fournir aux services de secours =			
QUESTIONS SUPPLEMENTAIRES IMPORTANTES		OUI	NON
22	Avez-vous besoin d'autres informations ? Si oui, lesquelles ?		
23	Est il possible d'organiser des exercices / simulation d'évacuation d'urgence / d'incendie avec vos services ?		
24	Est il possible de venir vous rencontrer directement dans votre centre de dispatching des appels d'urgence / Centre d'Appel Téléphonique (C.A.T) afin d'établir un contact et de vous communiquer la documentation de prévention déployée sur le parc ?		
INFORMATIONS UTILES A COMMUNIQUER AUX SERVICES DE SECOURS			
Les services de secours n'ont pas de manipulation à faire dans la machine qui devrait être déjà en sécurité s'ils doivent faire du secours à personne dans la mesure où une machine doit être arrêtée et sécurisée avant que quiconque ne puisse y pénétrer.			
Il est possible de couper tout le parc en le demandant à ERDF en dernier recours => <i>indiquer ici les coordonnées de l'exploitant qui peut demander la coupure au gestionnaire de réseau</i>			

Figure 6 – Fiche de sécurité d'intervention des secours

Les conditions d'intervention et les pratiques demandées par les services de secours se décomposent comme suit :

• **Accès au parc**

- La localisation doit être impérativement communiquée au début des travaux de construction du parc éolien.
- Afin de faciliter l'accès au parc et de réduire le temps d'intervention, des mesures pratiques sont définies avec les services de secours. Elles peuvent être à titre d'exemple
 - ✓ Demander la création d'un Point de Secours Public (PSP) ;
 - ✓ Indiquer l'emplacement des installations par un marquage important et visible de loin sur chaque machine ;
 - ✓ Installer des panneaux indicatifs aux croisements des routes départementales et des chemins d'accès aux installations.

• **Accès aux machines**

- Par mesure de sécurité, l'exploitant du parc éolien ferme à clef la porte d'entrée de l'éolienne lors de toute intervention du personnel. Afin de réduire le temps d'intervention, les approches suivantes peuvent être mises en place comme par exemple :
 - ✓ Mettre les clés à disposition en partie basse (dans les véhicules d'intervention) ;
 - ✓ Fournir un double de clés passe partout au centre de secours le plus proche.

• **Accès à la nacelle**

- Les services de secours ont toujours à leur disposition leur propre matériel d'intervention pour l'utilisation duquel ils sont formés.
- Cependant, en fonction du constructeur et du type de machine pour la construction du parc, il se peut que le sac de matériel ne passe pas les trappes intermédiaires et/ou la nacelle/ le hub. Il faudra donc faire un exercice d'entraînement avec les services de secours dans un délai raisonnable suivant la mise en service du parc. Le mode d'emploi du palan/treuil pour monter le matériel de sauvetage dans la nacelle sera communiqué aux services de secours.
- Les points suivants sont également renseignés et agréés avec les services de secours concernés :
 - ✓ Mise à disposition d'un sac d'Equipement de Protection Individuel complet (à leur remettre directement ou bien à laisser à demeure en machine ou au poste de livraison) ;
 - ✓ Mise à disposition de chariots antichute adaptés aux lignes de vie installées en machine.

- ✓ Communication aux services de secours des manuels/ consignes d'utilisation des élévateurs de charges et de personnes, des treuils et palans ainsi que ceux de tout EPI mis à leur disposition.

• **Simulation d'intervention et exercices d'évacuation**

- Un exercice d'évacuation et de simulation d'intervention est organisé avec les services de secours concernés dans un délai de 6 mois à 1 an suivant la mise en service industrielle du parc éolien (cette demande sera formalisée par l'intermédiaire de la fiche de sécurité ci jointe). Pour cela, une éolienne du parc sera mise à disposition.
- Des exercices périodiques sont organisés entre les services de secours et l'exploitant du parc.

Le parc éolien du Chemin d'Avesnes à Iwuy est sous la responsabilité des groupements territoriaux région 4 (Avesnes / Valenciennes) et région 5 (région Douaisis, Cambrésis). Le centre d'incendie et de secours le plus proche du site est celui d'Iwuy.



Figure 7 – SDIS groupement 5

4.2.2.3 Consignes et procédures de sécurité

La présente étude de danger se concentre essentiellement sur les dangers et les accidents potentiels que le parc éolien du Chemin d'Avesnes à Iwuy pourrait causer à des tiers. Par contre, il est essentiel que préalablement à cette problématique, les aérogénérateurs présélectionnés assurent la sécurité des personnels intervenant dans les machines. C'est pourquoi, pour la Vestas V117 il existe 3 niveaux de prévention et de sécurité.

- **Procédure de sécurité et d'urgence**

Tous les aérogénérateurs ont un système d'étiquetage des dangers dans les nacelles et les mâts des éoliennes. Cet étiquetage prévient les risques de chutes, d'écrasement d'électrocution et d'incendie dans les machines. De plus, chaque machine est pourvue d'un plan d'évacuation, d'une trousse de premiers secours et d'un panneau indiquant les numéros et lieux des médecins, hôpitaux et urgences les plus proches ainsi que le numéro de la personne responsable à appeler en cas d'urgence.

- **Utilisation et entretien des machines**

Toutes les machines disposent d'un manuel d'utilisation dans chacune des machines indiquant le fonctionnement de l'éolienne et des divers équipements annexes la composant (monte-charge, treuil, ..). De plus, un manuel de maintenance ou guide d'entretien des machines détaillant la nature et la périodicité des travaux de maintenance est également à disposition dans chacune des machines. Enfin, un carnet de visite (log book) est à disposition dans chaque machine. Celui-ci doit être rempli et complété par chaque personne entrant et intervenant dans la machine avec les informations suivantes :

- Heure d'entrée ;
- Heure de sortie ;
- Nature de l'intervention ;
- Matériel utilisé.

- **Consignes de sécurité**

Chaque turbinier met à disposition de l'exploitant un manuel Sécurité Santé au Travail. De plus, lors de la mise en service industrielle du parc, un plan de prévention est mis à disposition par l'exploitant et doit être signé et pris en compte par toute entreprise extérieure intervenant dans les turbines.

4.2.3 Opérations de maintenance de l'installation

4.2.3.1 Conduite du système

Les éoliennes sont des équipements de production d'énergie qui sont disposés à l'écart des zones urbanisées et qui ne nécessitent pas de présence permanente de personnel. Bien que certaines opérations nécessitent des interventions sur site, les éoliennes Vestas sont surveillées et pilotées à distance. Pour cela, les installations Vestas sont équipées d'un système SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) qui permet le pilotage à distance à partir des informations fournies par les capteurs. Les parcs éoliens sont ainsi reliés à des centres de télésurveillance permettant le diagnostic et l'analyse de leur performance en permanence, ainsi que certaines actions à distance. Ce dispositif assure la transmission de l'alerte en temps réel en cas de panne ou de simple dysfonctionnement.

Il permet également de relancer aussitôt les éoliennes si les paramètres requis sont validés et les alarmes traitées. C'est notamment le cas lors des arrêts de l'éolienne par le système normal de commande (en cas de vent faible, de vent fort, de température extérieure trop élevée ou trop basse, de perte du réseau public,...).

Par contre, en cas d'arrêt lié à un déclenchement de capteur de sécurité (déclenchement VOG, déclenchement détecteur d'arc électrique, température haute, pression basse huile, ...), une intervention humaine sur l'éolienne est nécessaire pour examiner l'origine du défaut avant de pouvoir relancer un démarrage.

En cas d'intervention, des équipes de techniciens sont réparties sur le territoire afin de pouvoir réagir rapidement. Les interventions sont toujours réalisées par une équipe d'au moins deux personnes.

Afin d'assurer la sécurité des équipes intervenantes, un dispositif de prise de commande locale de l'éolienne est disposé en partie basse de la tour. Ainsi, lors des interventions sur l'éolienne, les opérateurs basculent ce dispositif sur « commande locale » ce qui interdit toute action pilotée à distance.

Toute intervention dans le rotor n'est réalisée qu'après le blocage mécanique de celui-ci.

Des dispositifs de consignation électrique sont répartis sur l'ensemble des éléments électriques afin de pouvoir isoler certaines parties et protéger ainsi le personnel intervenant.

Au-delà de certaines vitesses de vent, les interventions sur les équipements ne sont pas autorisées.

4.2.3.2 Formation des personnels

Les personnels intervenant sur les éoliennes, tant pour leur montage, que pour leur maintenance, sont des personnels Vestas, formés au poste de travail et informés des risques présentés par l'activité.

Toutes les interventions (pour montage, maintenance, contrôles) font l'objet de procédures qui définissent les tâches à réaliser, les équipements d'intervention à utiliser et les mesures à mettre en place pour limiter les risques d'accident. Des check-lists sont établies afin d'assurer la traçabilité des opérations effectuées.

4.2.3.3 Entretien préventif du matériel

La liste des opérations à effectuer sur les diverses machines ainsi que leur périodicité est définie par des procédures. Les principaux contrôles effectués sont présentés ci-après.

Composants	Opérations
Etat 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

Inspection après 3 mois de fonctionnement

	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 8 – Vérifications périodiques

**Ces vérifications sont effectuées au bout de trois mois, puis d'un an de fonctionnement, puis tous les trois ans, conformément à l'arrêté du 26 août 2011.*

Ces opérations de maintenance courante seront répétées lors de l'inspection après la première année de fonctionnement, puis régulièrement selon le calendrier de maintenance.

Les opérations de maintenance supplémentaires sont présentées ci-après.

Composants	Opérations
Moyeu	Vérification de l'état de la fibre de verre Vérification des joints d'étanchéité Vérification de la fonctionnalité des trappes d'accès et de leurs verrous
Pales	Vérification des tubes de graissage et du bloc de distribution de graisse Vérification du niveau de graisse dans les collecteurs de graisse et remplacement s'ils sont pleins Remplissage du distributeur de graisse
Système de transfert de courant foudre Moyeu / nacelle	Vérification du câble connectant les bandes anti-foudre Vérification des amortisseurs d'usure Vérification des bandes anti-foudre
Système d'inclinaison des pales (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)

Inspection après chaque année de fonctionnement

	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

Tableau 9 – Vérifications annuelles

4.2.3.4 Contrôles réglementaires périodiques

Les contrôles réglementaires concernent les installations électriques, les équipements et accessoires de levage ou les équipements sous pression (accumulateurs hydropneumatiques). Ils sont réalisés par des organismes agréés.

Le matériel incendie est contrôlé périodiquement par le fabricant du matériel ou un organisme extérieur.

4.2.3.5 Maintenance curative

Il s'agit des opérations de maintenance réalisées suite à des défaillances de matériels ou d'équipements (ex : remplacement d'un capteur défaillant, ajout de liquide de refroidissement faisant suite à une fuite, ...). Ces opérations sont faites à la demande, dès détection du dysfonctionnement, de façon à rendre l'équipement à nouveau opérationnel.

4.2.3.6 Prise en compte du retour d'expérience

Dans l'organisation Vestas, chaque incident ou défaillance est remonté systématiquement via un rapport détaillé dans une base de données générale. Toutes ces informations sont utilisées dans le cadre d'un processus d'amélioration continue.

Ainsi, les principaux axes d'amélioration ont porté sur :

- La mise en sécurité de la machine lors de vents violents ;
- Une meilleure gestion du risque d'incendie de la nacelle ;
- L'amélioration des dispositifs de protection contre les effets de la foudre ;
- La recherche de solutions pour limiter les effets de la formation de glace ou d'accumulation de neige ;
- L'étude de solutions visant à limiter les contraintes sur les équipements, qui peuvent accélérer l'usure et le vieillissement de ces équipements.

4.2.4 Stockage et flux de produits dangereux

Conformément à l'article 16 de l'arrêté du 26 août 2011, aucun matériel inflammable ou combustible ne sera stocké dans les éoliennes du parc du Chemin d'Avesnes à Iwuy.

De plus, une fiche « données / Sécurité » de chaque produits dangereux est fournie par les constructeurs.

4.2.5 Fonctionnement des réseaux de l'installation

Dans la carte de présentation de l'ensemble de l'installation, l'organisation de l'installation (câbles électriques enterrés) est exposée et ce réseau électrique respecte les normes ICPE en vigueur.

4.2.5.1 Raccordement électrique

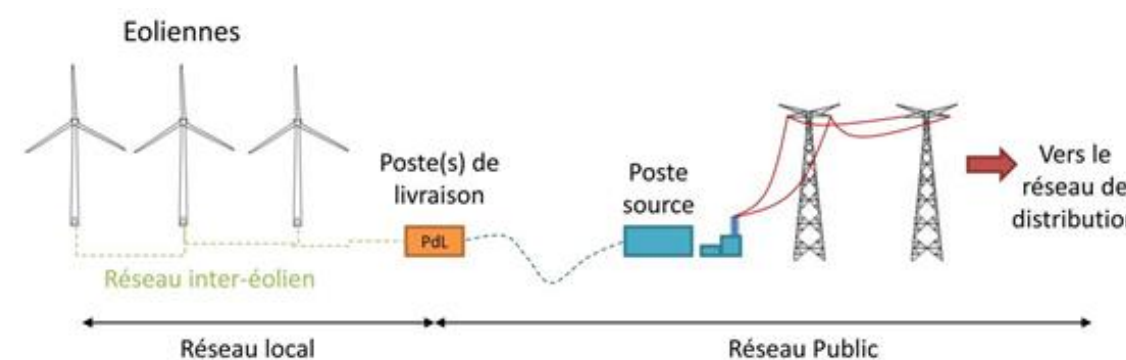


Figure 8 – Raccordement électrique des installations

- **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.

Ces câbles, dont la section en aluminium est de 150 ou 240 mm², constituent le réseau interne de la centrale éolienne et sont conçus suivant la norme NFC 33-226. Ils sont tous enfouis à une profondeur minimale de 80 cm conformément à la norme NFC 13-200.

- **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. Certains parcs éoliens, par leur taille, peuvent posséder plusieurs postes de livraison, voire se raccorder directement sur un poste source, qui assure la liaison avec le réseau de transport d'électricité (lignes haute tension).

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

Les installations électriques du poste de livraison sont conformes à la norme NFC 13-100.

Dans le cas de la réinstructio n des éoliennes E4, E8, E9 et E13 du projet du Chemin d'Avesnes à Iwuy, l'installation de deux postes de livraison supplémentaire sera nécessaire.

- **Réseau électrique externe**

Le réseau électrique externe relie le ou les postes de livraison avec le poste source (réseau public de transport d'électricité). Ce réseau est réalisé par le gestionnaire du réseau de distribution (généralement ERDF- Électricité Réseau Distribution France). Il est lui aussi entièrement enterré.

4.2.5.2 Autres réseaux

Le parc éolien du Chemin d'Avesnes à Iwuy 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.

5 IDENTIFICATION DES POTENTIELS DE DANGERS DE L'INSTALLATION

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

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

5.1 POTENTIELS DE DANGERS LIES AUX PRODUITS

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

Les produits identifiés dans le cadre du parc éolien du Chemin d'Avesnes à Iwuy 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, etc.), qui une fois usagés sont traités en tant que déchets industriels spéciaux ;
- Produits de nettoyage et d'entretien des installations (solvants, dégraissants, nettoyants, etc.) et les déchets industriels banals associés (pièces usagées non souillées, cartons d'emballage, etc.).

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 ou les postes de livraison.

5.1.1 INVENTAIRE DES PRODUITS

Les substances ou produits chimiques mis en œuvre dans l'installation sont limités. Les seuls produits présents en phase d'exploitation des turbines Vestas sont :

- L'huile hydraulique (circuit haute pression) dont la quantité présente est de l'ordre de 250 litres est l'huile Texaco Rando WM 32 ;
- L'huile de lubrification du multiplicateur dont la quantité présente est de l'ordre de 400 litres est l'huile Mobil Gear SHC XMP 320 ;
- L'eau glycolée (mélange d'eau et d'éthylène glycol), qui est utilisée comme liquide de refroidissement, dont le volume total de la boucle est d'environ 400 litres) ;
- Les graisses pour les roulements et systèmes d'entrainements ;

- L'hexafluorure de soufre (SF6), qui est le gaz utilisé comme milieu isolant pour les cellules de protection électrique. La quantité présente varie entre 1,5 kg et 2,2 kg suivant le nombre de caissons composant la cellule.

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

5.1.2 DANGERS DES PRODUITS

5.1.2.1 Inflammabilité et comportement vis à vis de l'incendie

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

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

Le SF6 est pour sa part ininflammable.

5.1.2.2 Toxicité pour l'homme

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

5.1.2.3 Dangérosité pour l'environnement

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

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

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

Ainsi, les produits utilisés ne sont pas retenus comme source potentielle de danger pour le parc éolien du Chemin d'Avesnes à Iwuy.

5.2 POTENTIELS DE DANGERS LIES AU FONCTIONNEMENT DE L'INSTALLATION

Les dangers liés au fonctionnement du parc éolien du Chemin d'Avesnes à Iwuy sont de cinq types :

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

Ces dangers potentiels sont recensés dans le tableau suivant :

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

Tableau 10 – Liste des dangers potentiels identifiés dans le cadre du fonctionnement d'un parc éolien

5.3 REDUCTION DES POTENTIELS DE DANGERS A LA SOURCE

5.3.1 Principales actions préventives

5.3.1.1 Choix de l'emplacement des installations et du modèle d'éolienne

Les éoliennes sont situées au centre d'une plaine agricole, à plus de 960 m des habitations situées aux abords. L'environnement immédiat jusqu'à une hauteur de chute de chaque éolienne est constitué principalement de terrains agricoles et de voies de communication peu fréquentées. La fréquentation liée aux activités agricoles ne représentera qu'une faible fréquentation du site. De plus, l'implantation s'éloigne au maximum des chemins agricoles et des voies communales, pour éviter le plus possible le survol par les pales. Plusieurs expertises ont été réalisées (Cf. Etude d'impact, expertises acoustique et visuelle) afin de choisir un modèle adapté à ce projet.

Ces modèles d'aérogénérateurs sont en conformité avec la réglementation ICPE en associant puissance et efficacité acoustique.

L'ensemble de ces caractéristiques garantit une sécurité optimale de l'installation.

5.3.1.2 Choix des caractéristiques des éoliennes

Les caractéristiques de l'éolienne V117 sont adaptées au régime de vent sur le site.

<i>Hauteur de moyeu (H1)</i>	<i>Hauteur mât + Nacelle (H)</i>	<i>Hauteur totale en bout de pale (H2)</i>	<i>Diamètre de rotor (D)</i>	<i>Rayon du Rotor (R)</i>	<i>Largeur de mât (L)</i>	<i>Largeur de base de la pale (LB)</i>
116,5 m	118,3m	175,2m	117m	58,5m	4 m	4 m

Tableau 11 – Caractéristiques de la Vestas V117 (source constructeur)

5.3.1.3 Substitution des produits par des produits moins dangereux et réduction des quantités

Les produits présents sur chaque éolienne (huile, fluide de refroidissement) sont des produits classiques utilisés dans ce type d'activité.

Ils ne présentent pas de caractère dangereux marqué et les quantités mises en œuvre sont adaptées aux volumes des équipements.

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.

5.3.2 Utilisation des meilleurs techniques disponibles

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

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

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

6 ANALYSE DES RETOURS D'EXPERIENCE

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

L'analyse des retours d'expérience vise donc ici à faire émerger des typologies d'accident rencontrés tant au niveau national qu'international. Ces typologies apportent un éclairage sur les scénarios les plus rencontrés. D'autres informations sont également utilisées dans la partie 8 pour l'analyse détaillée des risques.

6.1 INVENTAIRE DES ACCIDENTS ET INCIDENTS EN FRANCE

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

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

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

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

Dans l'état actuel, la base de données élaborée par le groupe de travail de SER/FEE ayant élaboré le guide technique d'élaboration de l'étude de dangers dans le cadre des parcs éoliens apparaît comme représentative des incidents majeurs ayant affecté le parc éolien français depuis l'année 2000. L'ensemble de ces sources permet d'arriver à un inventaire aussi complet

que possible des incidents survenus en France. Un total de 37 incidents a pu être recensé entre 2000 et début 2012 (voir tableau détaillé en annexe).

Ce tableau de travail a été validé par les membres du groupe de travail précédemment mentionné.

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

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

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

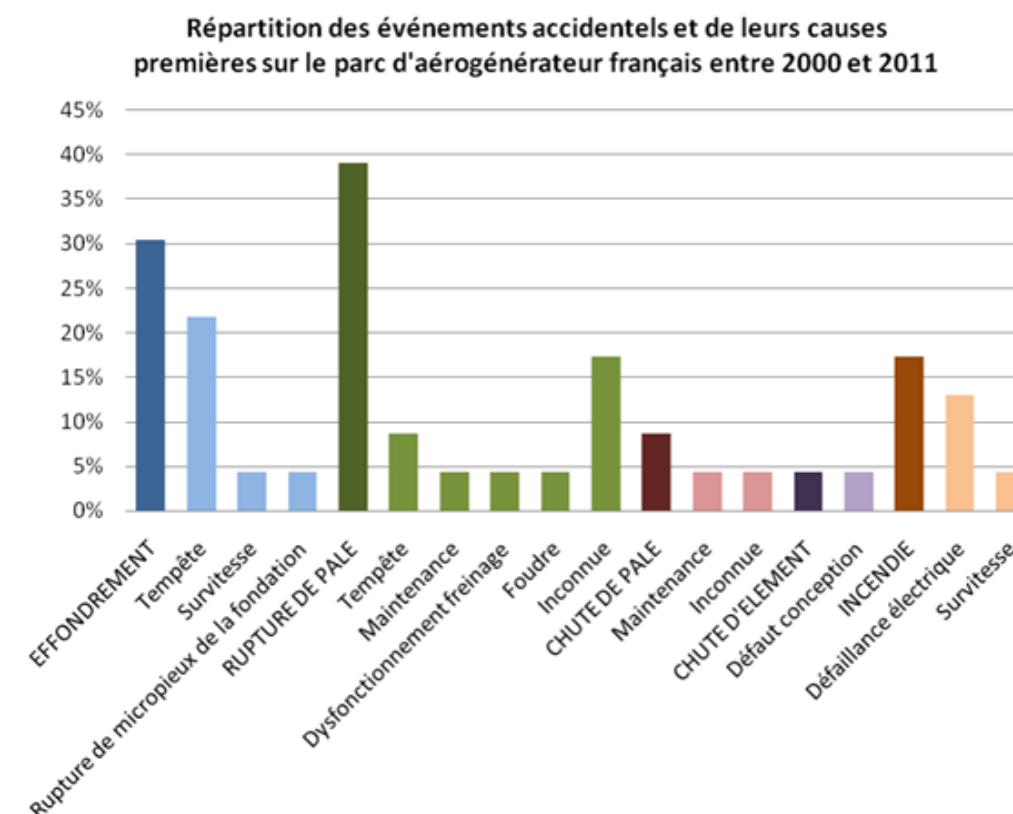


Figure 9 – Répartition des événements accidentels sur les parcs éoliens français entre 2000 et 2011

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

6.2 INVENTAIRE DES ACCIDENTS ET INCIDENTS A L'INTERNATIONAL

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

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

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

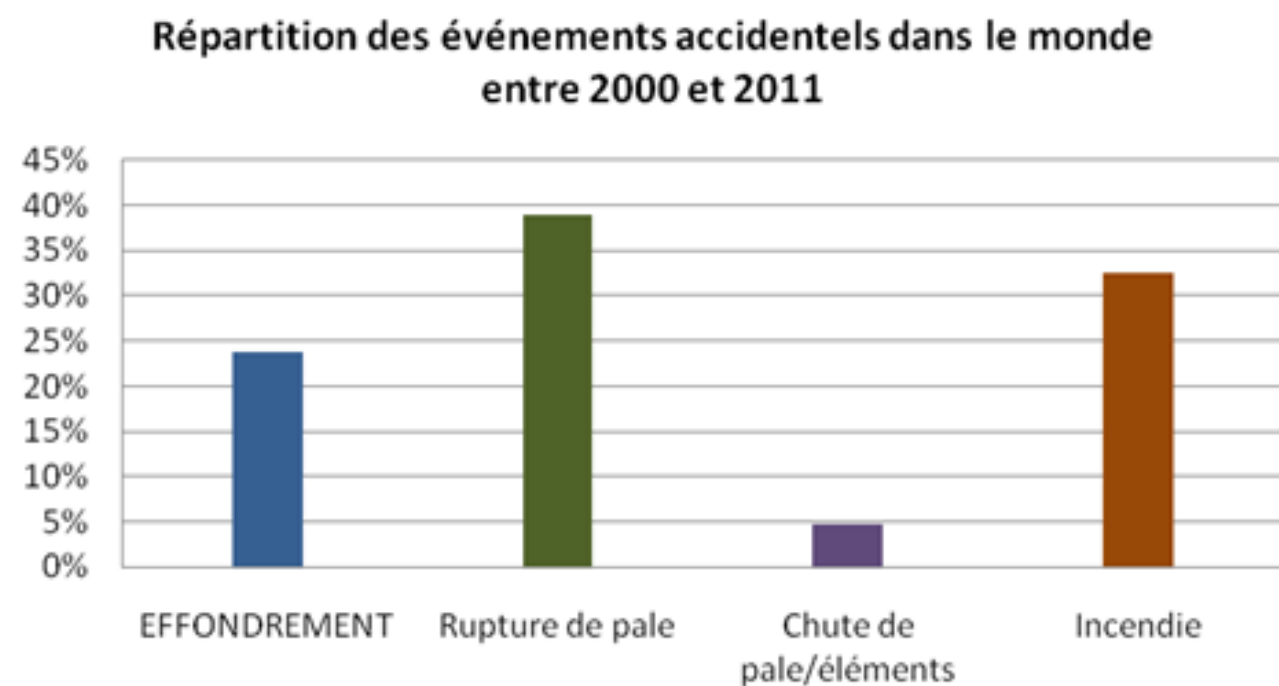


Figure 10 – Répartition des accidents liés à des parcs éoliens dans le monde entre 2000 et 2011

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

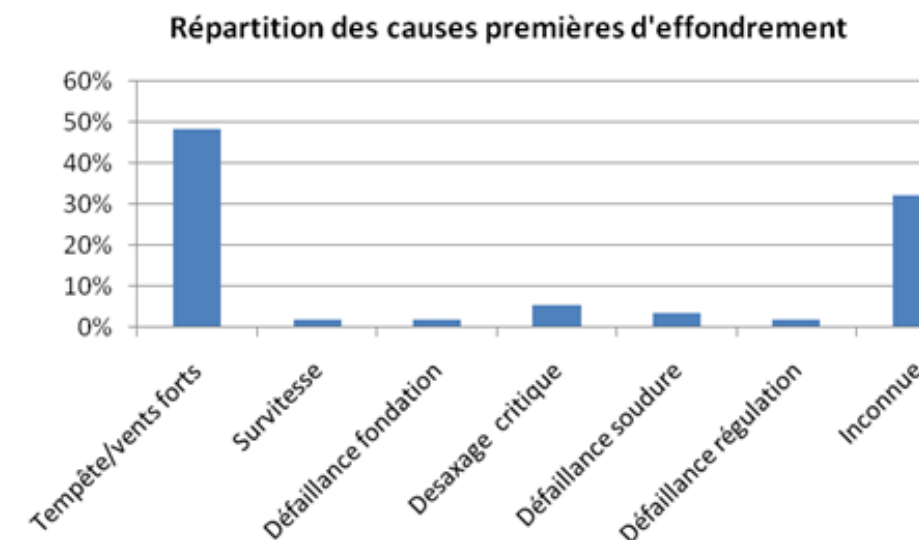


Figure 11 – Répartition des causes premières d'effondrement

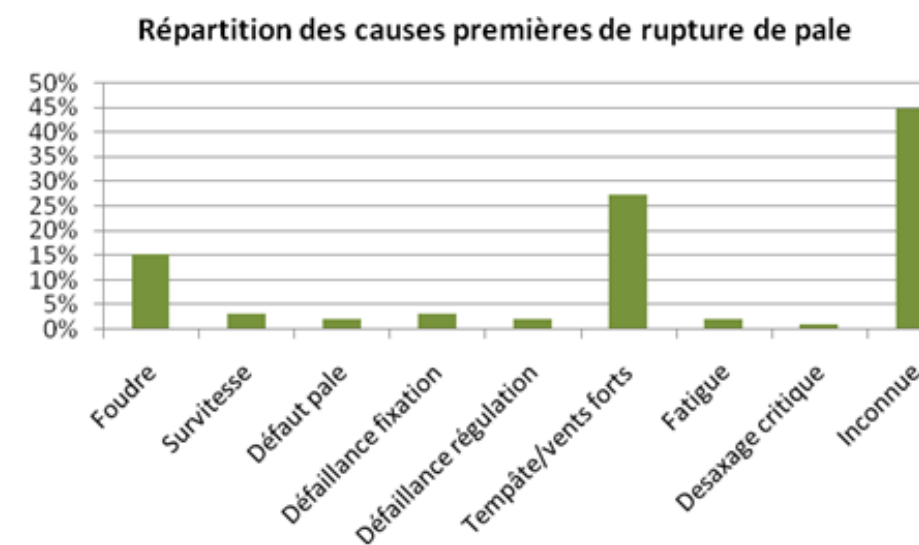


Figure 12 – Répartition des causes premières de rupture de pale

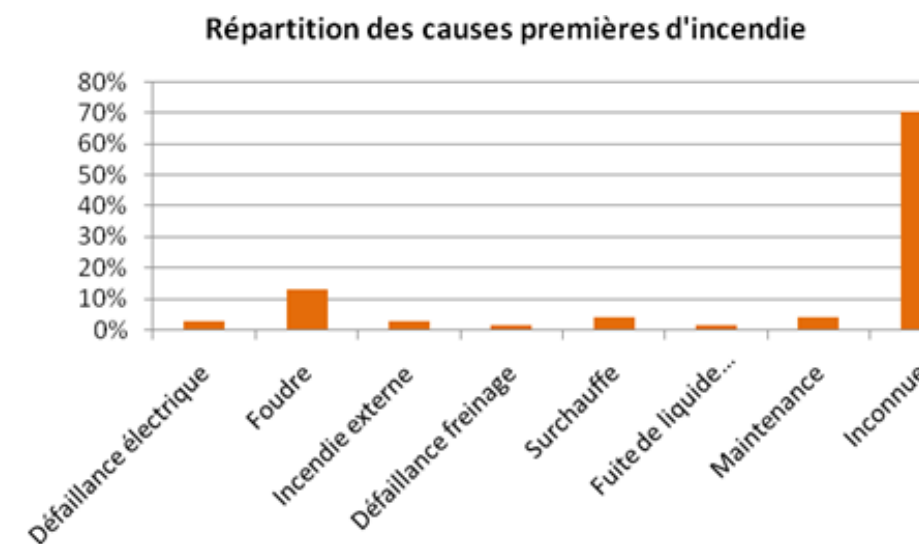


Figure 13 – Répartition des causes premières d'incendie

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

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

6.3.1 Analyse d'évolution des accidents en France

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

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

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

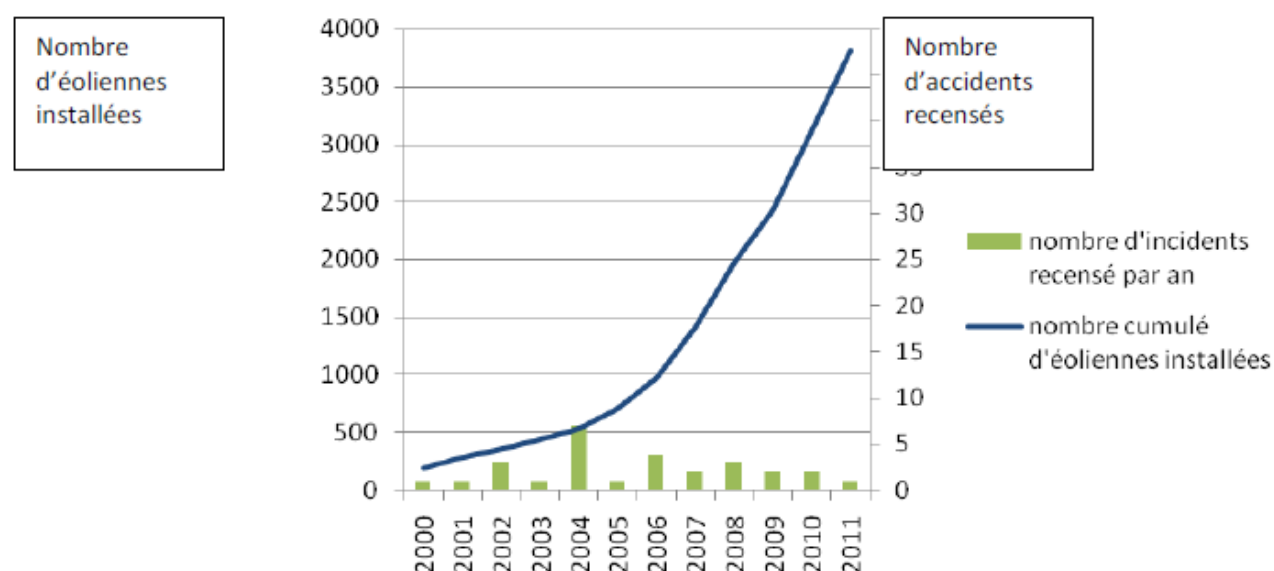


Figure 14 – Evolution du nombre d'incidents annuels et nombre d'éoliennes installées

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

6.3.2 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.

6.4 LIMITES D'UTILISATION DE L'ACCIDENTOLOGIE

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

- La non-exhaustivité des événements : ce retour d'expérience, constitué à partir de sources variées, ne provient pas d'un système de recensement organisé et systématique. Dès lors certains événements ne sont pas reportés (en particulier, les événements les moins spectaculaires).
- 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.

L'ensemble de ces retours d'expérience est issu du guide INERIS de 2011, les éventuels incidents plus récents (relayé via la presse, la filière éolienne, etc.) ne viennent pas remettre en cause la typologie des incidents mis en évidence par l'analyse précédente.

7 ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES

7.1 OBJECTIF DE L'ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES

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

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

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

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

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

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

- inondations ;

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

7.3 RECENSEMENT DES AGRESSIONS EXTERNES POTENTIELLES

7.3.1 Agressions externes liées aux activités humaines

Seules les agressions externes liées aux activités humaines présentes dans un rayon de 200 m (distance à partir de laquelle l'activité considérée ne constitue plus un agresseur potentiel) seront recensées ici, à l'exception de :

- la présence des aérodromes qui sera reportée lorsque ceux-ci sont implantés dans un rayon de 2 km ;
- la présence d'autres aérogénérateurs qui sera signalée jusqu'à une distance de 500 m.

Les distances données dans le tableau ci-après sont mesurées à partir du centre du mât. Les distances dépassant les rayons précisés ci-dessus ne sont pas renseignées (la RD 114 se trouve à plus de 1,6 km du projet).

DDAE – Volet Etude de dangers

Infrastructure	Fonction	Evénement redouté	Danger potentiel	Périmètre	Distance par rapport au mât des éoliennes (en mètres)			
					E4	E8	E9	E13
RD88	Transport	Accident entraînant la sortie de voie d'un ou plusieurs véhicules	Energie cinétique des véhicules et flux thermiques	200 m	87	100	-	-
Aérodrome	Transport aérien	Chute d'aéronef	Energie cinétique de l'aéronef, flux thermique	2000 m	-	-	-	-
Ligne THT	Transport d'électricité	Rupture de câble	Arc électrique, surtensions	200 m	> 700	331	> 700	292
Canalisation de gaz	Transport de gaz	Rupture de canalisation	Flux thermique	200 m	-	-	-	-
Autres aérogénérateurs	Production d'électricité	Accident générant des projections d'éléments	Energie cinétique des éléments projetés	500m	E4	702,44	613,91	1068,03
					E8	702,44	542,26	640,12
					E9	613,91	542,26	488,49
					E13	1068,03	640,12	488,49
					Autre parc	510	1 100	610

Tableau 12 – Principales agressions externes liées aux activités humaines

7.3.2 Agressions externes liées aux phénomènes naturels

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

Agression externe	Intensité
Vents et tempête	Risque modéré en région Hauts-de-France
Foudre	0,3 à 0,6 impact/km ² = Impact faible Application de la norme IEC 61400-24
Glissement de sols/ affaissement miniers	Aucun mouvement de terrain

Tableau 13 – Principales agressions externes liées aux phénomènes naturels

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

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

7.4 SCENARIOS ETUDIES DANS L'ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES

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

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

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

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

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

DDAE – Volet Etude de dangers

N°	Événement initiateur	Événement intermédiaire	Événement redouté central	Fonction de sécurité (intitulé générique)	Phénomène dangereux	Qualification de la zone d'effet
G01	Conditions climatiques favorables à la formation de glace	Dépôt de glace sur les pales, le mât et la nacelle	Chute de glace lorsque les éoliennes sont arrêtées	Prévenir l'atteinte des personnes par la chute de glace (N°2)	Impact de glace sur les enjeux	1
G02	Conditions climatiques favorables à la formation de glace	Dépôt de glace sur les pales	Projection de glace lorsque les éoliennes sont en mouvement	Prévenir la mise en mouvement de l'éolienne lors de la formation de la glace (N°1)	Impact de glace sur les enjeux	2
I01	Humidité / Gel	Court-circuit	Incendie de tout ou partie de l'éolienne	Prévenir les courts-circuits (N°5)	Chute/projection d'éléments enflammés Propagation de l'incendie	2
I02	Dysfonctionnement électrique	Court-circuit	Incendie de tout ou partie de l'éolienne	Prévenir les courts-circuits (N°5)	Chute/projection d'éléments enflammés Propagation de l'incendie	2
I03	Survitesse	Echauffement des parties mécaniques et inflammation	Incendie de tout ou partie de l'éolienne	Prévenir l'échauffement significatif des pièces mécaniques (N°3) Prévenir la survitesse (N°4)	Chute/projection d'éléments enflammés Propagation de l'incendie	2
I04	Désaxage de la génératrice / Pièce défectueuse / Défaut de lubrification	Echauffement des parties mécaniques et inflammation	Incendie de tout ou partie de l'éolienne	Prévenir l'échauffement significatif des pièces mécaniques (N°3)	Chute/projection d'éléments enflammés Propagation de l'incendie	2
I05	Conditions climatiques humides	Surtension	Court-circuit	Prévenir les courts-circuits (N°5) Protection et Intervention incendie (N°7)	Incendie poste de livraison (flux thermiques + fumées toxiques SF6) Propagation de l'incendie	2
I06	Rongeur	Surtension	Court-circuit	Prévenir les courts-circuits (N°5) Protection et intervention incendie (N°7)	Incendie poste de livraison (flux thermiques + fumées toxiques SF6) Propagation de l'incendie	2
I07	Défaut d'étanchéité	Perte de confinement	Fuites d'huile isolante	Prévention et rétention des fuites (N°8)	Incendie au poste de transformation Propagation de l'incendie	2
F01	Fuite système de lubrification Fuite convertisseur Fuite transformateur	Ecoulement hors de la nacelle et le long du mât, puis sur le sol avec infiltration	Infiltration d'huile dans le sol	Prévention et rétention des fuites (N°8)	Pollution environnement	1
F02	Renversement de fluides lors des opérations de maintenance	Ecoulement	Infiltration d'huile dans le sol	Prévention et rétention des fuites (N°8)	Pollution environnement	1
C01	Défaut de fixation	Chute de trappe	Chute d'élément de l'éolienne	Prévenir les erreurs de maintenance (N°10)	Impact sur cible	1

DDAE – Volet Etude de dangers

C02	Défaillance fixation anémomètre	Chute anémomètre	Chute d'élément de l'éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9)	Impact sur cible	1
C03	Défaut fixation nacelle – pivot central – mât	Chute nacelle	Chute d'élément de l'éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9)	Impact sur cible	1
P01	Survitesse	Contraintes trop importante sur les pales	Projection de tout ou partie d'une pale	Prévenir la survitesse (N°4)	Impact sur cible	2
P02	Fatigue Corrosion	Chute de fragment de pale	Projection de tout ou partie d'une pale	Prévenir la dégradation de l'état des équipements (N°11)	Impact sur cible	2
P03	Serrage inapproprié Erreur maintenance – desserrage	Chute de fragment de pale	Projection de tout ou partie d'une pale	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9)	Impact sur cible	2
E01	Effets dominos autres installations	Agression externe et fragilisation structure	Effondrement éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9)	Projection/chute fragments et chute mât	2
E02	Glissement de sol	Agression externe et fragilisation structure	Effondrement éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9)	Projection/chute fragments et chute mât	2
E03	Crash d'aéronef	Agression externe et fragilisation structure	Effondrement éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9)	Projection/chute fragments et chute mât	2
E04	Effondrement engin de levage travaux	Agression externe et fragilisation structure	Effondrement éolienne	Actions de prévention mises en oeuvre dans le cadre du plan de prévention (N°13)	Chute fragments et chute mât	2
E05	Vents forts	Défaillance fondation	Effondrement éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9) Prévenir les risques de dégradation de l'éolienne en cas de vent fort (N°12) Dans les zones cycloniques, mettre en place un système de prévision cyclonique et équiper les éoliennes d'un dispositif d'abattage et d'arrimage au sol (N°13)	Projection/chute fragments et chute mât	2
E06	Fatigue	Défaillance mât	Effondrement éolienne	Prévenir la dégradation de l'état des équipements (N°11)	Projection/chute fragments et chute mât	2
E7	Désaxage critique du rotor	Impact pale – mât	Effondrement éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N°9) Prévenir les erreurs de maintenance (N°10)	Projection/chute fragments et chute mât	2

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

7.5 EFFETS DOMINOS

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

Les effets dominos susceptibles d'impacter les éoliennes sont décrits dans le tableau d'analyse des risques générique présenté ci-dessus.

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

C'est la raison pour laquelle, il est proposé de négliger les conséquences des effets dominos dans le cadre de la présente étude.

7.6 MISE EN PLACE DES MESURES DE SECURITE

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

Un principe clé du processus d'élaboration d'une étude de dangers est qu'elle doit être proportionnelle au niveau de risques engendrés par les éoliennes sur leur environnement. Dans ce cadre, il est réalisé une description simple des mesures de sécurité mises en œuvre sur les machines. En particulier, les analyses poussées demandées aux installations classées soumises à autorisation avec servitudes (AS) ne seront pas menées ici.

Les tableaux suivants ont pour objectif de synthétiser les fonctions de sécurité identifiées et mise en œuvre sur les éoliennes du parc « Le Chemin d'Avesnes à Iwuy ». Dans le cadre de la présente étude de dangers, les fonctions de sécurité sont détaillées selon les critères suivants :

- **Fonction de sécurité** : il est proposé ci-dessous un tableau par fonction de sécurité. Cet intitulé décrit l'objectif de la ou des mesure(s) de sécurité : il s'agira principalement de « empêcher, éviter, détecter, contrôler ou limiter » et sera en relation avec un ou plusieurs événements conduisant à un accident majeur identifié dans l'analyse des risques. Plusieurs mesures de sécurité peuvent assurer une même fonction de sécurité.

- **Numéro de la fonction de sécurité** : ce numéro vise à simplifier la lecture de l'étude de dangers en permettant des renvois à l'analyse de risque par exemple.
- **Mesures de sécurité** : cette ligne permet d'identifier les mesures assurant la fonction concernée. Dans le cas de systèmes instrumentés de sécurité, tous les éléments de la chaîne de sécurité sont présentés (détection + traitement de l'information + action).
- **Description** : cette ligne permet de préciser la description de la mesure de maîtrise des risques, lorsque des détails supplémentaires sont nécessaires.
- **Indépendance** (« oui » ou « non ») : cette caractéristique décrit le niveau d'indépendance d'une mesure de maîtrise des risques vis-à-vis des autres systèmes de sécurité et des scénarios d'accident. Cette condition peut être considérée comme remplie (renseigner « oui ») ou non (renseigner « non »).
- **Temps de réponse** (en secondes ou en minutes) : cette caractéristique mesure le temps requis entre la sollicitation et l'exécution de la fonction de sécurité.
- **Efficacité** (100% ou 0%) : l'efficacité mesure la capacité d'une mesure de maîtrise des risques à remplir la fonction de sécurité qui lui est confiée pendant une durée donnée et dans son contexte d'utilisation.
- **Test** (fréquence) : dans ce champ sont rappelés les tests/essais qui seront réalisés sur les mesures de maîtrise des risques. conformément à la réglementation, un essai d'arrêt, d'arrêt d'urgence et d'arrêt à partir d'une situation de survitesse seront réalisés avant la mise en service de l'aérogénérateur. Dans tous les cas, les tests effectués sur les mesures de maîtrise des risques seront tenus à la disposition de l'inspection des installations classées pendant l'exploitation de l'installation.
- **Maintenance** (fréquence) : ce critère porte sur la périodicité des contrôles qui permettront de vérifier la performance de la mesure de maîtrise des risques dans le temps. Pour rappel, la réglementation demande qu'à minima : un contrôle tous les ans soit réalisé sur la performance des mesures de sécurité permettant de mettre à l'arrêt, à l'arrêt d'urgence et à l'arrêt à partir d'une situation de survitesse et sur tous les systèmes instrumentés de sécurité.

Fonction de sécurité	Prévenir la mise en mouvement de l'éolienne lors de la formation de glace	N° de la fonction de sécurité	1-a
Mesures de sécurité	Système de déduction de la formation de glace.		
Description	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.		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	Mise à l'arrêt de la turbine < 1 min		
Efficacité	100 %		
Tests	NA		
Maintenance	Surveillance via la maintenance prédictive		
Fonction de sécurité	Prévenir la mise en mouvement de l'éolienne lors de la formation de glace	N° de la fonction de sécurité	1-b
Mesures de sécurité	Système de détection de glace sur la nacelle.		
Description	Ce système Vestas est composé d'une sonde vibratoire installée sur la nacelle, permettant d'alerter les opérateurs dès que l'accumulation de glace dépasse un certain niveau. Ce dispositif détecte la formation de glace sur la nacelle, et donc par déduction sur les pales. Lorsqu'il y a détection, la mise à l'arrêt de la turbine est automatique ou manuelle, après vérification de la glace formée, selon le type de configuration demandé.		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	Temps de détection de l'ordre de la seconde Mise en pause de la turbine < 1 min		
Efficacité	100%		
Tests	NA		
Maintenance	Le système de détection est supervisé par les contrôleurs de la machine. Un warning est envoyé via le SCADA en cas de défaut => maintenance de remplacement en cas de dysfonctionnement de l'équipement		

Fonction de sécurité	Prévenir la mise en mouvement de l'éolienne lors de la formation de glace	N° de la fonction de sécurité	1-c
Mesures de sécurité	Système de détection de glace sur les pales, développé par un fabricant spécialisé		
Description	Ce dispositif est constitué de capteurs de température et d'accéléromètres installés sur les pales et reliés à un serveur de collecte des données. Le dispositif est alors couplé avec le système SCADA qui met la turbine à l'arrêt en cas de détection de formation de glace sur les pales.		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	Temps de détection de l'ordre de la seconde Mise en pause de la turbine < 1 min		
Efficacité	100 %		
Tests	Testé à la mise en service. Surveillance continue des données, via le serveur du fabricant. Déviation des fréquences des pâles supervisées en permanence.		
Maintenance	Vérification annuelle conformément au manuel du fabricant.		

Fonction de sécurité	Prévenir l'atteinte des personnes par la chute de glace	N° de la fonction de sécurité	2-a
Mesures de sécurité	Système de dégivrage des pales.		
Description	En développement sur la V117 - 3,3 MW à 3,6 MW		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	En développement sur la V117 - 3,3 MW à 3,6 MW		
Efficacité	En développement sur la V117 - 3,3 MW à 3,6 MW		
Tests	En développement sur la V117 - 3,3 MW à 3,6 MW		
Maintenance	En développement sur la V117 - 3,3 MW à 3,6 MW		
Fonction de sécurité	Prévenir l'atteinte des personnes par la chute de glace	N° de la fonction de sécurité	2-b
Mesures de sécurité	Signalisation du risque en pied de machine Eloignement des zones habitées et fréquentées		
Description	Mise en place de panneaux de signalisation en pied de machine informant du risque de chute de glace (conformément à l'article 14 de l'arrêté du 26 août 2011).		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	NA		
Efficacité	100 %. Nous considérerons que compte tenu de l'implantation des panneaux et de l'entretien prévu, l'information des promeneurs sera systématique.		
Tests	NA		
Maintenance	Vérification de l'état général du panneau, de l'absence de détérioration, entretien de la végétation afin que le panneau reste visible.		

Fonction de sécurité	Prévenir l'échauffement significatif des pièces mécaniques	N° de la fonction de sécurité	3
Mesures de sécurité	Sondes de température sur pièces mécaniques Suivant les niveaux d'alarme et les capteurs, la machine peut être bridée ou mise à l'arrêt jusqu'à refroidissement. Le redémarrage peut être effectué à distance, si les seuils de température sont au-dessous des seuils d'alarme.		
Description	Des sondes de température sont mises en place sur les équipements ayant de fortes variations de température au cours de leur fonctionnement (paliers et roulements des machines tournantes, enroulements du générateur et du transformateur). Ces sondes ont des seuils hauts qui, une fois dépassés, conduisent à une alarme et à une mise à l'arrêt du rotor.		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	Temps de détection de l'ordre de la seconde Mise en pause de la turbine < 1 min		
Efficacité	100 %		
Tests	Surveillance via la maintenance prédictive, avec détection de la déviation de températures de chaque capteur.		
Maintenance	Surveillance via la maintenance prédictive, avec détection de la déviation de température de chaque capteur (comparaison avec les données des autres éoliennes du parc). Remplacement de la sonde de température en cas de dysfonctionnement de l'équipement. Vérification du système au bout de 3 mois de fonctionnement puis contrôle annuel conformément à l'article 18 de l'arrêté du 26 août 2011.		

Fonction de sécurité	Prévenir la survitesse	N° de la fonction de sécurité	4-a
Mesures de sécurité	Détection de vent fort et freinage aérodynamique par le système de contrôle.		
Description	L'éolienne est mise à l'arrêt si la vitesse de vent mesurée dépasse la vitesse maximale de 25 m/s pour la V117. 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 ».		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	Temps de détection de l'ordre de la seconde Mise en pause de la turbine < 1 min L'exploitant ou l'opérateur désigné sera en mesure de transmettre l'alerte aux services d'urgence compétents dans un délai de 15 minutes suivant l'entrée en fonctionnement anormal de l'aérogénérateur conformément aux dispositions de l'arrêté du 26 août 2011.		
Efficacité	100 %		
Tests	Test d'arrêt simple, d'arrêt d'urgence et de la procédure d'arrêt en cas de survitesse avant la mise en service des aérogénérateurs conformément à l'article 15 de l'arrêté du 26 août 2011. Tests à chaque maintenance préventive.		

Maintenance	Maintenance de remplacement en cas de dysfonctionnement de l'équipement.		
Fonction de sécurité	Prévenir la survitesse	N° de la fonction de sécurité	4-b
Mesures de sécurité	Détection de survitesse du générateur		
Description	Les vitesses de rotation du générateur et de l'arbre lent sont mesurées et analysées en permanence par le système de contrôle. Cette mesure redondante permet de limiter les défaillances liées à un seul capteur. En cas de discordance des mesures, l'éolienne est mise à l'arrêt. Si la vitesse de rotation est supérieure à la vitesse d'alarme, l'éolienne est considérée comme étant en survitesse et est donc mise à l'arrêt.		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	Temps de détection de l'ordre de la seconde Mise en pause de la turbine < 1 min L'exploitant ou l'opérateur désigné sera en mesure de transmettre l'alerte aux services d'urgence compétents dans un délai de 15 minutes suivant l'entrée en fonctionnement anormal de l'aérogénérateur conformément aux dispositions de l'arrêté du 26 août 2011.		
Efficacité	100 %		
Tests	Test d'arrêt simple, d'arrêt d'urgence et de la procédure d'arrêt en cas de survitesse avant la mise en service des aérogénérateurs conformément à l'article 15 de l'arrêté du 26 août 2011. Tests à chaque maintenance préventive (tous les ans).		
Maintenance	Maintenance de remplacement en cas de dysfonctionnement de l'équipement.		
Fonction de sécurité	Prévenir la survitesse	N° de la fonction de sécurité	4-c
Mesures de sécurité	Vestas Overspeed Guard » (VOG)		
Description	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 fonction 4-b), 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 machine avant de relancer l'éolienne.		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	Temps de détection < 1 min Le couplage du système de détection de survitesse au système SCADA permet l'envoi en temps réel d'alertes par SMS et par courriel, selon les instructions de l'exploitant. L'exploitant sera ainsi en mesure de transmettre l'alerte aux services d'urgence compétents dans un délai de 15 minutes suivant l'entrée en fonctionnement anormal de l'aérogénérateur conformément à l'article 23 de l'arrêté du 26 août 2011.		
Efficacité	100 %		
Tests	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 conformément à l'article 15 de l'arrêté du 26 août 2011.		

Maintenance	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.
--------------------	---

Fonction de sécurité	Prévenir les courts-circuits	N° de la fonction de sécurité	5
Mesures de sécurité	Détecteur d'arc avec coupure électrique (salle transformateur et armoires électriques).		
Description	<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'acquiescement manuel du défaut.</p>		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	50 millisecondes Le couplage du système de détection d'arc électrique avec le système SCADA permet l'envoi en temps réel d'alertes par SMS et par courriel, selon les instructions de l'exploitant.		
Efficacité	100 %		
Tests	Test des détecteurs d'arc à la mise en service puis tous les ans.		
Maintenance	Les installations électriques font l'objet d'un contrôle avant la mise en service industrielle du parc éolien, puis annuellement conformément à l'article 10 de l'arrêté du 26 août 2011. Ce contrôle donne lieu à un rapport, dit rapport de vérification annuel, réalisé par un organisme agréé. Des vérifications de tous les équipements électriques ainsi que des mesures d'isolement et de serrage des câbles sont intégrés dans le manuel de maintenance préventive Vestas.		

Fonction de sécurité	Prévenir les effets de la foudre	N° de la fonction de sécurité	6
Mesures de sécurité	Système de protection contre la foudre conçu pour répondre à la classe de protection I de la norme internationale IEC 61400.		
Description	<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> <p>L'aérogénérateur peut être équipé en option de « copper cap », c'est à dire d'un habillage de l'extrémité de la pale d'une plaque de cuivre qui améliore le captage de l'arc de foudre et assure ainsi une meilleure protection de la pale.</p>		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	Immédiat, dispositif passif		
Efficacité	100 %		
Tests	Avant la première mise en route de l'éolienne, une mesure de mise à la terre est effectuée.		
Maintenance	Contrôle visuel des pales et des éléments susceptibles d'être impactés par la foudre inclus dans les opérations de maintenance, conformément à l'article 9 de l'arrêté du 26 août 2011.		

Fonction de sécurité	Protection et intervention incendie	N° de la fonction de sécurité	7
Mesures de sécurité	<p>1. Sondes de température sur pièces mécaniques. Suivant les niveaux d'alarme et les capteurs, la machine peut être bridée ou mise à l'arrêt jusqu'à refroidissement. Le redémarrage peut être effectué à distance, si les seuils de température sont au-dessous des seuils d'alarme.</p> <p>2. Système de détection incendie</p>		
Description	<p>1. Des sondes de température sont mises en place sur les équipements ayant de fortes variations de température au cours de leur fonctionnement (paliers et roulements des machines tournantes, enroulements du générateur et du transformateur). Ces sondes ont des seuils hauts qui, une fois dépassés, conduisent à une alarme et à une mise à l'arrêt du rotor.</p> <p>2. Les éoliennes sont équipées par défaut d'un système autonome de détection composé de plusieurs capteurs de fumée et de chaleur disposés aux possibles points d'échauffements tels que :</p> <ul style="list-style-type: none"> • La chambre du transformateur • Le générateur • La cellule haute tension • Le convertisseur • Les armoires électriques principales • Le système de freinage. <p>En cas de détection, une sirène est déclenchée, l'éolienne est mise à l'arrêt en « emergency stop » et isolement électrique par ouverture de la cellule en pied de mât. De façon concomitante un message d'alarme est envoyé au centre de télésurveillance via le système de contrôle commande. Le système de détection incendie est alimenté par le réseau secours (UPS). Vis-à-vis de la protection incendie, deux extincteurs sont présents dans la nacelle et un extincteur est disponible en pied de tour (utilisables par le personnel sur un départ de feu).</p>		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	<p>Temps de détection de l'ordre de la seconde 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. L'exploitant sera ainsi en mesure de transmettre l'alerte aux services d'Urgence compétents dans un délai de 15 minutes suivant l'entrée en fonctionnement anormal de l'aérogénérateur conformément à l'article 23 de l'arrêté du 26 août 2011.</p>		
Efficacité	100%		
Tests	Test des détecteurs de fumée à la mise en service puis tous les ans.		
Maintenance	<p>Contrôle tous les ans du système de détection incendie pour être conforme à l'article 18 de l'arrêté du 26 août 2012 Le matériel incendie (extincteurs) est contrôlé périodiquement par un organisme spécialisé. Maintenance prédictive sur les capteurs de température.</p>		

Fonction de sécurité	Prévention et rétention des fuites	N° de la fonction de sécurité	8
Mesures de sécurité	<p>1. Détecteurs de niveau d'huile et capteurs de pression 2. Capteur de niveau du circuit de refroidissement (niveau bas alarmé avec arrêt après temporisation) 3. Procédure d'urgence 4. Kit antipollution 5. Bacs de rétention</p>		
Description	<p>1. Le circuit hydraulique est équipé de capteurs de pression (une mesure de pression dans le bloc hydraulique de chaque pale) permettant de s'assurer de son bon fonctionnement. Toute baisse de pression au-dessous d'un seuil préalablement déterminé, conduit au déclenchement de l'arrêt du rotor (mise en drapeau des pales). Afin de pouvoir assurer la manœuvre des pales en cas de perte du groupe de mise en pression ou en cas de fuite sur le circuit, chaque bloc hydraulique (situé au plus près du vérin de pale) est équipé d'un accumulateur hydropneumatique (pressurisé à l'azote) qui permet la mise en drapeau de la pale. La pression du circuit de lubrification du multiplicateur fait également l'objet d'un contrôle, asservissant le fonctionnement de l'éolienne. Les niveaux d'huile sont surveillés d'une part au niveau du multiplicateur et d'autre part au niveau du groupe hydraulique. L'atteinte du niveau bas sur le multiplicateur ou sur le groupe hydraulique, déclenche une alarme et conduit à la mise à l'arrêt du rotor.</p> <p>2. Le circuit de refroidissement (eau glycolée) est équipé d'un capteur de niveau bas, qui en cas de déclenchement conduit à l'arrêt de l'éolienne.</p> <p>3. Les opérations de vidange font l'objet de procédures spécifiques. Le transfert des huiles s'effectue de manière sécurisée via un système de tuyauterie et de pompes directement entre l'élément à vidanger et le camion de vidange. Une procédure Vestas en cas de pollution accidentelle du sol est communiquée au personnel intervenant dans les aérogénérateurs.</p> <p>4. En cas de fuite, les véhicules de maintenance 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, etc.) et produits chimiques (acides, bases, solvants, etc.) ; • 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>5. Des bacs de rétention empêchent l'huile ou la graisse de couler le long du mât et de s'infiltrer dans le sol. Les principaux bacs de rétention sont équipés de capteurs de niveau d'huile afin d'informer les équipes de maintenance via les alertes cas de fuite importante. De plus, la plateforme supérieure de la tour a les bords relevés et a les jointures étanches entre plaques d'acier. Cette plateforme</p>		

	fait office de bac de rétention de secours en cas de fuite importante dans la nacelle.
Indépendance	Oui
Temps de réponse	Temps de détection de l'ordre de la seconde Mise en pause de la turbine < 1 min
Efficacité	100%
Tests	Tests des systèmes hydrauliques à la mise en service, au bout de 3 mois de fonctionnement puis tous les ans suivant les manuels de maintenance Vestas. Ces vérifications sont consignées dans le document IRF Vestas. Dépendant du débit de fuite.
Maintenance	Les vérifications d'absence de fuites sont effectuées à chaque service planifié. Surveillance des niveaux d'huile via des outils d'analyses instantanées ou hebdomadaires. Inspection et maintenance curative en fonction du type de déclenchement d'alarme.

Fonction de sécurité	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation)	N° de la fonction de sécurité	9
Mesures de sécurité	Contrôles réguliers des fondations et des différents assemblages de structure (ex : brides, joints, etc.) Procédures et contrôle qualité		
Description	<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>Vestas remet à chacun de ses clients, un document « Type certificate » qui atteste de la conformité de l'éolienne fournie au standard IEC 61400-1 (édition 2005). Ainsi la nacelle, le moyeu, les fondations et la tour répondent aux standards IEC 61 400-1. Les pales respectent le standard IEC 61 400 -1 ; 12 ; 23.</p> <p>De plus, des organismes compétents externes, mandatés par l'exploitant du parc, produisent des rapports attestant de la conformité de nos turbines à la fin de la phase d'installation.</p> <p>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.</p> <p>Les éoliennes sont protégées contre la corrosion due à l'humidité de l'air, selon la norme ISO 9223.</p>		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	NA		
Efficacité	100%		
Tests	NA		
Maintenance	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, conformément à l'article 18 de l'arrêté du 26 août 2011.		

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

Fonction de sécurité	Prévenir la dégradation de l'état des équipements	N° de la fonction de sécurité	11
Mesures de sécurité	1. Procédure de contrôle des équipements lors des maintenances planifiées. 2. Suivi de données mesurées par les capteurs et sondes présentes dans les éoliennes Vestas 3. CMS		
Description	1. Ce point est détaillé dans le chapitre dédié aux maintenances planifiées. 2. L'intégralité des données mesurées par les capteurs et sondes présentes dans les éoliennes 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. 3. Présence d'un Condition Monitoring System (CMS) qui permet de suivre par une analyse vibratoire continue, l'état des éléments roulants de la chaîne cinématique du rotor, de l'arbre lent, du multiplicateur, de la génératrice et de leur environnement.		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	Entre 12 heures et 6 mois selon le type de dégradation		
Efficacité	NA		
Tests	Traçabilité : rapport de service		
Maintenance	NA		

Fonction de sécurité	Prévenir les risques de dégradation de l'éolienne en cas de vent fort	N° de la fonction de sécurité	12
Mesures de sécurité	1. Classe d'éolienne adaptée au site et au régime de vents 2. Mise à l'arrêt sur détection de vent fort et freinage aérodynamique par le système de contrôle 3. Option « Yaw backup System »		
Description	1. 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 2. Les éoliennes sont mises à l'arrêt si la vitesse de vent mesurée dépasse la vitesse maximale de 25 m/s pour la V117. 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 ». 3. En fonction de l'intensité attendue des vents, il est possible d'ajouter en option le « Yaw backup System ». Ce système maintient la turbine face au vent même en cas de coupure du réseau électrique.		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	Temps de détection de l'ordre de la seconde. Mise drapeau des pales < 1 min		
Efficacité	100%		
Tests	Pitch system testé tous les ans lors des maintenances préventives.		
Maintenance	Tous les ans.		

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

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

7.7 CONCLUSION DE L'ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES

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

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

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

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

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

8 ETUDE DETAILLEE DES RISQUES

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

8.1 RAPPEL DES DEFINITIONS

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

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

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

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

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

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

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

8.1.1 Cinétique

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

Selon l'article 8 de l'arrêté du 29 septembre 2005 [13], la cinétique peut être qualifiée de « lente » ou de « rapide ». Dans le cas d'une cinétique lente, les personnes ont le temps d'être mises à l'abri à la suite de l'intervention des services de secours. Dans le cas contraire, la cinétique est considérée comme rapide.

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

8.1.2 Intensité

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

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

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

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

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

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

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

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

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

8.1.3 Gravité

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

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

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

8.1.4 Probabilité

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

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

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

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

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

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

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

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

- P_{ERC} = probabilité que l'événement redouté central (défaillance) se produise = probabilité de départ
- $P_{\text{orientation}}$ = probabilité que l'éolienne soit orientée de manière à projeter un élément lors d'une défaillance dans la direction d'un point donné (en fonction des conditions de vent notamment)
- P_{rotation} = probabilité que l'éolienne soit en rotation au moment où l'événement redouté se produit (en fonction de la vitesse du vent notamment)
- P_{atteinte} = probabilité d'atteinte d'un point donné autour de l'éolienne (sachant que l'éolienne est orientée de manière à projeter un élément en direction de ce point et qu'elle est en rotation)
- $P_{\text{présence}}$ = probabilité de présence d'un enjeu donné au point d'impact sachant que l'élément est projeté en ce point donné

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

8.2 CARACTERISATION DES SCENARIOS RETENUS

Dans le cadre de l'étude de dangers des éoliennes ré-instruite du parc éolien du Chemin d'Avesnes à Iwuy, le modèle d'éolienne choisi est la Vestas V117 - 3,3 MW à 3,6 MW. C'est donc ce modèle qui va faire l'objet de l'étude détaillée des risques.

Hauteur de moyeu (H1)	Hauteur mât + Nacelle (H)	Hauteur totale en bout de pale (H2)	Diamètre de rotor (D)	Rayon du rotor (R)	Largeur de mât (L)	Largeur de base de la pale (LB)
116,5 m	118,3m	175,2m	117m	58,5m	4 m	4 m

Tableau 14 – Rappel des dimensions principales de la V117 - 3,3 MW à 3,6 MW

8.2.1 Effondrement de l'éolienne

8.2.1.1 Zone d'effet

La zone d'effet de l'effondrement d'une éolienne correspond à une surface circulaire de rayon égal à la hauteur totale de l'éolienne en bout de pale, soit 175,2 m dans le cas des éoliennes ré-instruites du parc « Le Chemin d'Avesnes à Iwuy ».

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

8.2.1.2 Intensité

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

Le tableau ci-dessous permet d'évaluer l'intensité du phénomène d'effondrement de l'éolienne dans le cas des éoliennes ré-instruites du parc éolien du Chemin d'Avesnes à Iwuy.

Effondrement de l'éolienne (dans un rayon inférieur ou égal à la hauteur totale de l'éolienne en bout de pale)			
Zone d'impact en m ²	Zone d'effet du phénomène étudié en m ²	Degré d'exposition du phénomène étudié en %	Intensité
$(H) \times L + 3 \cdot R \cdot LB / 2$	$\pi \times (H+R)^2$		
$116,5 \cdot 4 + 3 \cdot 58,5 \cdot 4 / 2 = 817 \text{ m}^2$	96211,28	< 1% (0,85 %)	Exposition modérée

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

8.2.1.3 Gravité

En fonction de cette intensité et des définitions issues de l'arrêté du 29 septembre 2005 (voir paragraphe 8.1.3.), il est possible de définir les différentes classes de gravité pour le phénomène d'effondrement, dans le rayon inférieur ou égal à la hauteur totale de l'éolienne :

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

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

Parc « Le Chemin d'Avesnes à Iwuy », éoliennes E4, E8, E9 et E13				
Effondrement de l'éolienne (dans un rayon inférieur ou égal à la hauteur totale de l'éolienne en bout de pale, soit 175,2m)				
Eolienne	Superficies concernées par la zone d'effet (en ha) ⁴		Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)	Gravité
	Terrains non aménagés	Terrains aménagés peu fréquentés		
E4	8,73	0,89	0,18	« Modérée »
E8	8,78	0,84	0,17	« Modérée »
E9	9,06	0,56	0,15	« Modérée »
E13	9,09	0,53	0,14	« Modérée »

Par exemple, pour l'éolienne E4, on a : Nombre personnes permanentes = Nombre personnes champs + Nombre personnes voies = $8,73/100 + 0,89/10 = 0,18$

La « Gravité » est donc au niveau modéré pour chaque éolienne du parc.

La méthode de comptage des enjeux humains dans chaque secteur est présentée en annexe 1. Elle se base sur la fiche n°1 de la circulaire du 10 mai 2010 relative aux règles méthodologiques applicables aux études de dangers.

Dans le périmètre délimité par la hauteur de chute de l'éolienne, le terrain est constitué de terres agricoles et peu fréquentées. Pour une éolienne d'une hauteur en bout de pale de 175 m, le nombre de personnes exposées sera donc inférieur à 1 (« 0,1 personne »). En se basant sur la fiche n°1 de la circulaire du 10 mai 2010 relative aux règles méthodologiques applicables aux études de dangers (voir annexe 1).

La gravité sera donc considérée comme « Modérée ».

8.2.1.4 Probabilité

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

Source	Fréquence	Justification
Guide for risk based zoning of wind turbines [5]	$4,5 \times 10^{-4}$	Retour d'expérience

⁴ Les calculs des surfaces sont réalisés à partir d'analyse cartographiques. La méthodologie utilisée pour calculer les surfaces prend en compte chaque rayon d'action pour chaque éolienne. La décomposition des surfaces considérées dans les zones autour de

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

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

Le retour d'expérience français montre également une classe de probabilité « C ». En effet, il a été recensé seulement 7 événements pour 15 667 années d'expérience¹, soit une probabilité de $4,47 \times 10^{-4}$ par éolienne et par an.

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

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

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

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

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

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

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

chaque éolienne dans un rayon de 500 m est détaillée page 21.

8.2.1.5 Acceptabilité

Dans le cas d'implantation d'éoliennes équipées des technologies récentes, compte tenu de la classe de probabilité d'un effondrement, on pourra conclure à l'acceptabilité de ce phénomène si moins de 10 personnes sont exposées (0,12 personne pour le cas des éoliennes ré-instruites du parc éolien du Chemin d'Avesnes à Iwuy)

Le tableau suivant rappelle, pour chaque aérogénérateur ré-instruits du parc « Le Chemin d'Avesnes à Iwuy », la gravité associée et le niveau de risque (acceptable/inacceptable) :

Parc « Le Chemin d'Avesnes à Iwuy », éoliennes E4, E8, E9 et E13		
Effondrement de l'éolienne (dans un rayon inférieur ou égal à la hauteur totale de l'éolienne en bout de pale)		
Eolienne	Gravité	Niveau de risque
E4	Modérée	Acceptable
E8	Modérée	Acceptable
E9	Modérée	Acceptable
E13	Modérée	Acceptable

Ainsi, pour les éoliennes ré-instruites du parc éolien du Chemin d'Avesnes à Iwuy, le phénomène d'effondrement des éoliennes constitue un risque acceptable pour les personnes.

8.2.2 Chutes de glace

8.2.2.1 Considérations générales

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

Selon l'étude WECO [15], une grande partie du territoire français (hors zones de montagne) est concerné par moins d'un jour de formation de glace par an. Certains secteurs du territoire comme les zones côtières affichent des moyennes variant entre 2 et 7 jours de formation de glace par an. Lors des périodes de dégel qui suivent les périodes de grand froid, des chutes de glace peuvent se produire depuis la structure de l'éolienne (nacelle, pales). Normalement, le givre qui se forme en fine pellicule sur les pales de l'éolienne fond avec le soleil. En cas de vents forts, des morceaux de glace peuvent se détacher. Ils se désagrègent généralement avant d'arriver au sol. Ce type de chute de glace est similaire à ce qu'on observe sur d'autres bâtiments et infrastructures.

8.2.2.2 Zone d'effet

Le risque de chute de glace est cantonné à la zone de survol des pales, soit un disque de rayon égal à un demi-diamètre de rotor autour du mât de l'éolienne. Pour les éoliennes ré-instruites du parc éolien du Chemin d'Avesnes à Iwuy, la zone d'effet a donc un rayon = $(D/2) = 58,5$ mètres. Cependant, il convient de noter que, lorsque l'éolienne est à l'arrêt, les pales n'occupent qu'une faible partie de cette zone.

8.2.2.3 Intensité

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

Le tableau ci-dessous permet d'évaluer l'intensité du phénomène de chute de glace dans le cas des éoliennes ré-instruites du parc éolien du Chemin d'Avesnes à Iwuy. Z_i est la zone d'impact, Z_E est la zone d'effet, R correspond à un demi-rotor, SG est la surface du morceau de glace majorant ($SG = 1 \text{ m}^2$).

Chute de glace (dans un rayon inférieur ou égal à $D/2 =$ zone de survol)			
Zone d'impact en m^2	Zone d'effet du phénomène étudié en m^2	Degré d'exposition du phénomène étudié en %	Intensité
$Z_i = SG$	$Z_E = \pi \times R^2$	$D = Z_i / Z_E$	Exposition modérée
1	10751,3	< 1% (< 0.01 %)	

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

8.2.2.4 Gravité

En fonction de cette intensité et des définitions issues de l'arrêté du 29 septembre 2005 (voir paragraphe 8.1.3.), il est possible de définir les différentes classes de gravité pour le phénomène de chute de glace, dans la zone de survol de l'éolienne :

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

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

Parc « Le Chemin d'Avesnes à Iwuy », éoliennes E4, E8, E9 et E13				
Chute de glace (dans un rayon inférieur ou égal à R = Drotor/2 = zone de survol, soit 58,5 m)				
Eolienne	Superficies concernées par la zone d'effet (en ha)		Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)	Gravité
	Terrains non aménagés	Terrains aménagés peu fréquentés		
E4	0,87	0,20	0,03	« Modérée »
E8	0,87	0,20	0,03	« Modérée »
E9	0,86	0,21	0,03	« Modérée »
E13	0,84	0,23	0,03	« Modérée »

Par exemple, pour l'éolienne E4, on a : Nombre personnes permanentes = Nombre personnes champs = $0,87/100 + 0,20/10 = 0,03$

La zone de survol de l'éolienne est un terrain non aménagé et très peu fréquenté (1 personne pour 100 ha d'après la fiche n°1 de la circulaire du 10 mai 2010). Pour une éolienne d'une longueur de pale inférieure de 58,5 m, le nombre équivalent de personnes permanentes sera donc inférieur à 1 (0,03 équivalent personnes permanentes). La gravité sera donc « Modérée ».

8.2.2.5 Probabilité

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

8.2.2.6 Acceptabilité

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

Le tableau suivant rappelle, pour chaque aérogénérateur ré-instruit du parc « Le Chemin d'Avesnes à Iwuy », la gravité associée et le niveau de risque (acceptable/inacceptable) :

Parc « Le Chemin d'Avesnes à Iwuy », éoliennes E4, E8, E9 et E13		
Chute de glace (dans un rayon inférieur ou égal à D/2 = zone de survol)		
Eolienne	Gravité	Niveau de risque
E4	Modérée	Acceptable
E8	Modérée	Acceptable
E9	Modérée	Acceptable
E13	Modérée	Acceptable

Ainsi, pour le parc éolien du Chemin d'Avesnes à Iwuy, le phénomène de chute de glace des éoliennes constitue un risque acceptable pour les personnes.

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

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

8.2.3 Chute d'éléments de l'éolienne

8.2.3.1 Zone d'effet

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

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

8.2.3.2 Intensité

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

Le tableau ci-dessous permet d'évaluer l'intensité du phénomène de chute d'éléments de l'éolienne dans le cas des éoliennes ré-instruites du parc éolien du Chemin d'Avesnes à Iwuy.

d est le degré d'exposition, Z_i la zone d'impact, Z_E la zone d'effet, R la longueur de pale et LB la largeur de la base de la pale.

Chute d'éléments de l'éolienne (dans un rayon inférieur ou égal à $D/2 =$ zone de survol)			
Zone d'impact en m^2	Zone d'effet du phénomène étudié en m^2	Degré d'exposition du phénomène étudié en %	Intensité
$Z_i = R \cdot LB / 2$	$Z_E = \pi \times R^2$	$D = Z_i / Z_E$	Exposition forte
$58,5 \cdot 4 / 2 = 117 \text{ m}^2$	10751,3	1,09 % ($1\% < x < 5\%$)	

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

8.2.3.3 Gravité

En fonction de cette intensité et des définitions issues de l'arrêté du 29 septembre 2005 (voir paragraphe 8.1.3.), il est possible de définir les différentes classes de gravité pour le phénomène de chute d'éléments, dans la zone de survol de l'éolienne :

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

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

Parc « Le Chemin d'Avesnes à Iwuy », éoliennes E4, E8, E9 et E13				
Chute d'éléments de l'éolienne (dans un rayon inférieur ou égal à $D/2 =$ zone de survol)				
Eolienne	Superficies concernées par la zone d'effet (en ha)		Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)	Gravité
	Terrains non aménagés	Terrains aménagés peu fréquentés		
E4	0,87	0,20	0,03	« Sérieux »
E8	0,87	0,21	0,03	« Sérieux »
E9	0,86	0,23	0,03	« Sérieux »
E13	0,84	0,23	0,03	« Sérieux »

Dans le cas des éoliennes ré-instruites du projet éolien du Chemin d'Avesnes à Iwuy, la zone de survol des éoliennes n'est constituée que de terrains agricoles, correspondant à des terrains non aménagés (soit 1 personne pour 100 ha d'après la fiche n°1 de la circulaire du 10 mai 2010).

Le nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes) exposées sous les pales est donc largement inférieur à 1.

Le niveau de gravité sera donc « Sérieux ».

8.2.3.4 Probabilité

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

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

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

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

8.2.3.5 Acceptabilité

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

Le tableau suivant rappelle, pour chaque aérogénérateur du parc « Le Chemin d'Avesnes à Iwuy », la gravité associée et le niveau de risque (acceptable/inacceptable) :

Parc « Le Chemin d'Avesnes à Iwuy », éoliennes E4, E8, E9 et E13		
Chute d'éléments de l'éolienne (dans un rayon inférieur ou égal à D/2 = zone de survol)		
Eolienne	Gravité	Niveau de risque
E4	Sérieux	Acceptable
E8	Sérieux	Acceptable
E9	Sérieux	Acceptable
E13	Sérieux	Acceptable

Ainsi, pour les éoliennes ré-instruites du parc éolien du Chemin d'Avesnes à Iwuy, le phénomène de chute d'éléments des éoliennes constitue un risque acceptable pour les personnes.

8.2.4 Projection de pales ou de fragments de pales

8.2.4.1 Zone d'effet

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

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

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

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

8.2.4.2 Intensité

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

Le tableau ci-dessous permet d'évaluer l'intensité du phénomène de chute d'éléments de l'éolienne dans le cas du parc éolien du Chemin d'Avesnes à Iwuy. d est le degré d'exposition, Z_i la zone d'impact, Z_E la zone d'effet, R la longueur de pale et LB la largeur de la base de la pale.

Projection de pales ou de fragments de pales (zone de 500 m autour de chaque éolienne)			
Zone d'impact en m ²	Zone d'effet du phénomène étudié en m ²	Degré d'exposition du phénomène étudié en %	Intensité
$Z_i = R \cdot LB / 2$	$Z_E = \pi \times R^2$	$D = Z_i / Z_E$	Exposition modérée
$58,5 \cdot 4 / 2 = 117 \text{ m}^2$	785 398	0.01 % (< 1%)	

8.2.4.3 Gravité

En fonction de cette intensité et des définitions issues de l'arrêté du 29 septembre 2005 (voir paragraphe 8.1.3.), il est possible de définir les différentes classes de gravité pour le phénomène de chute de glace, dans la zone de survol de l'éolienne :

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

Parc « Le Chemin d'Avesnes à Iwuy », éoliennes E4, E8, E9 et E13				
Projection de pales ou de fragments de pales (zone de 500 m autour de chaque éolienne)				
Eolienne	Superficies concernées par la zone d'effet (en ha)		Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)	Gravité
	Terrains non aménagés	Terrains aménagés peu fréquentés		
E4	75,47	3,03	1,06	« Sérieux »
E8	75,09	3,42	1,09	« Sérieux »
E9	76,19	2,32	0,99	« Modéré »
E13	76,47	2,04	0,96	« Modéré »

Par exemple, pour l'éolienne E4, on a : Nombre personnes permanentes = Nombre personnes champs + Nombre personnes voies = $75,47/100 + 3,03/10 = 1,06$

Il est à noter que pour le parc « Le Chemin d'Avesnes à Iwuy », la zone d'effet est constituée de terrains agricoles et peu fréquentés (1 personne pour 10 ha d'après la fiche n°1 de la circulaire du 10 mai 2010).

Le nombre équivalent de personnes permanentes sera donc inférieur à 10 (0,96 à 1,09 personnes).

Le niveau de gravité sera donc « Sérieux ».

8.2.4.4 Probabilité

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

8.2.4.5 Acceptabilité

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

Le tableau suivant rappelle, pour chaque aérogénérateur réinstruits du parc « Le Chemin d'Avesnes à Iwuy », la gravité associée et le niveau de risque (acceptable/inacceptable) :

Parc « Le Chemin d'Avesnes à Iwuy », éoliennes E4, E8, E9 et E13		
Projection de pales ou de fragments de pales (zone de 500 m autour de chaque éolienne)		
Eolienne	Gravité	Niveau de risque
E4	Sérieux	Acceptable
E8	Sérieux	Acceptable
E9	Modéré	Acceptable
E13	Modéré	Acceptable

Ainsi, pour le parc éolien du Chemin d'Avesnes à Iwuy, le phénomène de projection de tout ou partie de pale des éoliennes constitue un risque acceptable pour les personnes.

8.2.5 Projection de glace

8.2.5.1 Zone d'effet

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

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

Distance d'effet = $1,5 \times (\text{hauteur de moyeu} + \text{diamètre de rotor})$ soit 350 m dans le cas des V117 de 116,5 m de hauteur de moyeu.

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

8.2.5.2 Intensité

Pour le phénomène de projection de glace, le degré d'exposition correspond au ratio entre la surface d'un morceau de glace (cas majorant de 1 m²) et la superficie de la zone d'effet du phénomène.

Le tableau ci-dessous permet d'évaluer l'intensité du phénomène de projection de glace dans le cas du parc éolien du Chemin d'Avesnes à Iwuy. d est le degré d'exposition, Z_i la zone d'impact, Z_E la zone d'effet, R correspond à un demi-rotor, H la hauteur au moyeu, et SG la surface majorante d'un morceau de glace.

Projection de morceaux de glaces (dans un rayon de $R_{PG} = 1,5 * (H+2R) = 350,25$ m autour de l'éolienne)			
Zone d'impact en m ²	Zone d'effet du phénomène étudié en m ²	Degré d'exposition du phénomène étudié en %	Intensité
$Z_i = SG$	$Z_E = \pi * (1,5 * (H+2R))^2$	$D = Z_i / Z_E$	Exposition modérée
1	385 395,08	$3 * 10^{-4} \%$ ($< 1\%$)	

8.2.5.3 Gravité

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

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

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

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

Parc « Le Chemin d'Avesnes à Iwuy », éoliennes E4, E8, E9 et E13				
Projection de morceaux de glace (dans un rayon de $R_{PG} = 350,25$ m autour de l'éolienne)				
Eolienne	Superficies concernées par la zone d'effet (en ha)		Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)	Gravité
	Terrains non aménagés	Terrains aménagés peu fréquentés		
E4	36,29	2,18	0,58	« Modérée »
E8	36,33	2,14	0,58	« Modérée »
E9	37,29	1,18	0,49	« Modérée »
E13	37,65	0,79	0,46	« Modérée »

Par exemple, pour l'éolienne E4, on a : $\text{Nombre personnes permanentes} = \text{Nombre personnes champs} + \text{Nombre personnes voies} = 36,29/100 + 2,18/10 = 0,58$

Pour chacune des éoliennes, le nombre de personnes permanentes est inférieur à 1. Cela correspond, pour ce type d'accident, à une gravité « modérée ».

Il est à noter que pour le parc « Le Chemin d'Avesnes à Iwuy », la zone d'effet est constituée de terrains agricoles et peu fréquentés (1 personne pour 10 ha d'après la fiche n°1 de la circulaire du 10 mai 2010).

Le nombre équivalent de personnes permanentes sera donc inférieur à 1 (0,4 personne).

Le niveau de gravité sera donc « Modérée ».

8.2.5.4 Probabilité

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

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

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

8.2.5.5 Acceptabilité

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

Le tableau suivant rappelle, pour chaque aérogénérateur réinstruit du parc « Le Chemin d'Avesnes à Iwuy », la gravité associée et le niveau de risque (acceptable/inacceptable) :

Parc « Le Chemin d'Avesnes à Iwuy », éoliennes E4, E8, E9 et E13			
Projection de morceaux de glace (dans un rayon de $R_{PG} = 350,25$ m autour de l'éolienne)			
Eolienne	Gravité	Présence de système d'arrêt en cas de détection ou déduction de glace et procédure de redémarrage	Niveau de risque
E4	Modérée	Oui	Acceptable
E8	Modérée	Oui	Acceptable
E9	Modérée	Oui	Acceptable
E13	Modérée	Oui	Acceptable

Ainsi, pour le parc éolien du Chemin d'Avesnes à Iwuy, le phénomène de projection de glace constitue un risque acceptable pour les personnes.

8.3 SYNTHÈSE DE L'ÉTUDE DÉTAILLÉE

8.3.1 Tableaux de synthèse des scénarios étudiés

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

Synthèse de l'étude détaillée des risques					
Scénario	Zone d'effet	Cinétique	Intensité	Probabilité	Gravité
Effondrement de l'éolienne	Disque dont le rayon correspond à une hauteur totale de la machine en bout de pale (175 m)	Rapide	Exposition modérée	D	Modérée pour chacune des 4 éoliennes réinstructes
Chute d'éléments de l'éolienne	Zone de survol	Rapide	Exposition forte	C	Sérieuse pour chacune des 4 éoliennes réinstructes
Chute de glace	Zone de survol	Rapide	Exposition modérée	A	Modérée pour chacune des 4 éoliennes réinstructes
Projection de pales	500m autour de l'éolienne	Rapide	Exposition modérée	D	Sérieux les éoliennes E4 et E8 et modéré pour les éoliennes E9 et E13
Projection de glace	$1,5 \times (H + 2R)$ autour de l'éolienne (soit 350 m)	Rapide	Exposition modérée	B	Modérée pour chacune des 4 éoliennes réinstructes

8.3.2 Synthèse de l'acceptabilité des risques

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

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

Conséquence	Classe de probabilité				
	E	D	C	B	A
Désastreux					
Catastrophique					
Important					
Sérieux		Projection de pales (E8, E4)	Chute d'éléments de l'éolienne		
Modéré		Effondrement de l'éolienne Projection de pales (E9, E13)		Projection de glace	Chute de glace

Légende de la matrice

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

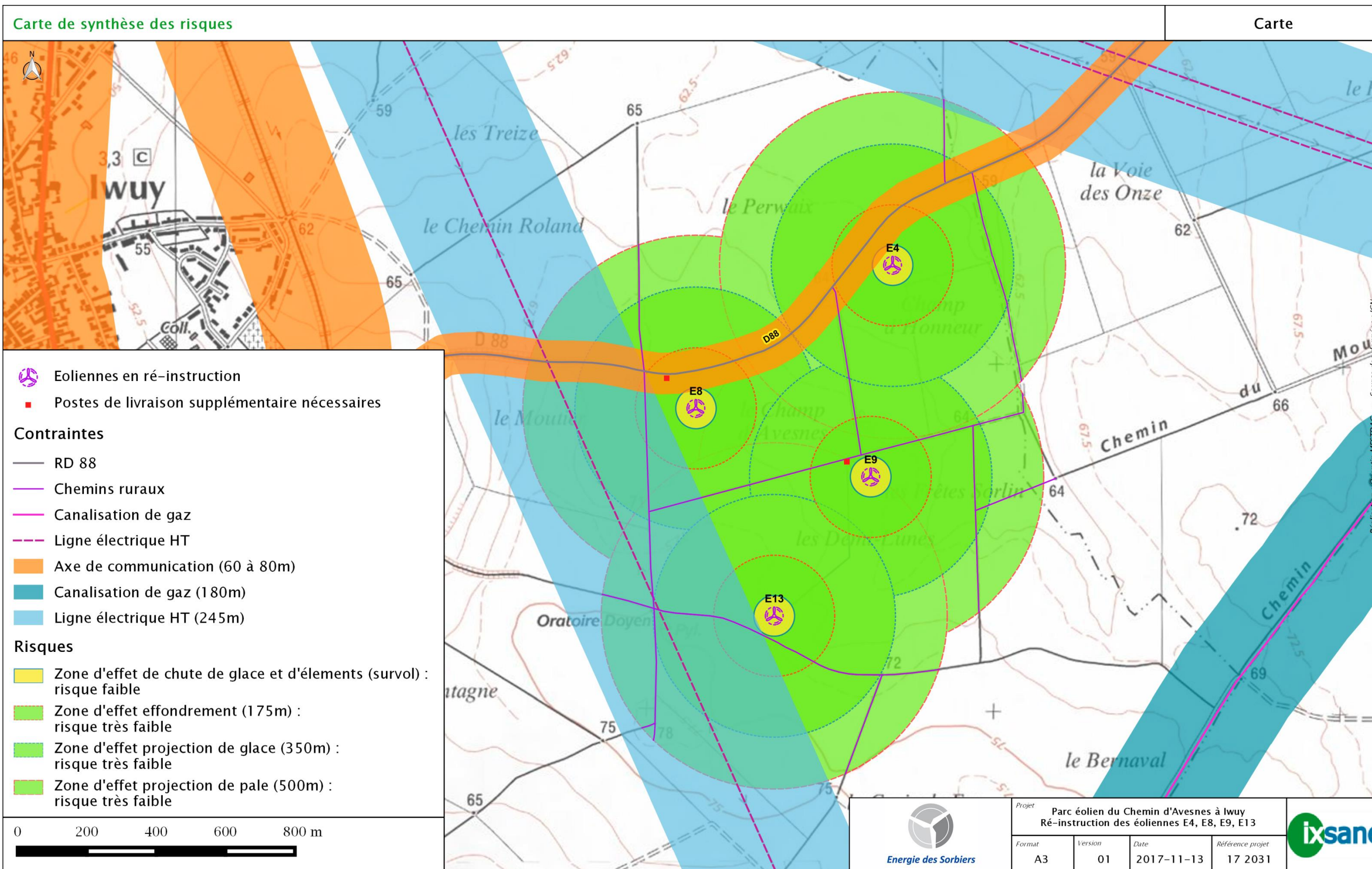
Il apparaît au regard de la matrice ainsi complétée que :

- Aucun accident n'apparaît dans les cases rouges de la matrice ;
- Certains accidents figurent en case jaune. Pour ces accidents, il convient de souligner que les fonctions de sécurité détaillées dans la partie 7.6 sont mises en place ;
- Pour l'ensemble des aérogénérateurs la matrice de criticité est identique.

8.3.3 Cartographie des risques

A l'issue de la démarche d'analyse des risques, une carte de synthèse des risques pour l'ensemble du parc du Chemin d'Avesnes à Iwuy, puis pour chaque risque est proposée dans ce paragraphe :

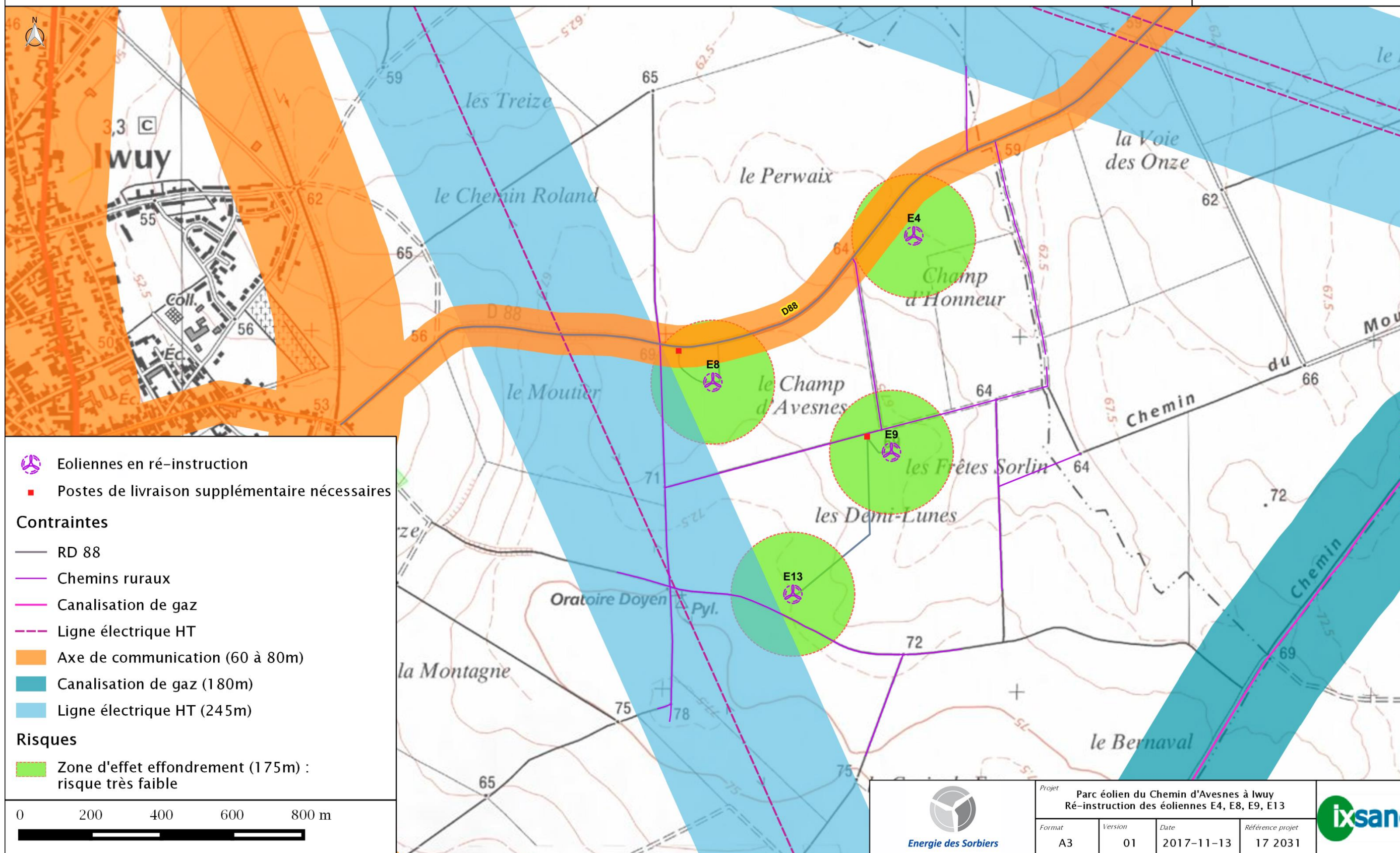
- Carte synthèse des risques : Carte 20 ;
- Effondrement d'une éolienne : Carte 21 ;
- Chute d'éléments d'une éolienne : Carte 22 ;
- Chute de glace : Carte 23 ;
- Projection de pales : Carte 24 ;
- Projection de glace : Carte 25.



Carte 20 - Carte de synthèse des risques

Carte de synthèse des risques d'effondrement d'une éolienne

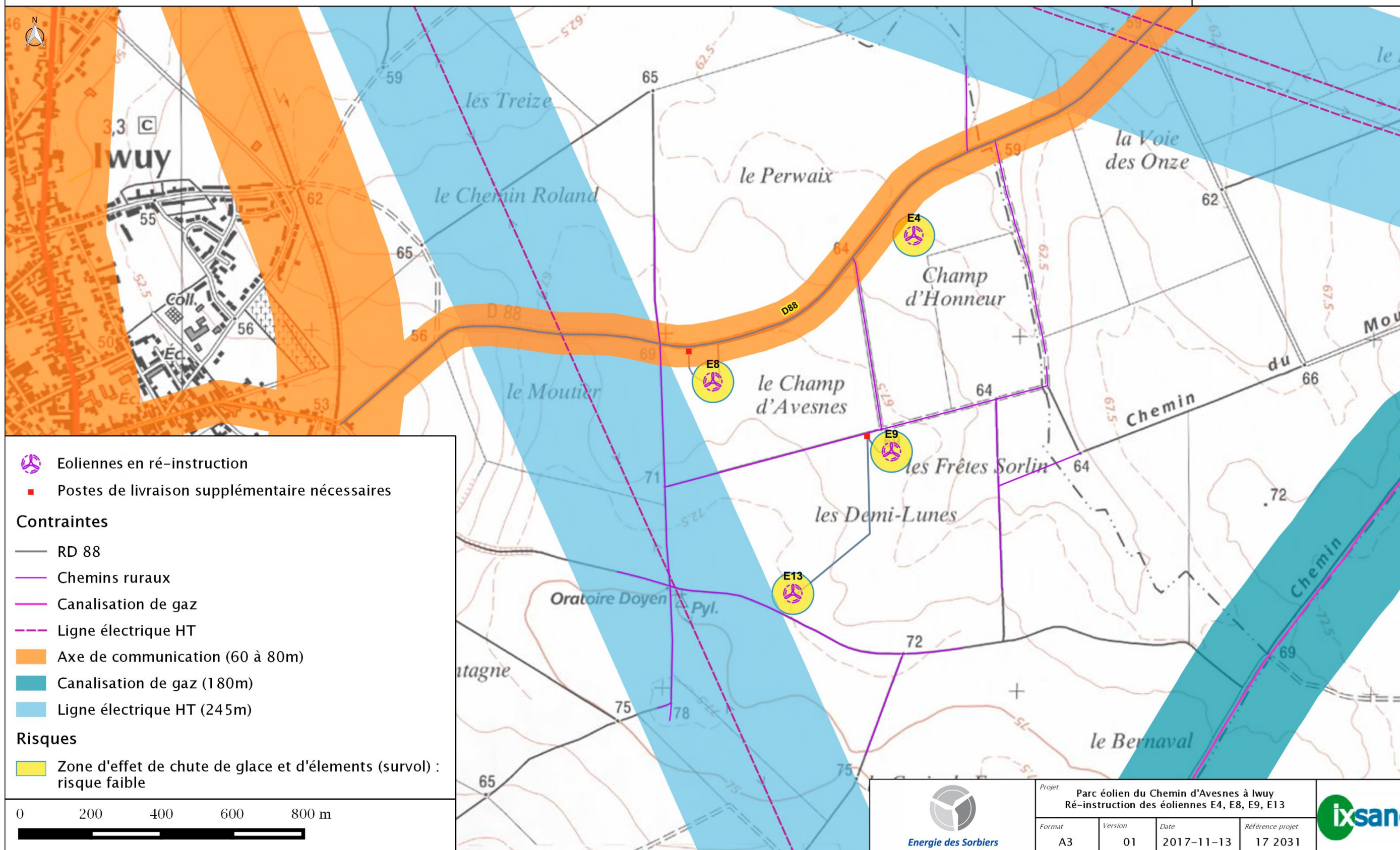
Carte



Carte 21 - Carte des risques liés à l'effondrement d'une éolienne

Carte de synthèse des risques de chute d'éléments d'une éolienne

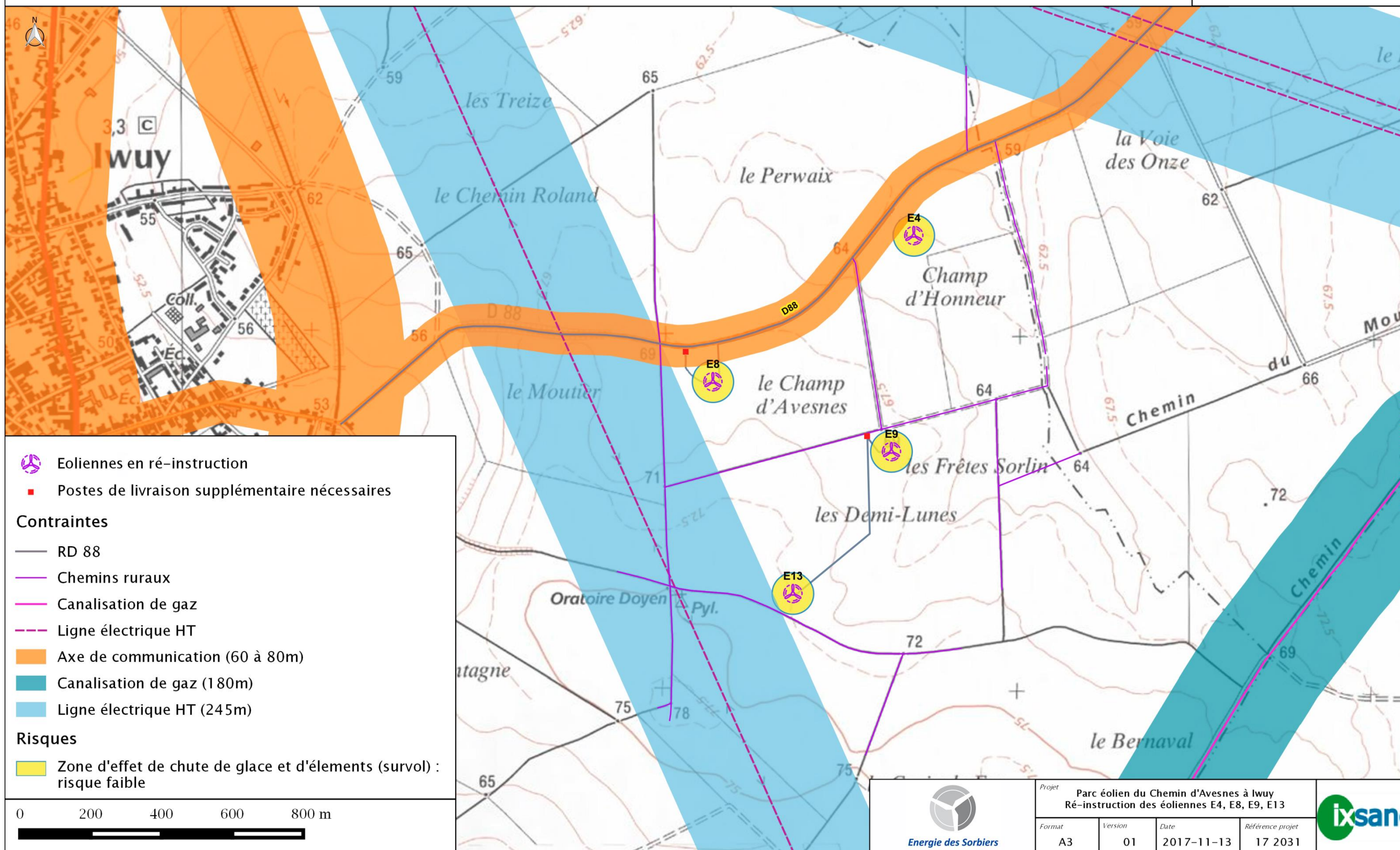
Carte



Carte 22 - Carte du risque de chute d'éléments d'une éolienne

Carte de synthèse des risques de chute de glace

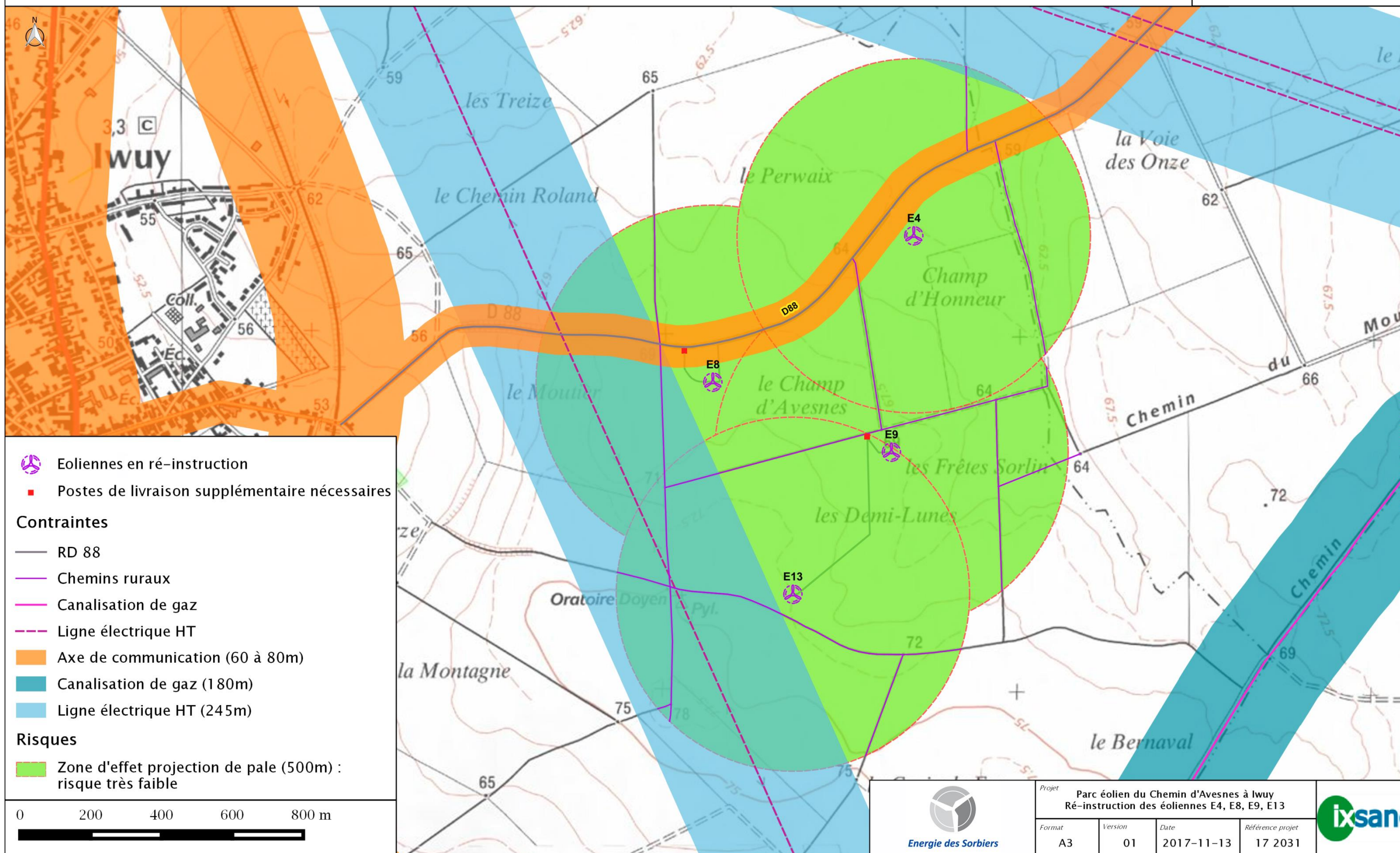
Carte



Carte 23 - Carte du risque de chute de glace

Carte de synthèse des risques de projection de pale

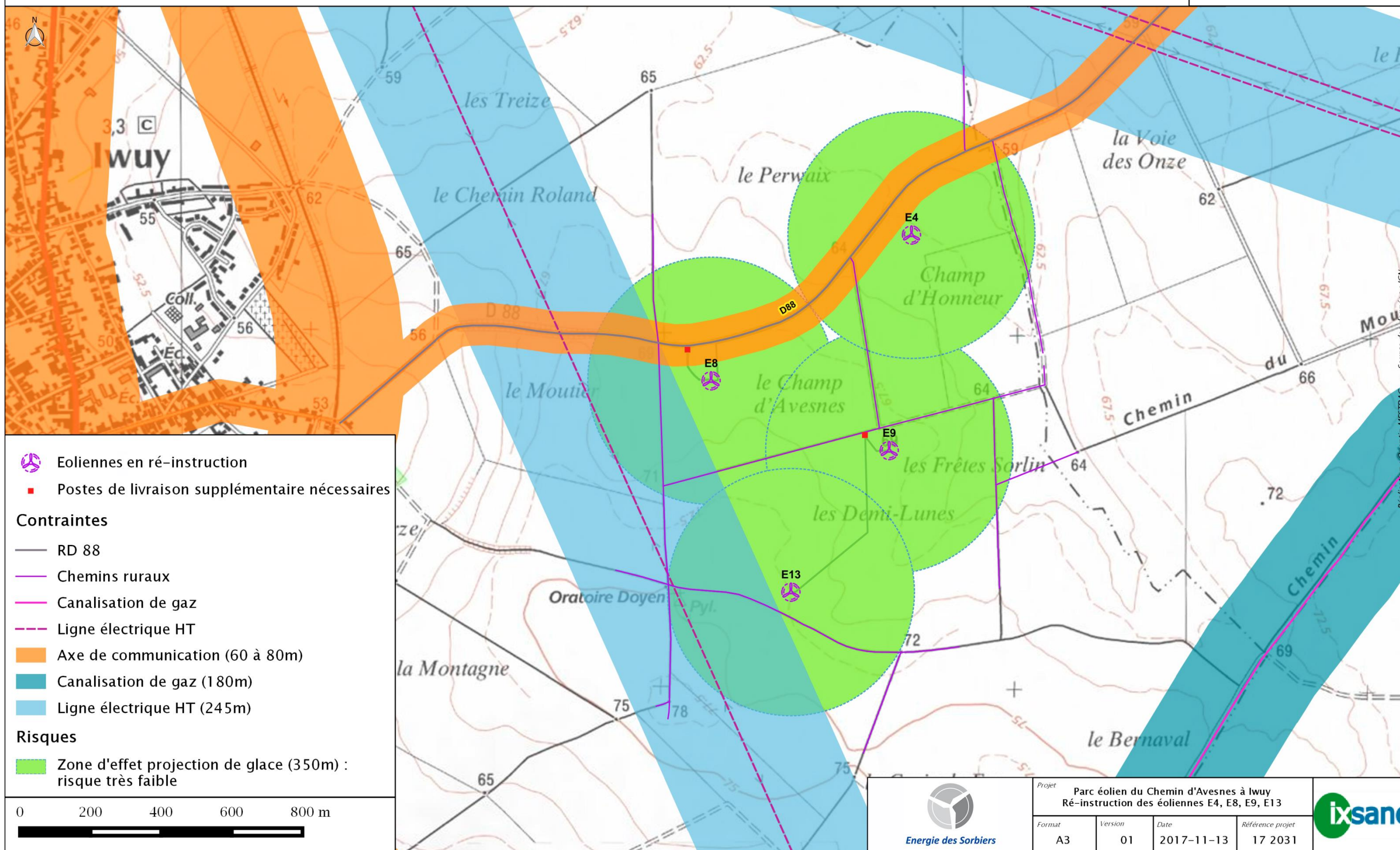
Carte



Carte 24 - Carte du risque de projection de pales

Carte de synthèse des risques de projection de glace

Carte



Carte 25 - Carte du risque de projection de glace

9 CONCLUSION

Suite à la réalisation de la matrice de criticité sur les 4 éoliennes ré-instruites du parc éolien « Le Chemin d'Avesnes à Iwuy », il apparaît que les accidents les plus significatifs en termes de risque demeurent :

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

Ces deux événements redoutés (chute de glace et chute d'un élément de l'éolienne) possèdent toutefois un risque faible d'atteindre une personne non abritée et située dans la zone de survol des pales des éoliennes.

Les scénarios « Effondrement de l'éolienne » et « Projection de pale » et « Projection de glace » ont également fait l'objet d'une étude détaillée (estimation de la probabilité, gravité, cinétique et intensité des événements).

Ils constituent un risque acceptable pour les personnes exposées.

Le tableau ci-dessous représente la probabilité et la gravité de ces accidents en termes de risque :

Accidents majeurs les plus significatifs		
Scénario	Probabilité	Gravité
Chute d'éléments de l'éolienne	C	Sérieuse pour l'ensemble des éoliennes ré-instruites du parc éolien « Le Chemin d'Avesnes à Iwuy »
Chute de glace	A	Modérée pour l'ensemble des éoliennes du parc éolien « Le Chemin d'Avesnes à Iwuy »

Plusieurs mesures de maîtrise des risques sont mise en place pour prévenir ou limiter les conséquences de ces accidents majeurs (cf 7.6). Ces mesures de sécurité sont conformes aux prescriptions de l'arrêté ministériel relatif aux installations soumises à autorisation au titre de la rubrique 2980 des installations classées relatives à la sécurité de l'installation.

De plus, un panneautage spécifique sera mis en place à proximité des éoliennes (conformément à l'arrêté du 26/08/11) afin de prévenir les riverains et les usagers du site des risques potentiels liés à l'installation.

Le tableau suivant a pour objectif de synthétiser les principales mesures de sécurité permettant de prévenir les conséquences des accidents les plus significatifs sur le parc éolien du Chemin d'Avesnes à Iwuy :

Fonction de sécurité	Prévenir la mise en mouvement de l'éolienne lors de la formation de glace	Prévenir l'atteinte des personnes par la chute de glace	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation)	Prévenir la survitesse	Prévenir les risques de dégradation de l'éolienne en cas de vent fort
Mesures de sécurité	Système de détection ou de déduction de la formation de glace sur les pales de l'aérogénérateur. Procédure adéquate de redémarrage.	Panneautage en pied de machine Eloignement des zones habitées et fréquentées	Contrôles réguliers des fondations et des différentes pièces d'assemblages (ex : brides ; joints, etc.) Procédures qualités Attestation du contrôle technique (procédure permis de construire)	Détection de survitesse et système de freinage	Classe d'éolienne adaptée au site et au régime de vents. Détection et prévention des vents forts et tempêtes Arrêt automatique et diminution de la prise au vent de l'éolienne par le système de conduite
Description	Système de détection redondant du givre permettant, en cas de détection de glace, une mise à l'arrêt rapide de l'aérogénérateur. Le redémarrage peut ensuite se faire soit automatiquement après disparition des conditions de givre, soit manuellement après inspection visuelle sur site.	Mise en place de panneaux informant de la possible formation de glace en pied de machines (conformément à l'article 14 de l'arrêté du 26 août 2011).	La norme IEC 61 400-1 « Exigence pour la conception des aérogénérateurs » fixe les prescriptions propres à fournir « un niveau approprié de protection contre les dommages résultant de tout risque durant la durée de vie » de l'éolienne. Ainsi la nacelle, le nez, les fondations et la tour répondent au standard IEC 61 400-1. Les pales respectent le standard IEC 61 400-1 ; 12 ; 23. Les éoliennes sont protégées contre la corrosion due à l'humidité de l'air, selon la norme ISO 9223.	Systèmes de coupure s'enclenchent en cas de dépassement des seuils de vitesse prédéfinis, indépendamment du système de commande.	L'éolienne est mise à l'arrêt si la vitesse de vent mesurée dépasse la vitesse maximale pour laquelle elle a été conçue.
Efficacité	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %

Les mesures d'amélioration permettant la réduction des risques ainsi que les études complémentaires présentes dans l'étude d'impact répondent de façon efficace aux principaux scénarios d'accident majeur.

Pour les éoliennes ré-instruites du parc éolien du Chemin d'Avesnes à Iwuy, les accidents majeurs identifiés en termes de risque constituent un risque acceptable pour les personnes exposées.

10 RÉSUMÉ NON TECHNIQUE

Le résumé non technique est la synthèse des résultats de l'analyse des risques sous forme didactique.

Il est destiné au public et associé à l'étude d'impact sur l'environnement.

Le résumé non technique de la présente étude de dangers est fourni dans un volet à part.

11 ANNEXES

11.1 ANNEXE 1 – MÉTHODE DE COMPTAGE DES PERSONNES POUR LA DÉTERMINATION DE LA GRAVITÉ POTENTIELLE D'UN ACCIDENT À PROXIMITÉ D'UNE ÉOLIENNE

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

Dans le cadre de l'étude de dangers des parcs éoliens, cette méthode permet tout d'abord, au stade de la description de l'environnement de l'installation (partie 3.4), de comptabiliser les enjeux humains présents dans les ensembles homogènes (terrains non bâtis, voies de circulation, zones habitées, ERP, zones industrielles, commerces...) situés dans l'aire d'étude de l'éolienne considérée.

D'autre part, cette méthode permet ensuite de déterminer la gravité associée à chaque phénomène dangereux retenu dans l'étude détaillée des risques (partie 8).

Terrains non bâtis

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

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

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

Voies de circulation

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

Voies de circulation automobiles

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

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

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

Voies ferroviaires

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

Voies navigables

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

Chemins et voies piétonnes

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

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

Logements

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

Etablissements recevant du public (ERP)

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

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

- Compter 10 personnes par magasin de détail de proximité (boulangerie et autre alimentation, presse et coiffeur) ;

- Compter 15 personnes pour les tabacs, cafés, restaurants, supérettes et bureaux de poste.

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

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

Zones d'activité

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

11.2 ANNEXE 2 – TABLEAU DE L'ACCIDENTOLOGIE FRANÇAISE

Le tableau ci-dessous a été établi par le groupe de travail constitué pour la réalisation du présent guide. Il recense l'ensemble des accidents et incidents connus en France concernant la filière éolienne entre 2000 et fin 2011. L'analyse de ces données est présentée dans la partie 6. de la trame type de l'étude de dangers.

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

DDAE – Volet Etude de dangers

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

DDAE – Volet Etude de dangers

Type d'accident	Date	Nom du parc	Département	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information	Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude de dangers
Collision avion	04/2008	Plouguin	Finistère	2	2004	Non	Léger choc entre l'aile d'un bimoteur Beechcraftch (liaison Ouessant-Brest) et une pale d'éolienne à l'arrêt. Perte d'une pièce de protection au bout d'aile. Mise à l'arrêt de la machine pour inspection.	Mauvaise météo, conditions de vol difficiles (sous le plafond des 1000m imposé par le survol de la zone) et faute de pilotage (altitude trop basse)	Articles de presse (Le Télégramme, Le Post)	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident aéronautique)
Rupture de pale	19/07/2008	Erize-la-Brûlée - Voie Sacrée	Meuse	2	2007	Oui	Chute de pale et projection de morceaux de pale suite à un coup de foudre	Foudre + défaut de pale	Communiqué de presse exploitant Article de presse (l'Est Républicain 22/07/2008)	-
Incendie	28/08/2008	Vauvillers	Somme	2	2006	Oui	Incendie de la nacelle	Problème au niveau d'éléments électroniques	Dépêche AFP 28/08/2008	-
Rupture de pale	26/12/2008	Raival - Voie Sacrée	Meuse	2	2007	Oui	Chute de pale		Communiqué de presse exploitant Article de presse (l'Est Républicain)	-
Maintenance	26/01/2009	Clastres	Aisne	2,75	2004	Oui	Accident électrique ayant entraîné la brûlure de deux agents de maintenance	Accident électrique (explosion d'un convertisseur)	Base de données ARIA	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident sur le personnel de maintenance)
Rupture de pale	08/06/2009	Bollène	Vaucluse	2,3	2009	Oui	Bout de pale d'une éolienne ouvert	Coup de foudre sur la pale	Interne exploitant	Non utilisable dans les chutes ou les projections (la pale est restée accrochée)
Incendie	21/10/2009	Froidfond - Espinassière	Vendée	2	2006	Oui	Incendie de la nacelle	Court-circuit dans transformateur sec embarqué en nacelle ?	Article de presse (Ouest-France) Communiqué de presse exploitant Site FED	-
Incendie	30/10/2009	Freysenet	Ardèche	2	2005	Oui	Incendie de la nacelle	Court-circuit faisant suite à une opération de maintenance (problème sur une armoire électrique)	Base de données ARIA Site FED Article de presse (Le Dauphiné)	-
Maintenance	20/04/2010	Toufflers	Nord	0,15	1993	Non	Décès d'un technicien au cours d'une opération de maintenance	Crise cardiaque	Article de presse (La Voix du Nord 20/04/2010)	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident sur le personnel de maintenance)
Effondrement	30/05/2010	Port la Nouvelle	Aude	0,2	1991	Non	Effondrement d'une éolienne	Le rotor avait été endommagé par l'effet d'une survitesse. La dernière pale (entière) a pris le vent créant un balourd. Le sommet de la tour a plié et est venu buter contre la base entraînant la chute de l'ensemble.	Interne exploitant	-
Incendie	19/09/2010	Montjoyer-Rochefort	Drôme	0,75	2004	Non	Emballement de deux éoliennes et incendie des nacelles.	Maintenance en cours, problème de régulation, freinage impossible, évacuation du personnel, survitesse de +/- 60 tr/min	Articles de presse Communiqué de presse SER-FEE	-

DDAE – Volet Etude de dangers

Type d'accident	Date	Nom du parc	Département	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information	Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude de dangers
Maintenance	15/12/2010	Pouillé-les-Côteaux	Loire Atlantique	2,3	2010	Oui	Chute de 3 m d'un technicien de maintenance à l'intérieur de l'éolienne. L'homme de 22 ans a été secouru par le GRIMP de Nantes. Aucune fracture ni blessure grave.		Interne SER-FEE	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident sur le personnel de maintenance)
Transport	31/05/2011	Mesvres	Saône-et-Loire	-	-	-	Collision entre un train régional et un convoi exceptionnel transportant une pale d'éolienne, au niveau d'un passage à niveau Aucun blessé		Article de presse (Le Bien Public 01/06/2011)	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident de transport hors site éolien)
Rupture de pale	14/12/2011	Non communiqué	Non communiqué	2,5	2003	Oui	Pale endommagée par la foudre. Fragments retrouvés par l'exploitant agricole à une distance n'excédant pas 300 m.	Foudre	Interne exploitant	Information peu précise sur la distance d'effet
Incendie	03/01/2012	Non communiqué	Non communiqué	2,3	2006	Oui	Départ de feu en pied de tour. Acte de vandalisme : la porte de l'éolienne a été découpée pour y introduire des pneus et de l'huile que l'on a essayé d'incendier. Le feu ne s'est pas propagé, dégâts très limités et restreints au pied de la tour.	Malveillance / incendie criminel	Interne exploitant	Non utilisable directement dans l'étude de dangers (pas de propagation de l'incendie)
Rupture de pale	05/01/2012	Widehem	Pas-de-Calais	0,75	2000	Non	Bris de pales, dont des fragments ont été projetés jusqu'à 380 m. Aucun blessé et aucun dégât matériel (en dehors de l'éolienne).	Tempête + panne d'électricité	Article de presse (La Voix du Nord 06/01/2012) Vidéo DailyMotion Interne exploitant	-
Rupture de pale	15/05/2012	Chemin d'Ablis	Eure-et-Loir	2	2008	Oui	Chute d'une pale de 9 tonnes et rupture du roulement raccordant la pale au hub	Traces de corrosion dans les trous d'alésage traversant une des bagues du roulement	Articles de presse (leFigaro 22/05/2012) et ARIA (n°42919)	-
Effondrement de la tour	30/05/2012	Non communiqué	Aude	0,2	1991	Non	Effondrement de la tour en treillis de 30 m de haut	Rafales de vent à 130 km/h observées durant la nuit	ARIA (n°43110)	-
Projection d'un élément de la pale	01/11/2012	Non communiqué	Cantal	2,5	2011	Oui	Projection d'un élément de 400 g constitutif d'une pale d'éolienne à 70 m du mât		ARIA (n°43120)	-

DDAE – Volet Etude de dangers

Type d'accident	Date	Nom du parc	Département	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information	Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude de dangers
Incendie	05/11/2012	Non communiqué	Aude	0,66	-	-	Projections incandescentes enflamment 80 m ² de garrigue environnante	Câbles électriques non résistants au feu à l'intérieur du mât	ARIA (n°43228)	-
Incendie	17/03/2013		Marne		2011	Oui	Feu dans la nacelle d'une éolienne. Une des pales tombe au sol, une autre menace de tomber.	Défaillance électrique	ARIA (n°43630)	L'exploitant et la société chargée de la maintenance étudient la possibilité d'installer des détecteurs de fumées dans les éoliennes.
Incendie	09/01/2014		Champagne-Ardenne	2,5	-	-	Feu se déclarant vers 18 h au niveau de la partie moteur d'une éolienne.	Incident électrique	ARIA (n°44831)	-
Rupture de pale	20/01/2014		Aude				Chute de pale liées à la rupture d'une pièce à la base de la pale	Usure prématurée	ARIA (n°44870)	Changement du design des pièces
Rupture de pale	14/11/2014	Sources de la Loire	Ardèche				Chute d'une pale un jour d'orage ou les vents atteignent 130km/h		ARIA (n°45960)	
Projection d'un élément de la pale	05/12/2014		Aude				Lors d'une inspection, des techniciens de maintenance constatent le détachement de l'extrémité d'une pale	Défaillance matérielle ou à un décollage sur les plaques en fibre de verre	ARIA (n°46030)	
Incendie	24/08/2015		Eure-et-Loire		2007		Le moteur d'une éolienne a pris feu		Article de presse (la république du centre 24/08/2015)	
Chute d'élément	10/11/2015	Ménil-la-Horgne	Meuse	10.5	2007		Chute des trois pales et du rotor d'une éolienne		Article de presse (France 3 Lorraine 14/11/2015 et L'est républicain 13/11/2015)	

DDAE – Volet Etude de dangers

Type d'accident	Date	Nom du parc	Département	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information	Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude de dangers
Rupture de pale	07/02/2016	Conilhac-Corbières	Aude				Chute de l'aérofrein d'une des pales	Rupture du point d'attache du système mécanique de commande de l'aérofrein	ARIA (n°47675)	
Chute de pale et projection de pale	08/02/2016	Dineault	Finistère	0,3 MW	1999		Une pale chute au sol, un autre se déchire et est retrouvé à 40m du pied du mât		ARIA (n°47680)	
Chute de pale	07/03/2016	Calanhel	Côtes-d'Armor	0,80 MW			Rupture et chute de la pale à 5m du mât.	Rupture du système d'orientation	ARIA (n°47763)	
Chute de pale	18/01/2017	Nurlu	Somme				Décrochage et chute d'une partie de pale		Article de presse (France 3 Picardie 19/01/2017)	
Incendie	06/06/2017	Allonnes	Eure-et-Loir				Incendie du moteur de l'éolienne		Article de presse (L'écho républicain, 06/06/2017)	
Chute de pale	03/08/2017	Parc de l'Osière, commune de Priez	Aisne				Rupture d'une partie de la pale d'éolienne		Article de presse (L'ardennais, 10/08/2017, l'Union 10/08/2017)	
Effondrement éolienne	01/01/2018	Parc éolien de Bouin	Vendée	2 MW	2003		Arrachage de la partie supérieure de la machine (vents supérieurs à 90 km/h)	Mini-tornade lors de la tempête Carmen (vents dépassant les 160 km/h)	Article de presse (Le Parsien, 02/01/2018, France Bleu Loire Océan)	
Effondrement de l'éolienne	07/11/2018	Parc éolien de la Vallée du Moulin, commune de Guigneville	Loiret	3 MW			Effondrement de l'éolienne		Article de presse (FranceInfo Centre Val de Loire, 07/11/2018)	

11.3 ANNEXE 3 – SCÉNARIOS GÉNÉRIQUES ISSUS DE L'ANALYSE PRÉLIMINAIRE DES RISQUES

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

Le tableau générique issu de l'analyse préliminaire des risques est présenté dans la partie 7.4. de la trame type de l'étude

de dangers. Il peut être considéré comme représentatif des scénarios d'accident pouvant potentiellement se produire sur les éoliennes et pourra par conséquent être repris à l'identique dans les études de dangers.

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

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

Scénario G01

En cas de formation de glace, les systèmes de préventions intégrés stopperont le rotor. La chute de ces éléments

interviendra donc dans l'aire surplombée par le rotor, le déport induit par le vent étant négligeable.

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

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

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

Scénario G02

La projection de glace depuis une éolienne en mouvement interviendra lors d'éventuels redémarrage de la machine encore « glacée », ou en cas de formation de glace sur le rotor en mouvement simultanément à une défaillance des systèmes de détection de givre et de balourd. Aux faibles vitesses de vents (vitesse de démarrage ou « cut in »), les projections resteront limitées au surplomb de l'éolienne. A vitesse de rotation nominale, les éventuelles projections seront susceptibles d'atteindre des distances supérieures au surplomb de la machine.

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

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

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

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

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

L'incendie peut aussi être provoqué par l'échauffement des pièces mécaniques en cas d'emballage du rotor (survitesse).

Plusieurs moyens sont mis en place en matière de prévention :

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Scénarios relatifs aux risques de fuites (F01 à F02)

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

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

Scénario F01

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

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

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

Deux événements peuvent être aggravants :

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

Scénario F02

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

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

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

Ce scénario est à adapter en fonction des produits utilisés.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Scénario P01

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

Scénario P02

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

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

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

Scénarios P03

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

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

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

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

11.4 ANNEXE 4 – PROBABILITE D'ATTEINTE ET RISQUE INDIVIDUEL

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

--	--	--	--

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

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

11.5 ANNEXE 5 – GLOSSAIRE

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

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

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

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

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

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

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

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

Gravité : On distingue l'intensité des effets d'un phénomène dangereux de la gravité des conséquences découlant de l'exposition d'enjeux de vulnérabilités données à ces effets. La gravité des conséquences potentielles prévisibles sur les personnes, prises parmi les intérêts visés à l'article L.511-1 du Code de l'environnement, résulte de la combinaison en un point de l'espace de l'intensité des effets d'un phénomène dangereux et de la vulnérabilité des enjeux potentiellement exposés.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Attention aux confusions possibles :

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

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

- Réduction de la probabilité : par amélioration de la prévention, par exemple par ajout ou fiabilisation des mesures de sécurité
- Réduction de l'intensité :

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

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

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

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

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

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

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

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

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

:

ICPE : Installation Classée pour la Protection de l'Environnement

SER : Syndicat des Energies Renouvelables

FEE : France Energie Eolienne

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

EDD : Etude de dangers

APR : Analyse Préliminaire des Risques

ERP : Etablissement Recevant du Public

11.6 ANNEXE 6 – BIBLIOGRAPHIE ET RÉFÉRENCES UTILISÉES

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

- [16] Rapport sur la sécurité des installations éoliennes, Conseil Général des Mines – Guillet R., Leteurtois J.-P. – juillet 2004
- [17] Risk analysis of ice throw from wind turbines, Seifert H., Westerhellweg A., Kröning J. – DEWI, avril 2003
- [18] Wind energy in the BSR: impacts and causes of icing on wind turbines, Narvik University College, novembre 2005