

Projet éolien de Viâpres-le-Petit

Communes de Viâpres-le-Petit et de Allibaudières (10)

Etude de dangers

Rédaction de l'étude :

Ora environnement

76 avenue des Vosges
67000 STRASBOURG



Août 2022

Maître d'ouvrage :

INTERVENT SAS

3 boulevard de l'Europe
Tour de l'Europe 183
68100 MULHOUSE



1	Préambule.....	5		
1.1	Objectifs de l'étude de dangers	5		
1.2	Contexte législatif et réglementaire.....	5		
1.3	Nomenclature des installations classées	5		
2	Informations générales concernant l'installation	6		
2.1	Renseignements administratifs.....	6		
2.2	Le projet de Viâpres-le-Petit	6		
2.3	Définition de l'aire d'étude.....	7		
3	Description de l'environnement de l'installation	8		
3.1	Environnement humain.....	8		
3.1.1	Zones urbanisées	8		
3.1.2	Etablissements recevant du public (ERP).....	8		
3.1.3	Installations classées pour la protection de l'environnement et installations nucléaires	8		
3.1.4	Autres activités	8		
3.2	Environnement naturel	9		
3.2.1	Contexte climatique	9		
3.2.2	Risques naturels	10		
3.3	Environnement matériel	14		
3.3.1	Voies de communication	14		
3.3.2	Réseaux publics et privés	14		
3.3.3	Autres ouvrages publics	14		
3.4	Cartographie de synthèse	14		
4	Description de l'installation	16		
4.1	Caractéristiques de l'installation.....	16		
4.1.1	Caractéristiques générales d'un parc éolien.....	16		
4.1.2	Activité de l'installation	18		
4.1.3	Composition de l'installation.....	18		
4.2	Fonctionnement de l'installation.....	19		
4.2.1	Principe de fonctionnement d'un aérogénérateur	19		
4.2.2	Sécurité de l'installation	19		
4.2.3	Protection incendie.....	19		
4.2.4	Opérations de maintenance de l'installation.....	22		
4.3	Fonctionnement des réseaux de l'installation	23		
4.3.1	Raccordement électrique.....	23		
4.3.2	Autres réseaux	23		
5	Identification des potentiels de dangers de l'installation	24		
5.1	Potentiels de dangers liés aux produits et déchets.....	24		
5.1.1	Produits nécessaires au bon fonctionnement des installations	24		
5.1.2	Produits de nettoyage et d'entretien.....	25		
5.2	Potentiels de dangers liés au fonctionnement de l'installation.....	25		
5.3	Réduction des potentiels de dangers à la source	26		
5.3.1	Réduction des dangers liés aux produits	26		
5.3.2	Utilisation des meilleures techniques disponibles.....	26		
6	Analyse des retours d'expérience	27		
6.1	Inventaire des accidents et incidents en France.....	27		
6.2	Inventaire des accidents et incidents à l'international	28		
6.3	Synthèse des phénomènes dangereux redoutés issus du retour d'expérience.....	28		
6.3.1	Analyse de l'évolution des accidents en France	28		
6.3.2	Analyse des typologies d'accidents les plus fréquents.....	28		
6.4	Limites d'utilisation de l'accidentologie	29		
7	Analyse préliminaire des risques	30		
7.1	Objectif de l'analyse préliminaire des risques	30		
7.2	Recensement des événements initiateurs exclus de l'analyse des risques	30		
7.3	Recensement des agressions externes potentielles.....	30		
7.3.1	Agressions externes liées aux activités humaines.....	30		
7.3.2	Agressions externes liées aux phénomènes naturels	31		
7.4	Scénarios étudiés dans l'analyse préliminaire des risques	31		
7.5	Effets dominos.....	33		
7.6	Mise en place des mesures de sécurité.....	33		
7.7	Conclusion de l'analyse préliminaire des risques	37		
8	Etude détaillée des risques.....	38		
8.1	Rappel des définitions.....	38		
8.1.1	Cinétique	38		
8.1.2	Intensité	38		

8.1.3	Gravité	40
8.1.4	Probabilité	40
8.2	Caractérisation des scénarios retenus	41
8.2.1	Effondrement de l'éolienne.....	41
8.2.2	Chute de glace	43
8.2.3	Chute d'éléments de l'éolienne.....	44
8.2.4	Projection de pales ou de fragments de pales	46
8.2.5	Projection de glace.....	48
8.3	Synthèse de l'étude détaillée des risques.....	50
8.3.1	Tableaux de synthèse des scénarios étudiés.....	50
8.3.2	Synthèse de l'acceptabilité des risques	50
8.3.3	Cartographie des risques.....	51
9	Moyens de secours et d'intervention	58
9.1	Moyens internes	58
9.2	Moyens externes.....	58
9.3	Traitement de l'alerte.....	58
9.4	Implantation des bases de maintenance	59
10	Conclusion	59
11	Annexes	60
11.1	Annexe 1 – Méthode de comptage des personnes pour la détermination de la gravité potentielle d'un accident à proximité d'une éolienne.....	60
11.1.1	Terrains non bâtis	60
11.1.2	Voies de circulation	60
11.1.3	Logements.....	60
11.1.4	Etablissements recevant du public (ERP).....	60
11.1.5	Zones d'activité	60
11.2	Annexe 2 – Tableau de l'accidentologie française.....	61
11.3	Annexe 3 – Scénarios génériques issus de l'analyse préliminaire des risques	65
11.3.1	Scénarios relatifs aux risques liés à la glace (G01 et G02).....	65
11.3.2	Scénarios relatifs aux risques d'incendie (I01 à I07).....	65
11.3.3	Scénarios relatifs aux risques de fuites (F01 à F02)	65
11.3.4	Scénarios relatifs aux risques de chute d'éléments (C01 à C03).....	66
11.3.5	Scénarios relatifs aux risques de projection de pales ou de fragments de pales (P01 à P06)	66
11.3.6	Scénarios relatifs aux risques d'effondrement des éoliennes (E01 à E10)	66
11.4	Annexe 4 – Probabilité d'atteinte et Risque individuel	67

11.5	Annexe 5 –Glossaire	67
11.6	Annexe 6 – Bibliographie et références utilisées	69
11.7	Annexe 7 – Documentation constructeur	69
	Annexe 7.1 – Mode tempête.....	69
	Annexe 7.2a – Détecteurs de fumée	69
	Annexe 7.2b – Protection contre les incendies	69
	Annexe 7.3 – Protection contre la foudre.....	69
	Annexe 7.4a – Système de détection de glace Wölfel.....	69
	Annexe 7.4b – Système de détection de glace Labko	69

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 la société Gingembre pour caractériser, analyser, évaluer, prévenir et réduire les risques du parc éolien de Viâpres-le-Petit, 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 du parc de Viâpres-le-Petit. Le choix de la méthode d'analyse utilisée et la justification des mesures de prévention, de protection et d'intervention sont adaptés à la nature et la complexité des installations et de leurs risques. Elle précise l'ensemble des mesures de maîtrise des risques mises en œuvre sur le parc éolien de Viâpres-le-Petit, 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 dans la partie du Code de l'environnement relative aux installations classées. 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 en cas d'accident, que la cause soit interne ou externe à l'installation.

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

Ainsi, l'étude de dangers a pour objectif de démontrer la maîtrise du risque par l'exploitant. Elle comporte une analyse des risques qui présente les différents scénarios d'accidents majeurs susceptibles 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, en des termes laconiques, par l'article L. 181-25 du Code de l'environnement :

- 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 ;
- 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 ;
- Les mesures propres à réduire la probabilité et les effets de ces accidents.

Il convient de préciser que l'article R. 512-9 du code de l'environnement qui définissait exhaustivement le contenu de l'étude de dangers et exigeait la fourniture d'un résumé non technique de l'étude de dangers a été abrogé par le Décret n°2017-81 en date du 26 janvier 2017 relatif à l'autorisation environnementale. Aucun article réglementaire du code de l'environnement n'a depuis repris cette exigence de production d'un résumé non technique de l'étude de dangers.

Par ailleurs, la circulaire du 10 mai 2010 récapitulant les règles méthodologiques applicables aux études de dangers, à l'appréciation de la démarche de réduction du risque à la source et aux plans de prévention des risques technologiques (PPRT) dans les installations classées en application de la loi du 30 juillet 2003 précise la méthodologie attendue pour la réalisation de l'étude de dangers.

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°	DESIGNATION 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 la hauteur du mât et de la nacelle au-dessus du sol est supérieure ou égale à 50 m.....	A	6
	2. Comprenant uniquement des aérogénérateurs dont la hauteur du mât et de la nacelle au-dessus du sol est inférieure à 50 m et au moins un aérogénérateur dont la hauteur du mât et de la nacelle au-dessus du sol est supérieure ou égale à 12 m, lorsque la puissance totale installée est :		
	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.

Tableau 1 : Rubrique de la nomenclature ICPE

Le parc éolien de Viâpres-le-Petit comprend au moins un aérogénérateur dont la hauteur du mât et de la nacelle au-dessus du sol est 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.

2 INFORMATIONS GENERALES CONCERNANT L'INSTALLATION

2.1 RENSEIGNEMENTS ADMINISTRATIFS

L'exploitant du parc éolien de Viâpres-le-Petit est la Société d'Exploitation du Parc Eolien (SEPE) Gingembre, immatriculée sous le numéro 892 768 557 au RCS de Mulhouse et domiciliée au 3 boulevard de l'Europe - Tour de l'Europe 183 - 68100 Mulhouse.

Le rédacteur de la présente étude est Damien Geffroy, Chargé d'études au sein du bureau d'études Ora environnement, S.A.R.L. immatriculée sous le numéro 820 828 333 au R.C.S. de Strasbourg et domiciliée au 76 avenue des Vosges, 67000 STRASBOURG.

2.2 LE PROJET DE VIÂPRES-LE-PETIT

Le projet éolien de Viâpres-le-Petit est composé de six éoliennes et de trois postes de livraison, localisés sur les communes de Viâpres-le-Petit et Allibaudières, dans le département de l'Aube en région Grand-Est.

Plusieurs modèles d'éoliennes sont envisagés sur ce projet. Afin d'être conservateur dans les calculs de l'étude de dangers, le modèle retenu dans la présente étude est celui présentant le plus grand gabarit : l'éolienne Enercon E-160. Ses caractéristiques sont rappelées dans le tableau suivant :

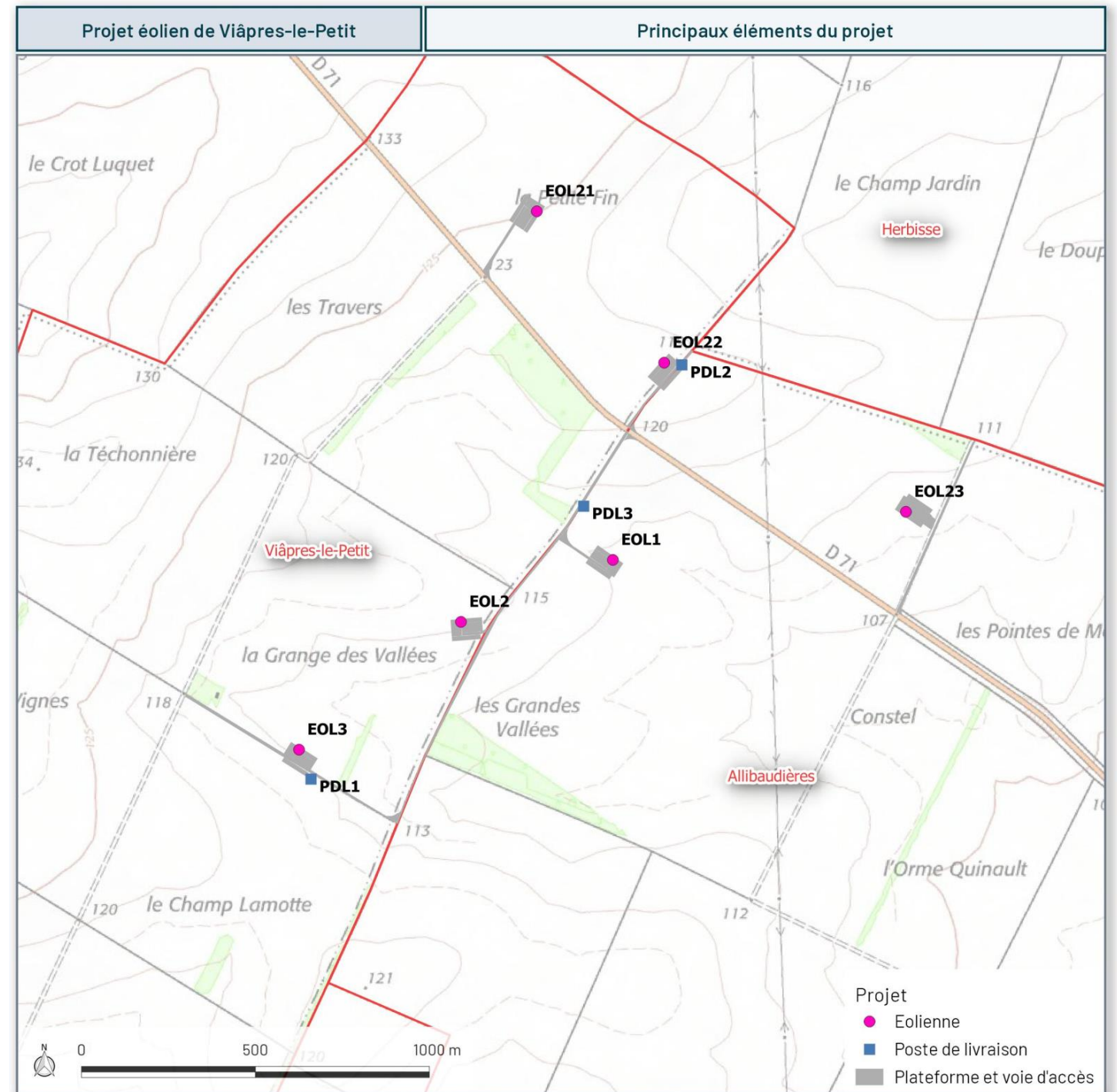
Caractéristiques	Enercon E-160
Hauteur totale maximale	220 m
Diamètre du rotor	160 m
Hauteur du mât	140 m
Largeur du mât à la base	9,1 m
Largeur de la base de la pale	4,1 m

Tableau 2 : Caractéristiques des éoliennes

Les coordonnées de chacune des machines sont données dans le tableau suivant :

Eolienne ou PDL	Coordonnées WGS 84 (DMS)	
	Latitude	Longitude
EOL1	N 48°35'55.3	E 4°04'43.4
EOL2	N 48°35'49.7	E 4°04'22.0
EOL3	N 48°35'38.0	E 4°03'59.0
EOL21	N 48°36'27.9	E 4°04'33.4
EOL22	N 48°36'13.6	E 4°04'51.0
EOL23	N 48°35'59.4	E 4°05'24.6
PDL 1	N 48°35'35.3	E 4°04'00.7
PDL 2	N 48°36'13.4	E 4°04'53.5
PDL 3	N 48°36'00.4	E 4°04'39.4

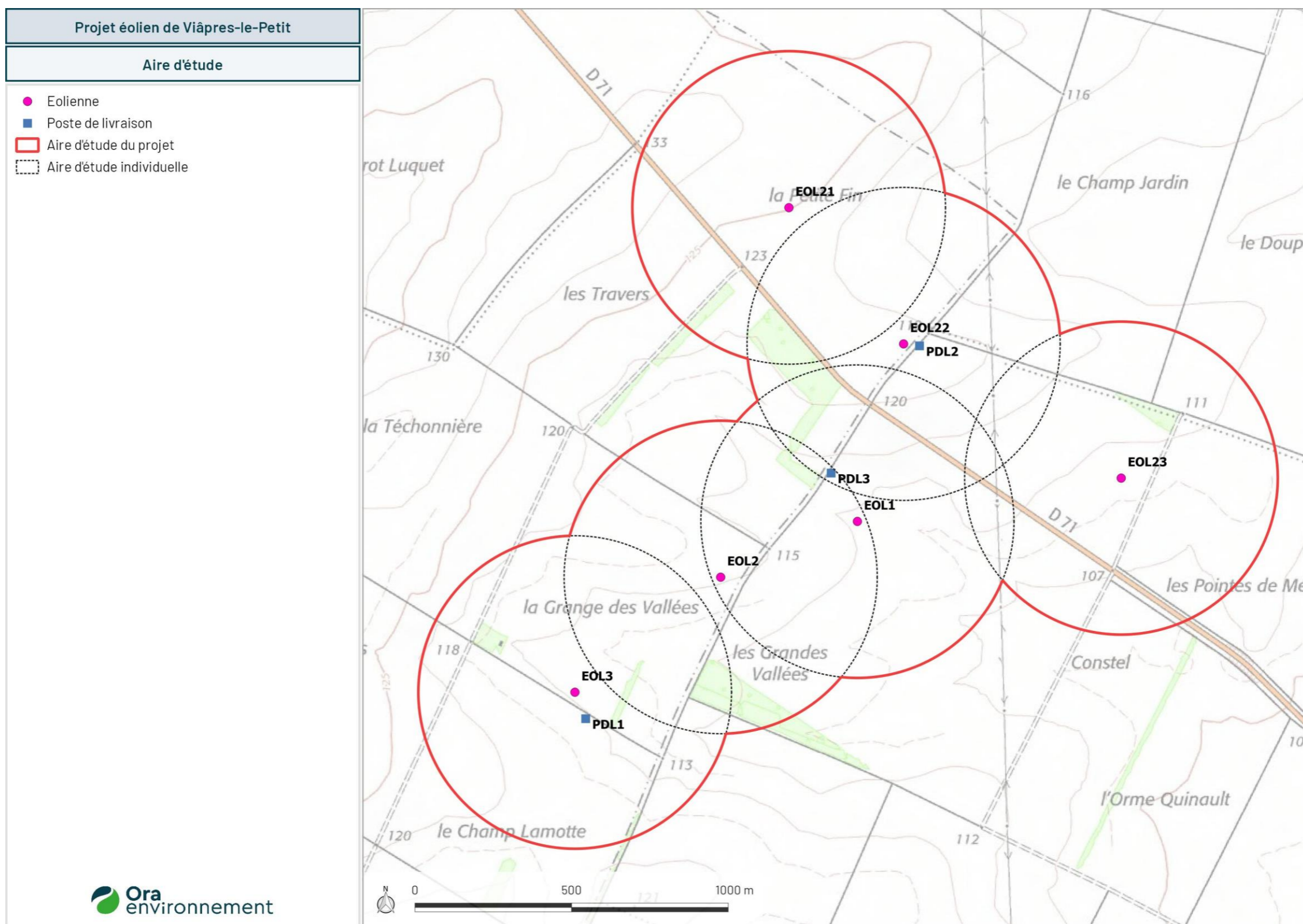
Tableau 3 : Coordonnées géographiques des éléments du projet



Carte 1 : Localisation des principaux éléments du projet

2.3 DEFINITION DE L'AIRES D'ETUDE

Compte tenu des spécificités de l'organisation spatiale d'un parc éolien, composé de plusieurs éléments disjoints, la zone sur laquelle porte l'étude de dangers est constituée d'une aire d'étude par éolienne. Chaque aire d'étude correspond à l'ensemble des points situés à une distance inférieure ou égale à 500 m à partir de l'emprise du mât de l'aérogénérateur. Cette distance équivaut à la distance d'effet retenue pour les phénomènes de projection, telle que définie au paragraphe 8.2.4. La zone d'étude n'intègre pas de tampon de 500 m autour 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.



3 DESCRIPTION DE L'ENVIRONNEMENT DE L'INSTALLATION

Ce chapitre a pour objectif de décrire l'environnement dans la zone d'étude, 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

Les habitations les plus proches sont à plus de 1 400 m des éoliennes du projet.

Lieu	Commune	Nombre d'habitants	Eolienne la plus proche	Distance
Les Fontaines (D10)	Allibaudières	215	EOL23	1 490 m
Bonne Voisine	Champfleury	114	EOL21	2 278 m
L'Etang des Bouillons	Allibaudières	215	EOL3	2 681 m
La Gloue	Herbisse	171	EOL23	2 459 m

Tableau 4 : Distance aux zones habitables les plus proches

3.1.2 Etablissements recevant du public (ERP)

Aucun ERP n'est présent dans l'aire d'étude. Les ERP sont situés dans les villages alentours au projet, à plus de 1 500 m des éoliennes.

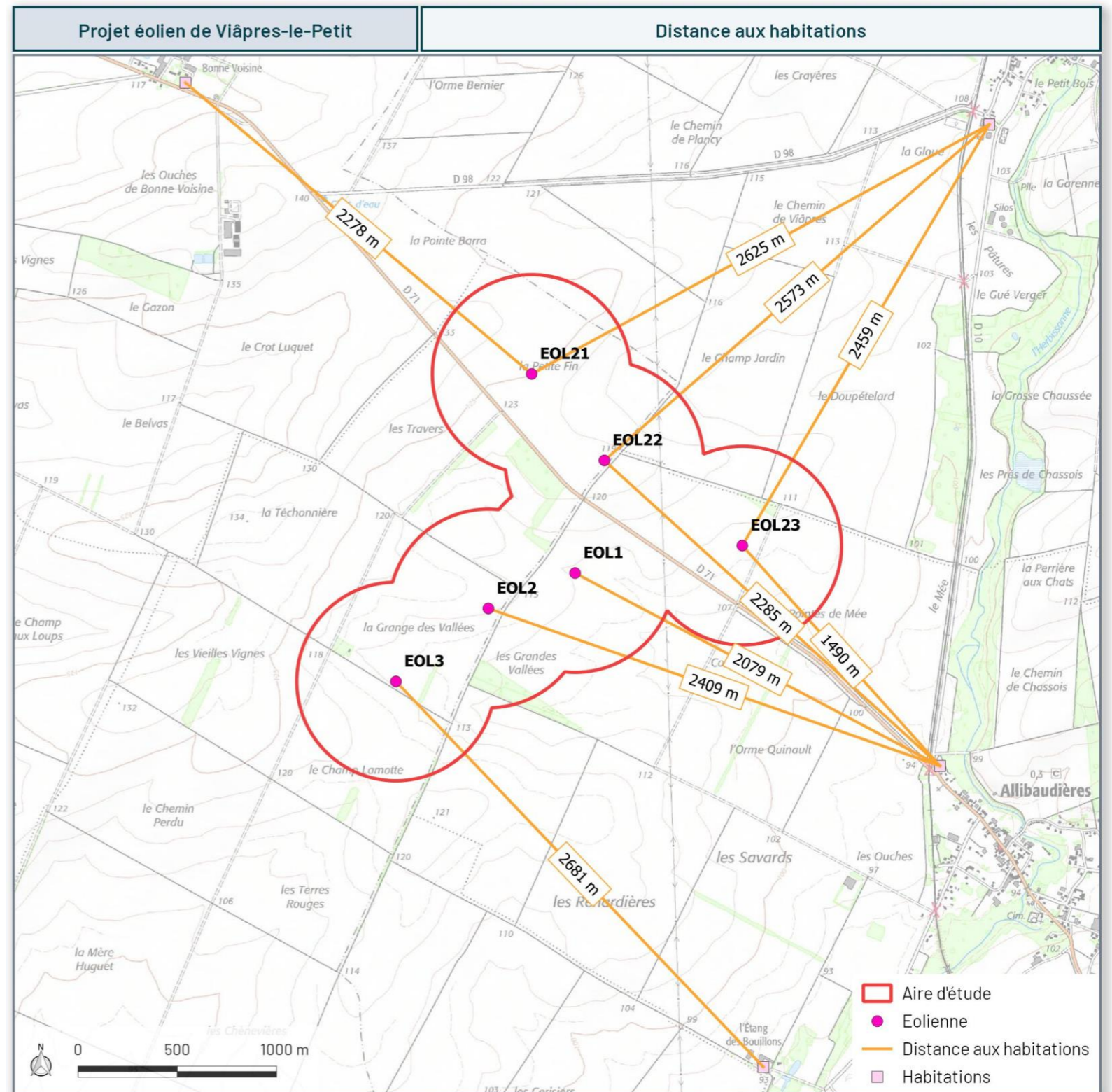
3.1.3 Installations classées pour la protection de l'environnement et installations nucléaires

Aucune installation classée pour la protection de l'environnement n'est présente dans l'aire d'étude. La plus proche correspond aux éoliennes des parcs voisins.

Aucun établissement nucléaire n'est recensé à moins de 40 km.

3.1.4 Autres activités

Les parcelles voisines aux éoliennes sont principalement destinées à la culture et à l'élevage.



Carte 3 : Distances aux habitations

3.2 ENVIRONNEMENT NATUREL

3.2.1 Contexte climatique

3.2.1.1 Normales climatiques

Le climat de l'Aube se caractérise par un climat tempéré océanique humide à amplitudes thermiques faibles. Les données présentées ici sont celles de la station de Dosnon (5 km à l'est de l'aire d'étude), issues des normales climatiques sur la période 1981-2010, à l'exception des informations relatives à l'orage et au brouillard qui sont issues de la station de Troyes à 25 km au sud de l'aire d'étude.

Les températures moyennes fluctuent relativement peu en fonction des saisons, avec des températures minimales de 2,9°C en janvier et des températures maximales de 19,1°C en août. La station de mesure montre une température moyenne annuelle de 10,7°C.

Température moyenne (°C)												
Jan.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Moy.
2.9	3.6	6.8	9.6	13.8	16.6	19.1	18.8	15.2	11.5	6.4	3.5	10.7

Tableau 5 : Températures moyennes (Source : Météo France)

La formation de gel peut potentiellement intervenir **72,4 jours/an en moyenne**, sur une période s'étendant de septembre à mai lorsque les températures sont inférieures à 0°C.

Nombre de jours avec des températures inférieures ou égales à 0°C												
Jan.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Année
15.1	14.9	11.6	6.1	0.4	0	0	0	0.1	2.5	8.4	13.4	72.4

Tableau 6 : Nombre de jours potentiels de gel (Source : Météo France)

Les précipitations annuelles moyennes sont d'environ 726,5 mm et sont relativement bien réparties sur l'année avec une légère prépondérance pour les mois d'octobre et de décembre.

Hauteur moyenne des précipitations (en mm)												
Jan.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Année
58.8	50.6	55.2	53.2	62.6	59.8	61.2	58.7	59.6	69.1	60.6	77.1	726.5

Tableau 7 : Hauteurs moyennes des précipitations (Source : Météo France)

La visibilité est réduite en moyenne **34,3 jours/an lors de la présence de brouillard**. Enfin, on dénombre en moyenne **18,7 jours d'orage par an**.

Nombre de jours de brouillard et d'orage													
	Jan.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Année
Brouillard	3.5	2.8	2.2	1.6	1.4	1.9	0.9	1.9	3.8	5.3	5.2	3.7	34.3
Orage	0.1	0.1	0.4	1.2	3.0	3.5	4.3	3.2	1.6	0.9	0.2	0.2	18.7

Tableau 8 : Nombre de jours de brouillard et d'orage (Source : Météo France)

Les vents dominants sur le site proviennent du sud-ouest. On dénombre en moyenne 20,2 jours par an avec des rafales de vent supérieures à 58 km/h et 0,8 jour par an avec des rafales supérieures à 100 km/h. La rafale maximale de vent à Dosnon a été enregistrée à environ 144 km/h en 1999.

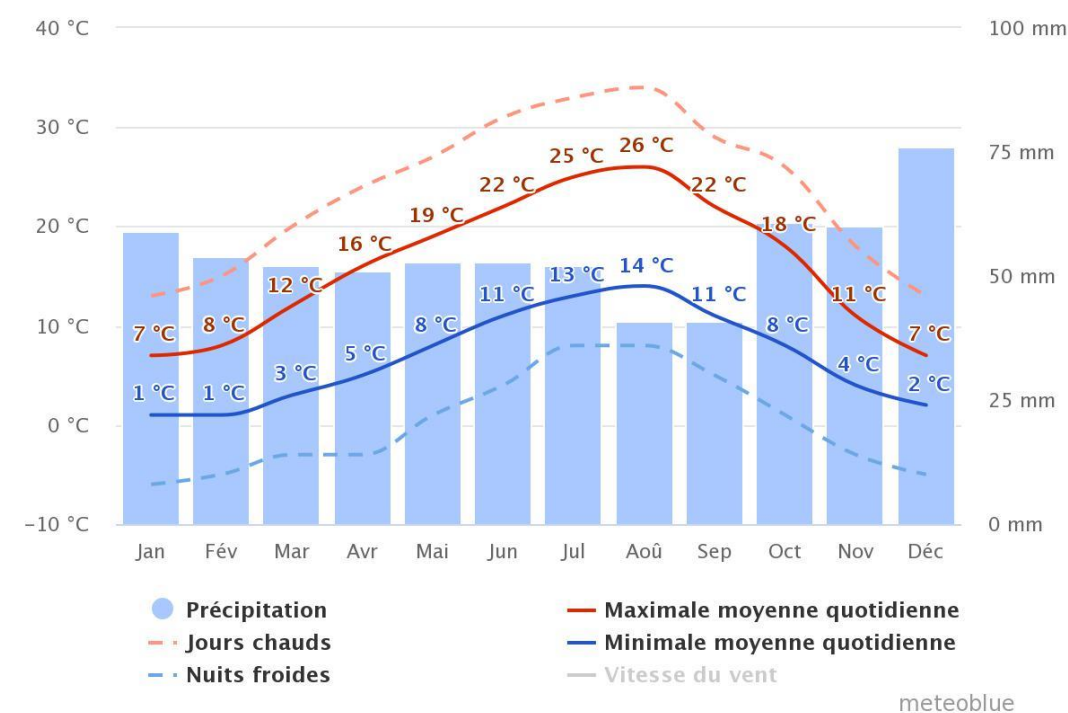


Figure 1 : Températures et précipitations moyennes à Dosnon (Source : Meteoblue)

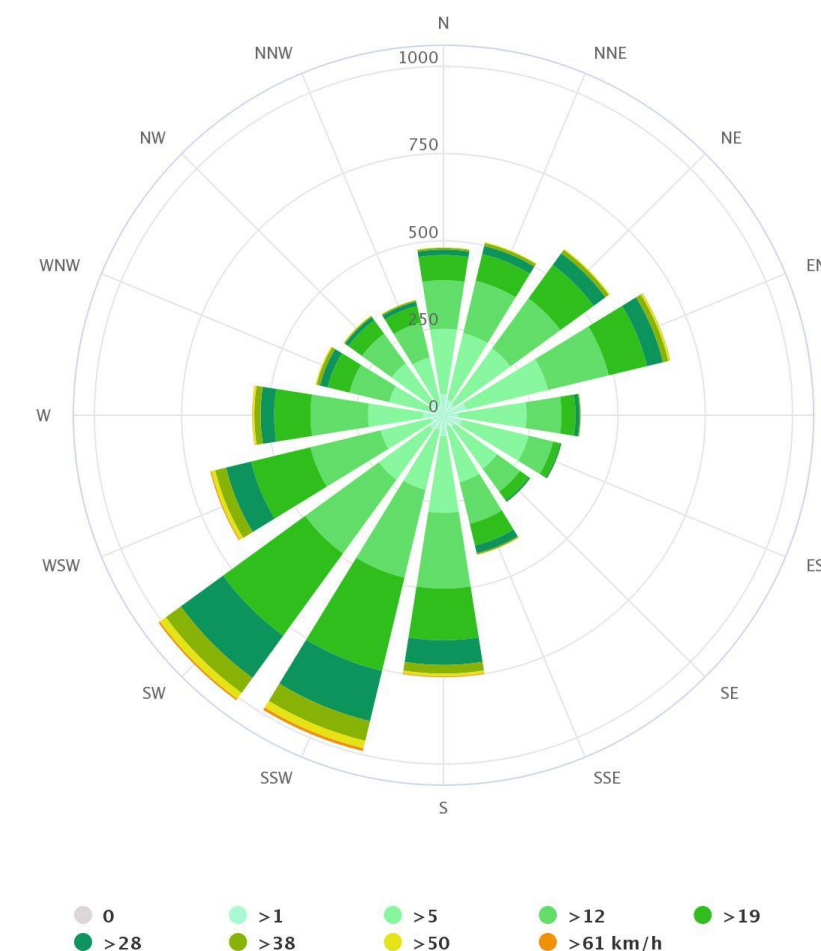


Figure 2 : Roses des vents à Dosnon (Source : Meteoblue)

3.2.2 Risques naturels

3.2.2.1 Dossier départemental des risques majeurs

L'objectif du dossier départemental des risques majeurs (DDRM) est d'informer et de sensibiliser les élus locaux et les citoyens sur les risques potentiels auxquels ils sont exposés, afin de développer une véritable culture des risques et l'appropriation des mesures pertinentes pour les prévenir et s'en protéger.

Le DDRM liste les risques potentiels sur le territoire. Il a ainsi été consulté afin de recenser les risques au droit de la zone d'implantation potentielle. Les risques potentiels vis-à-vis des feux de forêt ne sont pas indiqués dans le DDRM. Etant donné la nature peu boisée de l'aire d'étude, le risque est considéré comme nul.

Commune	Inondation	Feu de forêt	Mouvement de terrain	Séisme	Tempête
Viâpres-le-Petit	Non	Non	Non	Zone 1	Oui
Plancy-l'Abbaye	Non	Non	Non	Zone 1	Oui
Champfleury	Non	Non	Non	Zone 1	Oui
Herbisse	Non	Non	Non	Zone 1	Oui
Allibaudières	Non	Non	Non	Zone 1	Oui

Tableau 9 : Liste des risques identifiés par commune (Source : DDRM 10)

3.2.2.2 Arrêtés de catastrophes naturelles

Le tableau suivant recense les arrêtés de catastrophe naturelle sur les communes de l'aire d'étude immédiate. Chaque commune a pris un arrêté pour inondations, coulées de boue, mouvements de terrain et tempêtes. Viâpres-le-Petit et Champfleury ont pris un arrêté pour inondation et coulée de boue, respectivement en 2018 et 1992, tandis que Plancy-l'Abbaye et Allibaudières ont pris un arrêté pour inondation par remontée de nappe phréatique en 2018.

Commune	Inondations, coulées de boue et mouvements de terrain	Inondations et coulées de boue	Inondations par remontées de nappe phréatique
Viâpres-le-Petit	1	1	-
Plancy-l'Abbaye	1	-	1
Champfleury	1	1	-
Herbisse	1	-	-
Allibaudières	1	-	1

Tableau 10 : Liste des arrêtés portant reconnaissance de l'état de catastrophe naturelle (Données : <http://www.georisques.gouv.fr/>)

3.2.2.3 Inondations

D'après le site Géorisques, ce risque est directement lié aux précipitations et conditions météo-marines :

- Orages d'été qui provoquent des pluies violentes et localisées ;
- Perturbations orageuses d'automne, notamment sur la façade méditerranéenne, mais dont les effets peuvent se faire ressentir dans toute la moitié sud du pays ;
- Pluies océaniques qui occasionnent des crues en hiver et au printemps, surtout dans le nord et l'ouest de la France ;
- Fonte brutale des neiges au rôle parfois amplificateur, en particulier si des pluies prolongées et intenses interviennent alors ;
- Pluviométrie importante durant plusieurs mois voire plusieurs années successives
- Basses pressions atmosphériques et fort vent d'afflux.

Les bassins versants et cellules hydrosédimentaires, selon leur taille, peuvent y répondre par des crues, des ruissellements, des remontées de nappe ou des submersions de divers types en fonction de l'intensité, de la durée et de la répartition de ces précipitations.

Le risque peut être amplifié selon la pente du bassin versant et sa couverture végétale qui accélèrent ou ralentissent les écoulements, selon les capacités d'absorption et d'infiltration des sols (ce qui par ailleurs alimente les nappes souterraines) et surtout selon l'action de l'homme qui modifie les conditions d'écoulement en s'installant sur des zones particulièrement vulnérables. Des phénomènes particuliers, souvent difficilement prévisibles, peuvent aussi aggraver très fortement localement le niveau de risque, qu'ils soient naturels (débâcle glaciaire par exemple) ou anthropiques (rupture de digues, etc).

Inondations de plaine

La rivière sort de son lit lentement et occupe son lit moyen et éventuellement son lit majeur. La plaine peut être inondée pendant une période relativement longue car la faible pente ralentit l'évacuation de l'eau.

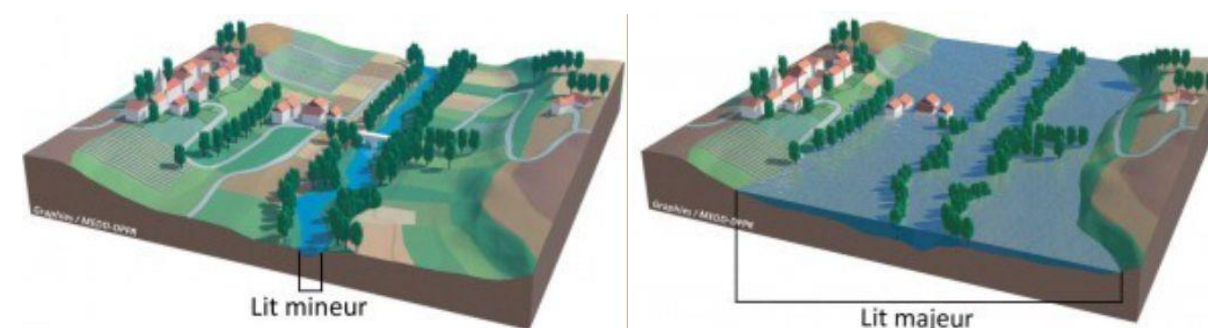


Figure 3 : Risque inondation de plaine (Source : Géorisques)

La sécurité des riverains est souvent compromise, en grande partie pour le non-respect des consignes ou par méconnaissance du risque. En parallèle, les conséquences économiques des zones inondées sont hautement significatives, puisque la durée des inondations peut dépasser les semaines, ce qui entraîne des dégâts matériels considérables pour les personnes, ainsi que des désordres sanitaires et publics coûteux pour la ville.

Les communes étudiées ne sont pas concernées par un Atlas de Zones Inondable (AZI). Le cours d'eau le plus proche concerné par un AZI est l'Aube, située à 2 km au sud de l'aire d'étude.

Inondation par remontée de nappe en domaine sédimentaire

Les nappes phréatiques sont dites « libres » lorsqu'aucune couche imperméable ne les sépare du sol. Elles sont alimentées par la pluie, dont une partie s'infiltré dans le sol et rejoint la nappe.

Lorsque l'eau de pluie atteint le sol, une partie est évaporée. Une seconde partie s'infiltré et est reprise plus ou moins vite par l'évaporation et par les plantes, une troisième s'infiltré plus profondément dans la nappe. Après avoir traversé les terrains contenant à la fois de l'eau et de l'air, qui constituent la zone non saturée (ZNS), elle atteint la nappe où les vides de roche ne contiennent plus que de l'eau, et qui constitue la zone saturée. On dit que la pluie recharge la nappe.

C'est durant la période hivernale que la recharge survient car : les précipitations sont les plus importantes, la température et l'évaporation sont faibles et la végétation est peu active et ne prélève pratiquement pas d'eau dans le sol.

A l'inverse durant l'été la recharge est faible ou nulle. Ainsi on observe que le niveau des nappes s'élève rapidement en automne et en hiver, jusqu'au milieu du printemps. Il décroît ensuite en été pour atteindre son minimum au début de l'automne. On appelle « battement de la nappe » la variation de son niveau au cours de l'année.

Si des éléments pluvieux exceptionnels surviennent et engendrent une recharge exceptionnelle, le niveau de la nappe peut atteindre la surface du sol. La zone non saturée est alors totalement envahie par l'eau lors de la montée du niveau de la nappe : c'est l'inondation par remontée de nappe.

On conçoit que plus la zone non saturée est mince, plus l'apparition d'un tel phénomène est probable.

On appelle zone « sensible aux remontées de nappes » un secteur dont les caractéristiques d'épaisseur de la Zone Non Saturée, et de l'amplitude du battement de la nappe superficielle, sont telles qu'elles peuvent déterminer une émergence de la nappe au niveau du sol, ou une inondation des sous-sols à quelques mètres sous la surface du sol.

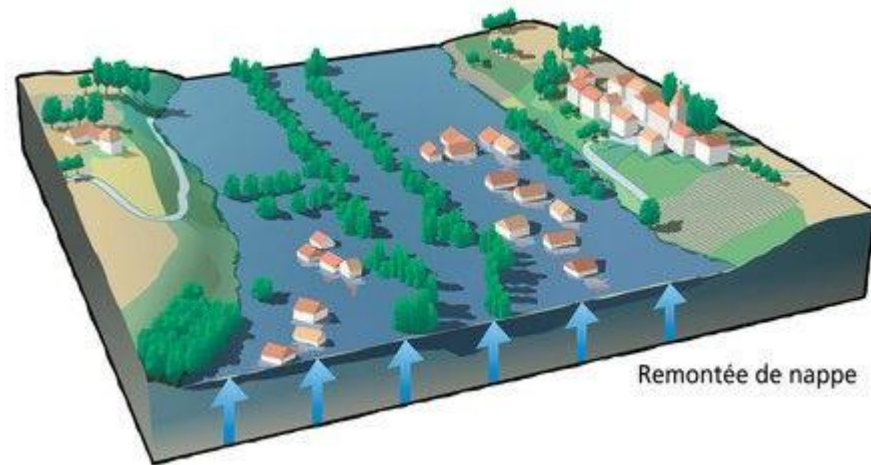
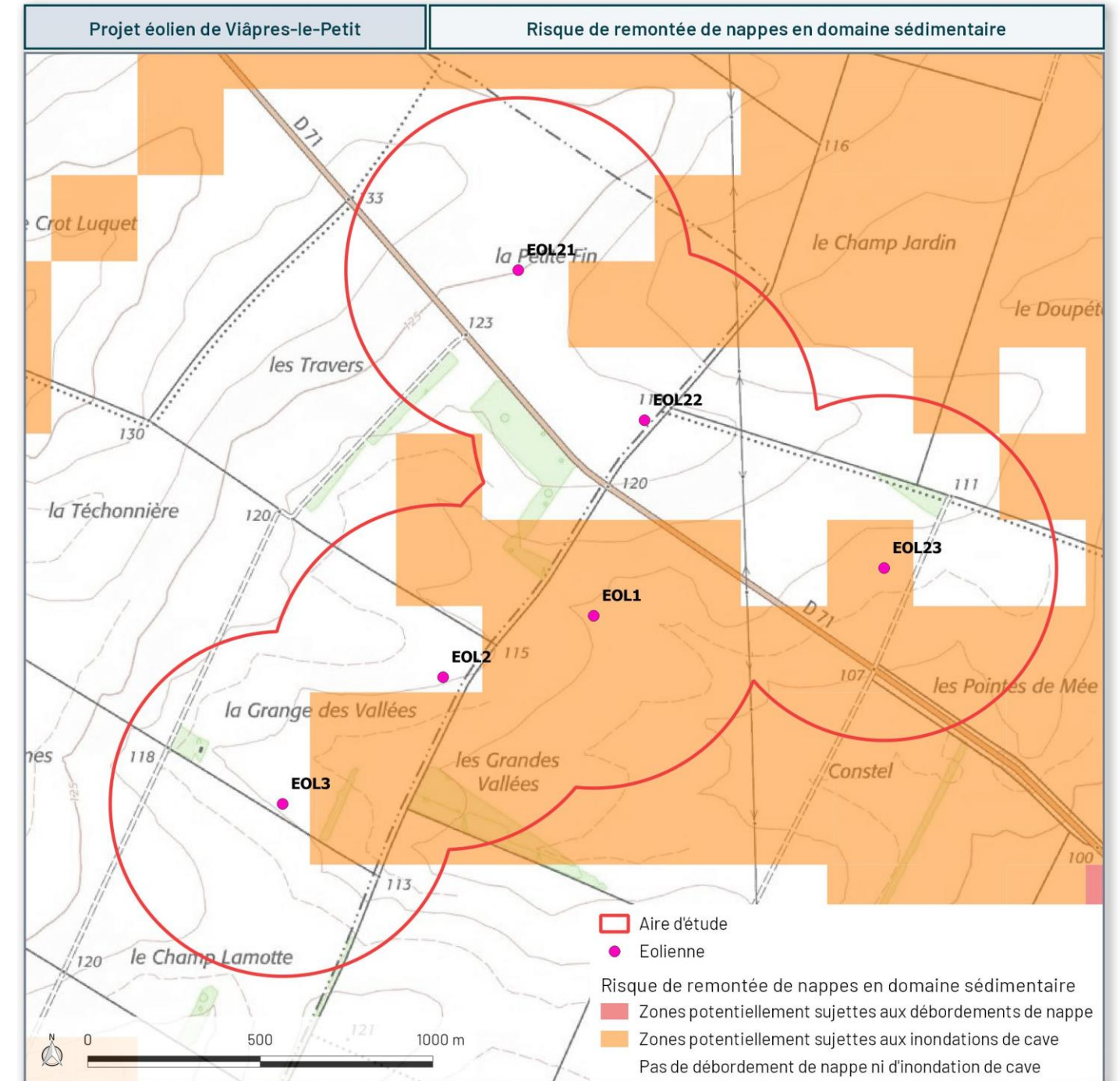


Figure 4 : Risque de remontée de nappe (Source : Géorisques)

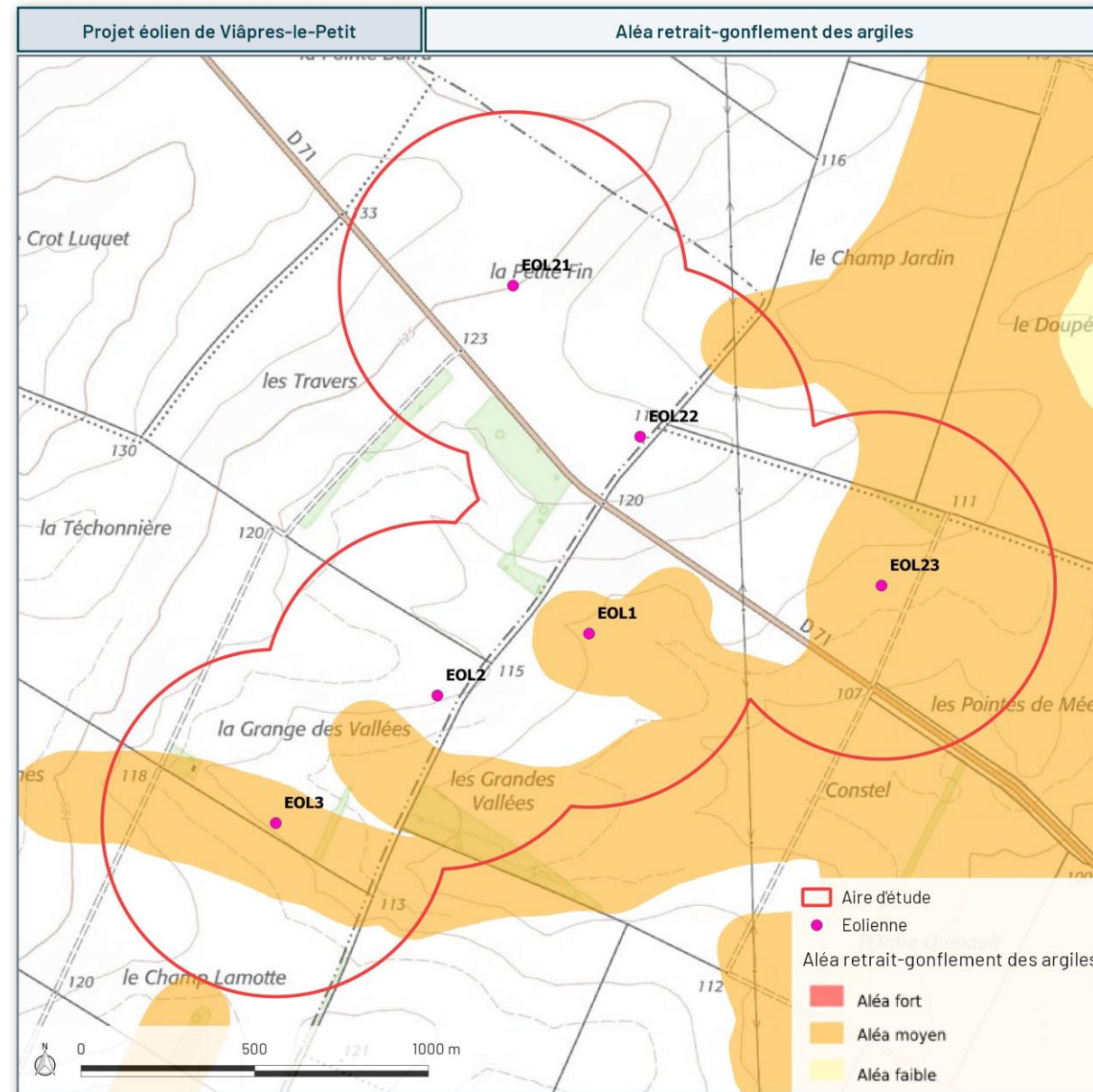
Les éoliennes, notamment E1 et E23, sont potentiellement concernées par ce risque.



Carte 4: Carte de remonte des nappes (Données : BRGM)

3.2.2.4 Mouvements de terrain

Un mouvement de terrain est un phénomène qui se caractérise par un déplacement, plus ou moins brutal, du sol ou du sous-sol sous l'effet d'influences naturelles (agent d'érosion, pesanteur...) ou anthropiques (exploitation de matériaux, déboisement, terrassement...). Il se manifeste de diverses manières, lentes ou rapides, en fonction des mécanismes initiateurs, des matériaux considérés et de leur structure. Les mouvements lents et continus concernent les tassements et les affaissements de sols, le retrait-gonflement des argiles et les glissements de terrain le long d'une pente. Les mouvements rapides et discontinus concernent quant à eux les effondrements de cavités souterraines naturelles ou artificielles (carrières et ouvrages souterrains), écroulements et les chutes de blocs, coulées boueuses et torrentielles, ainsi que l'érosion de berges. **L'aléa retrait-gonflement des argiles est considéré comme moyen à nul au droit des éoliennes.**



Carte 5 : Carte du risque de retrait-gonflement des argiles (Données : BRGM)

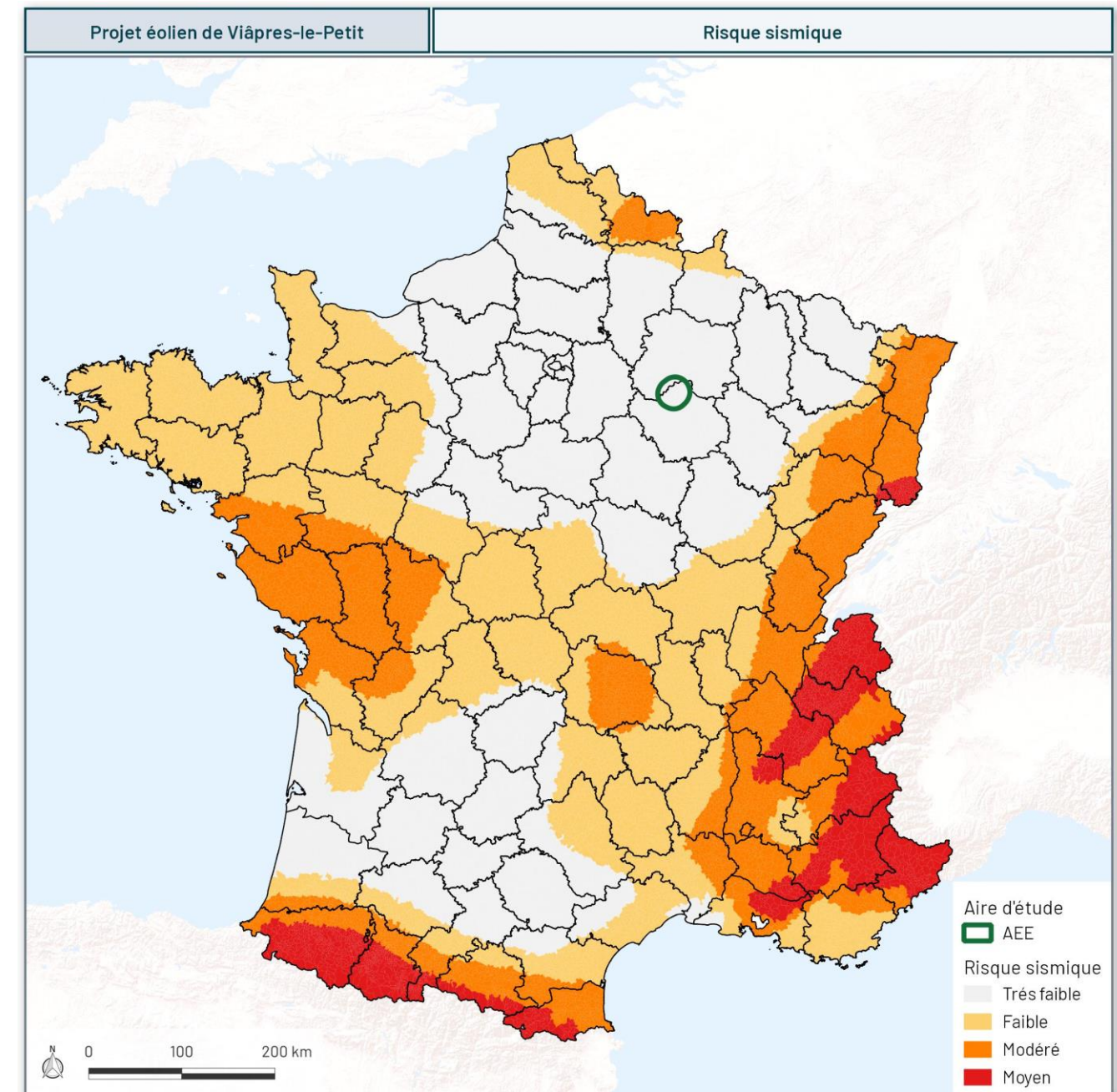
Les communes étudiées pour ce projet n'ont pas fait l'objet d'éboulement ou affaissement de terrain d'après le DDRM. Aucun Plan de Prévention des Risques Mouvement de Terrain n'est adopté sur ces communes. La consultation de la base de données des cavités souterraines du BRGM n'a en outre pas permis de mettre en évidence la présence de cavité dans l'aire d'étude.

3.2.2.5 Sismicité

Un séisme ou tremblement de terre correspond à une fracturation des roches en profondeur, le long d'une faille généralement préexistante. Cette rupture s'accompagne d'une libération soudaine d'une grande quantité d'énergie. Différents types d'ondes sismiques rayonnent à partir du foyer, point où débute la fracturation. Elles se traduisent en surface par des vibrations du sol. L'intensité, observée en surface, dépendra étroitement de ces deux paramètres (profondeur et magnitude) et de la distance à l'épicentre. La France dispose d'un zonage sismique divisant le territoire national en cinq zones de sismicité croissante :

- Une zone de sismicité 1 (très faible) où il n'y a pas de prescription parasismique particulière pour les ouvrages « à risque normal » ;
- Quatre zones de sismicité 2 à 5, où les règles de construction parasismique sont applicables aux bâtiments.

Les communes du projet se situent dans une zone de sismicité 1. L'aléa sismique est donc qualifié de très faible.



Carte 6 : Zonage sismique de la France

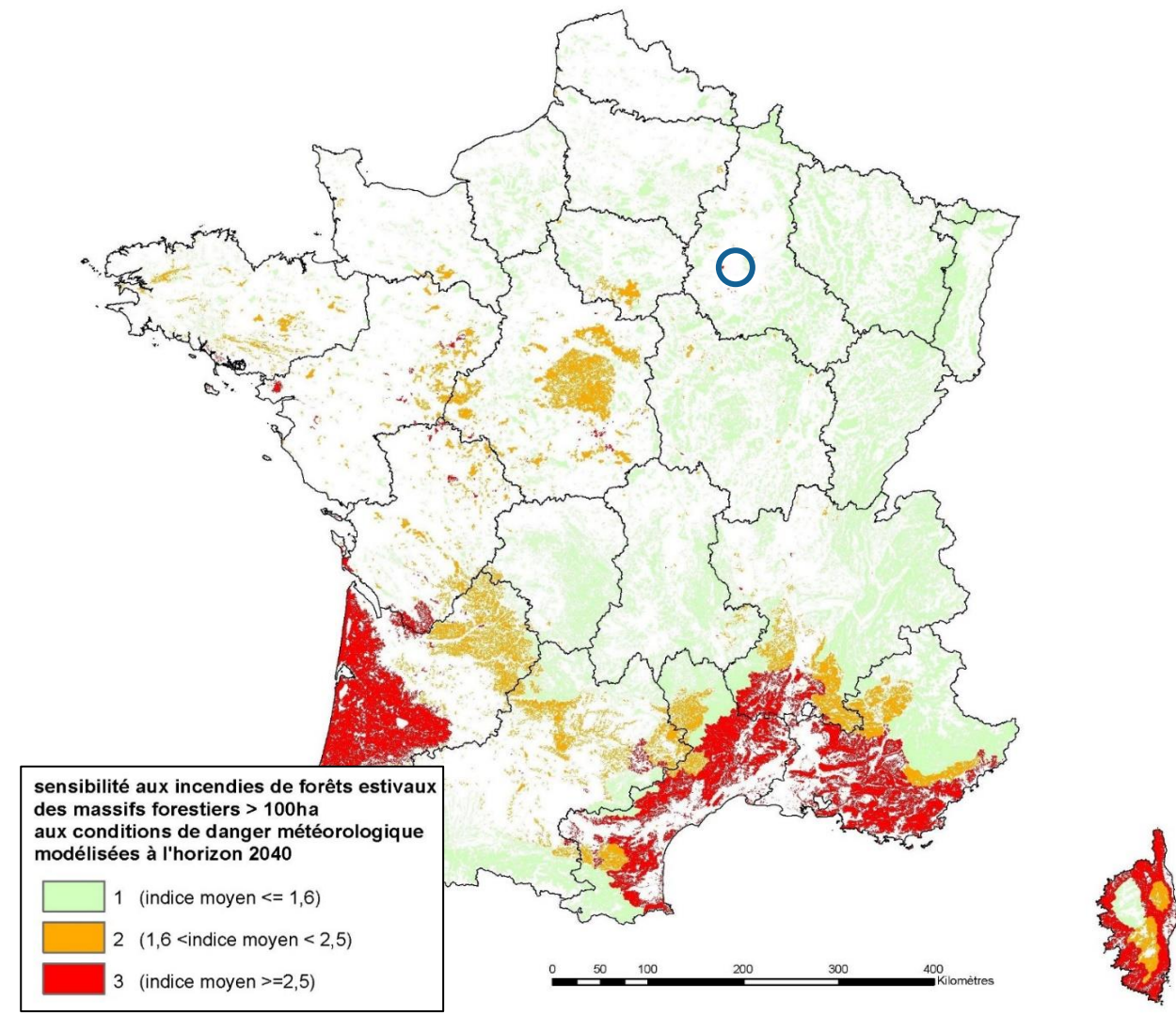
3.2.2.6 Feux de forêt ou de culture

On définit le feu de forêt comme un incendie qui a atteint une formation forestière ou sub-forestière (friches - landes) dont la surface, d'un seul tenant, est supérieure à 1 hectare. Le DDRM ne liste pas les communes comme étant à risque. On site qu'aucun boisement n'est présent au sein de l'aire d'étude. Les conditions climatiques rencontrées dans l'Aube font que le risque apparait faible au droit de la zone d'implantation potentielle.

Un incendie de culture est un incendie qui peut se déclencher dans les parcelles agricoles plantées de cultures facilement inflammables telles que les céréales à paille (blé, orge...). Ces feux de champs se déclenchent en été. Ils peuvent se produire lorsque que :

- La culture est sur pieds,
- La culture a été moissonnée et qu'elle est en attente de pressage,
- La paille est pressée ou que la culture est à l'état de chaume.

Aucune commune du projet n'est répertoriée dans les zones à risque feu de culture dans le DDRM. Le risque n'est pas nul puisque la zone est composée de terres arables et donc de potentielles cultures. Cependant du fait des températures peu extrêmes, le risque n'est pas considéré comme majeur. On note également que les mâts d'éoliennes sont composés de matériaux inertes (acier ou béton) peu sensibles aux incendies.



source des données : Inventaire Forestier National, Institut Géographique National, Agence Européenne de l'Environnement, Météo-France

Carte 7 : Carte de sensibilité aux incendies de forêt estivaux (Source : Météo France & ONF)

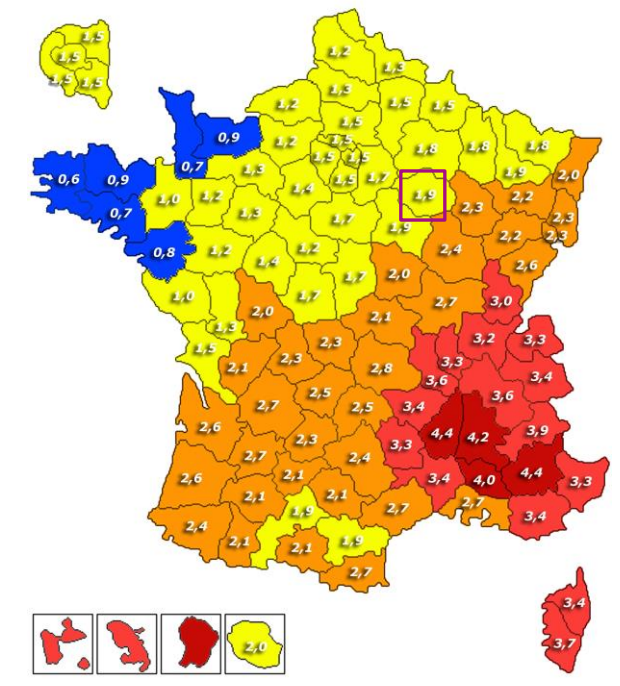
3.2.2.7 Aléas climatiques

Foudroiement

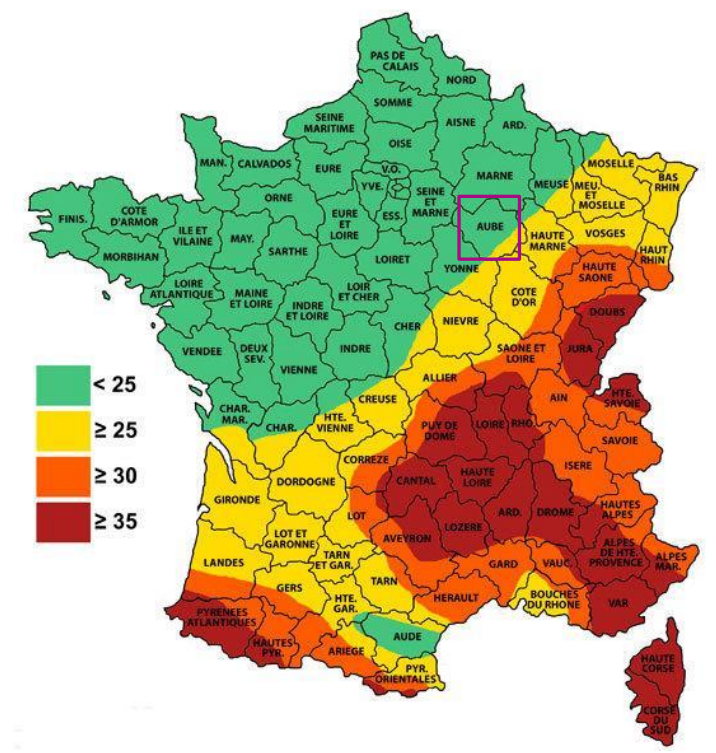
Afin de mesurer l'impact de la foudre, l'indice utilisé au niveau français est celui de la densité de foudroiement (Ng). Ce chiffre présente un nombre de coups de foudre par kilomètre carré et par an. Le département de l'Aube a une densité de foudroiement Ng 1,2 (1,9 impacts/km²/an), inférieure à la moyenne nationale (2 Ng).

Le niveau kéraunique (Nk), nombre de jours d'orages où le tonnerre est entendu dans une zone donnée, est également utilisé. Dans le nord de l'Aube où le projet éolien se situe, on dénombre moins de 25 jours d'orage chaque année, le département est donc dans une zone faiblement orageuse de France.

La densité de foudroiement en France



Le niveau kéraunique en France



Carte 8 : Densité de foudroiement et niveau kéraunique en France

Tempêtes et vents violents

Une tempête correspond à l'évolution d'une perturbation atmosphérique, ou dépression, le long de laquelle s'affrontent deux masses d'air aux caractéristiques distinctes (température, teneur en eau). De cette confrontation naissent notamment des vents pouvant être très violents. On parle de tempête lorsque les vents dépassent 89 km/h (soit 48 nœuds, degré 10 de l'échelle de Beaufort). Les tornades sont considérées comme un type particulier de manifestation des tempêtes, singularisé notamment par une durée de vie limitée et par une aire géographique touchée minime par rapport aux tempêtes classiques. Ces phénomènes localisés peuvent toutefois avoir des effets dévastateurs, compte tenu en particulier de la force des vents induits (vitesse maximale de l'ordre de 450 km/h).

Les communes étudiées sont exposées au risque tempête d'après les DDRM. D'après les relevés météorologiques effectués à la station de Dosnon, la rafale maximale a été enregistrée à plus de 144 km/h en 1999.

Les aérogénérateurs devront donc tenir compte des conditions de vent connues sur le site et être adaptés à ces dernières.

3.3 ENVIRONNEMENT MATERIEL

3.3.1 Voies de communication

L'étude de dangers identifie l'ensemble des réseaux de communication présents dans les limites de la zone d'étude :

- Transport routier (routes, autoroutes, ouvrages d'art, etc.)
- Transport ferroviaire (voies de chemin de fer, gares, passages à niveau, etc.)
- Transport fluvial (cours d'eau navigables, canaux, écluses, etc.)
- Transport aérien (aéroports ou aérodromes, servitudes aéronautiques civiles et militaires, etc.)

Pour chacune des voies de communication identifiées dans la zone d'étude, il est précisé la distance minimale par rapport à chaque éolienne, ainsi que sa caractérisation et le trafic journalier. Une distinction sera faite entre les routes structurantes (trafic supérieur à 2000 véhicules par jour) et les routes non structurantes.

Type de transport	Voie	Distance minimale à l'installation	Caractérisation	Traffic journalier
Routier	D71	220 m	Voie goudronnée	Route non structurante (688 véhicules/jour)

Tableau 11: Distances minimales des éoliennes aux voies de communication

A l'exception de routes et de chemins non goudronnés, aucune infrastructure de communication n'est recensée.

3.3.2 Réseaux publics et privés

L'étude de dangers recense les principales installations publiques **non enterrées** présentes dans les limites de la zone d'étude :

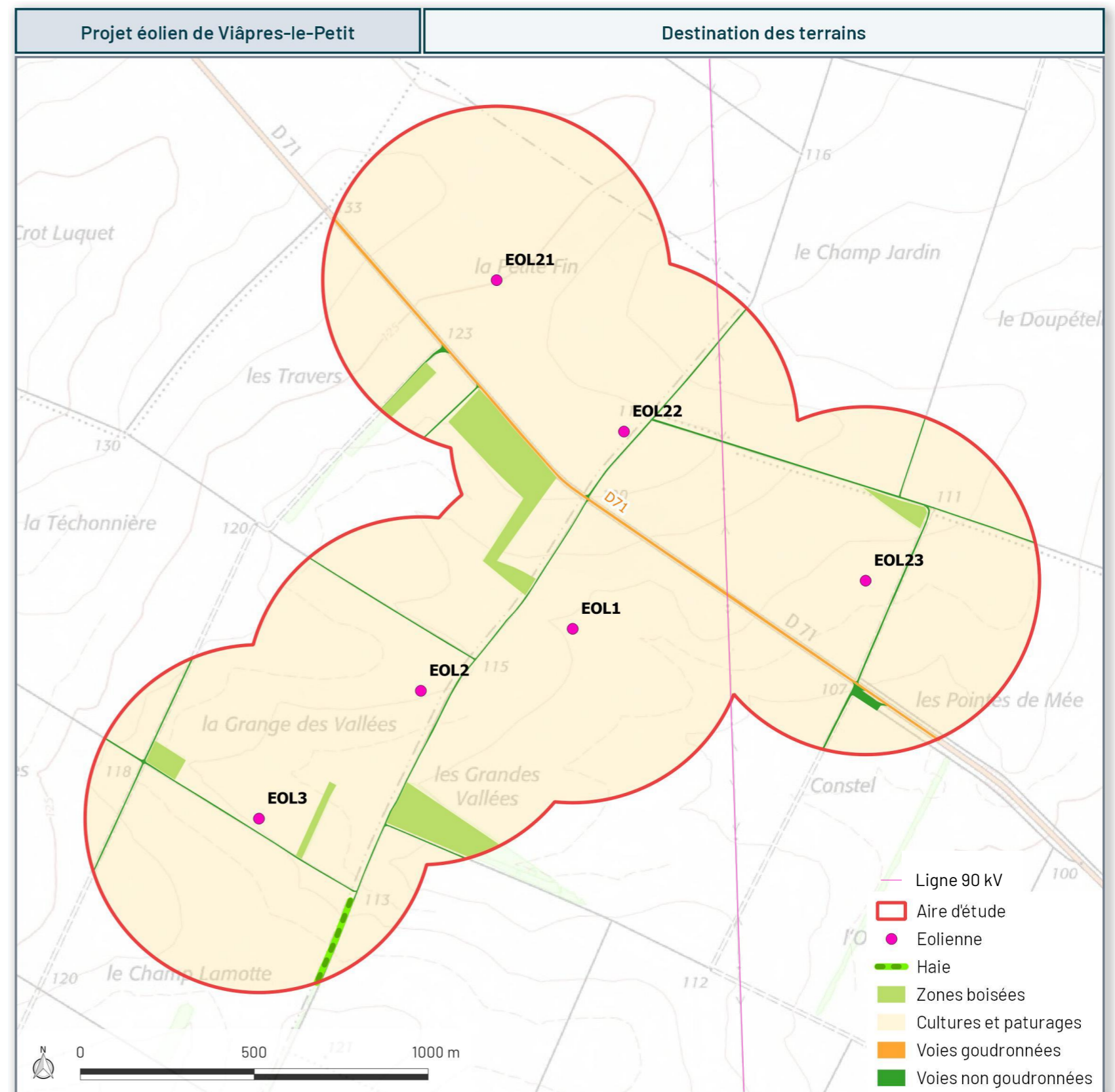
- Transport d'électricité (lignes électriques haute et très haute tension, postes électriques)
- Canalisations de transport (gaz combustibles, hydrocarbures liquides ou liquéfiés et produits chimiques)
- Réseaux d'assainissement (stations d'épuration)
- Réseaux d'alimentation en eau potable (captages AEP, zones de protection des captages)

La ligne aérienne 90 kV gérée par RTE traverse le site du projet. RTE recommande une distance minimale de 233 m entre éoliennes et cette ligne. Cette distance est respectée pour toutes les éoliennes (EOL22 étant la plus rapprochée à 278 m)

3.3.3 Autres ouvrages publics





Aucun ouvrage n'est présent dans l'aire d'étude.

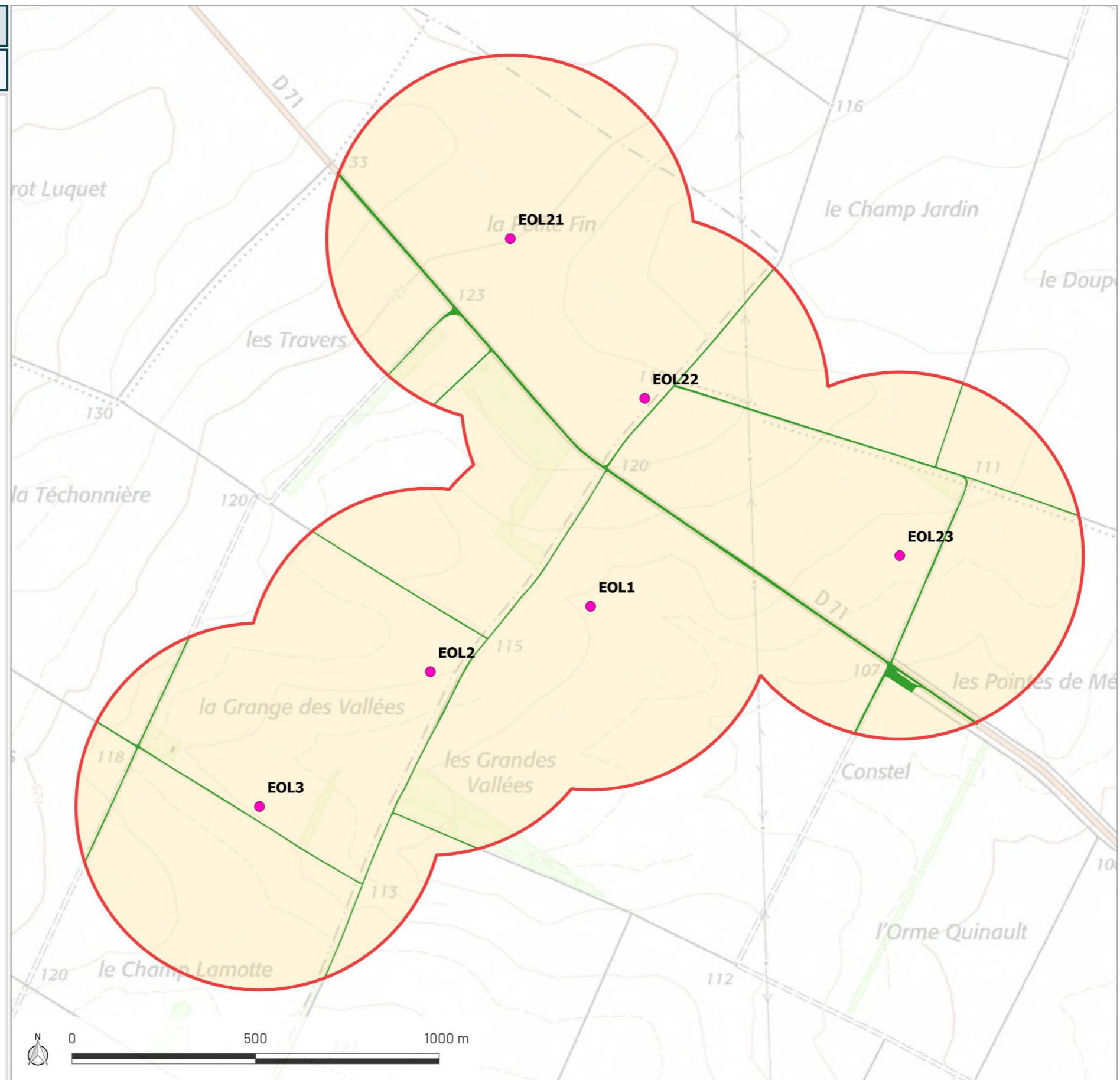
3.4 CARTOGRAPHIE DE SYNTHÈSE



Projet éolien de Viâpres-le-Petit

Classification des terrains

-  Aire d'étude
-  Eolienne
-  Terrain non aménagé (1 pers/100 ha)
-  Voie non structurante (1 pers/10 ha)



Carte 10 : Classification des terrains dans l'aire d'étude

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 5), au regard notamment de la sensibilité de l'environnement décrit précédemment.

4.1 CARACTERISTIQUES DE L'INSTALLATION

4.1.1 Caractéristiques générales d'un parc éolien

Un parc éolien est une centrale de production d'électricité à partir de l'énergie du vent. Il est composé de plusieurs aérogénérateurs et de leurs annexes (cf. schéma du raccordement électrique au paragraphe 4.3.1) :

- 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 poste de livraison électrique (appelé « réseau inter-éolien »)
- Un ou plusieurs postes 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

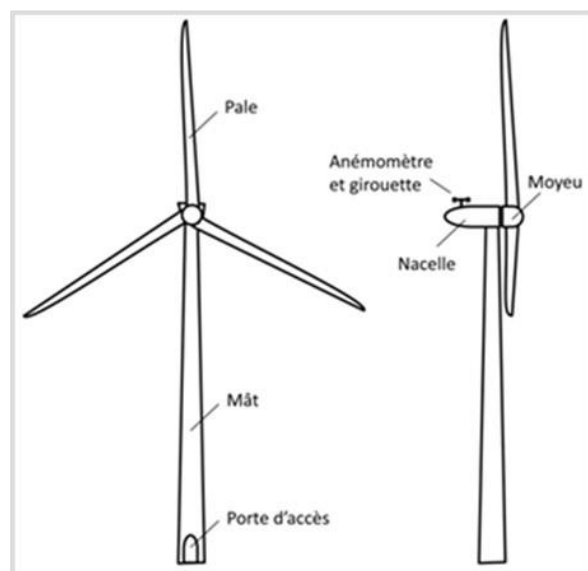
Au sens de l'arrêté du 26 août 2011 relatif aux installations de production d'électricité utilisant l'énergie mécanique du vent au sein d'une installation soumise à autorisation au titre de la rubrique 2980 de la législation des installations classées pour la protection de l'environnement, les aérogénérateurs (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.

Le mât

Le mât est composé de plusieurs tronçons en acier et en béton (mât hybride) ou tout acier selon le modèle. 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.

Le rotor

Le rotor de l'éolienne est équipé de trois pales en matière composite (résine époxy) renforcée de fibres de verre. La forme des pales est déterminante pour le rendement de l'éolienne et son comportement sonore.



À l'extérieur, les pales du rotor sont protégées des intempéries par un revêtement de surface (« Gel Coat »). Ce revêtement à base de polyuréthane est robuste, très résistant à l'abrasion, aux facteurs chimiques et aux rayons du soleil.

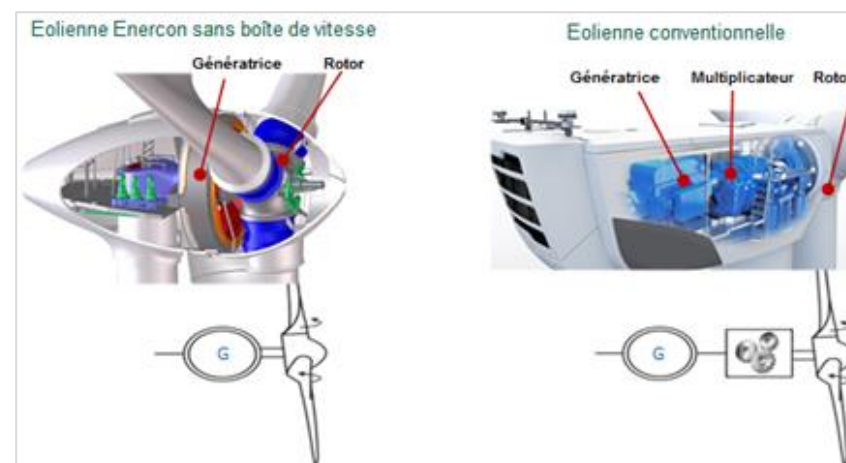
Les pales de l'éolienne sont conçues pour fonctionner à angle et à vitesse variables. Le réglage d'angle individuel de chaque pale du rotor est assuré par trois systèmes indépendants et commandés par microprocesseurs. L'angle de chaque pale est surveillé en continu par une mesure d'angle des pales, et les trois angles sont synchronisés entre eux. Ce principe permet d'ajuster rapidement et avec précision l'angle des pales aux conditions du vent (ce qui limite la vitesse du rotor et la force engendrée par le vent). La puissance fournie par l'éolienne est ainsi limitée exactement à la puissance nominale, même pour des courtes durées.

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

La nacelle

Elle abrite plusieurs éléments fonctionnels :

- le générateur transforme l'énergie de rotation du rotor en énergie électrique. La partie rotative du générateur annulaire ENERCON et le rotor forment une unité. Ces pièces sont fixées directement sur le moyeu, de sorte qu'elles tournent à la même vitesse de rotation (vitesse lente). Grâce à l'absence de boîte de vitesse et d'autres pièces à grande vitesse de rotation, les pertes d'énergie entre le rotor et le générateur, les bruits émis, la consommation d'huile à engrenages et l'usure mécanique se trouvent considérablement réduits. En raison de la faible vitesse de rotation et de la grande section transversale du générateur, le niveau de température reste relativement bas en service et ne subit que de faibles variations. De faibles fluctuations de température pendant le fonctionnement et des variations de charges relativement rares réduisent les tensions mécaniques et le vieillissement des matériaux.



- 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.

4.1.1.2 Unité d'alimentation au réseau

Les éoliennes EP5 utilisent une technologie avancée d'intégration au réseau. Elles répondent de manière exemplaire aux critères internationaux relatifs au raccordement en garantissant une injection maîtrisée de la puissance produite, y compris dans des situations de fortes fluctuations de tension ou de fréquence.

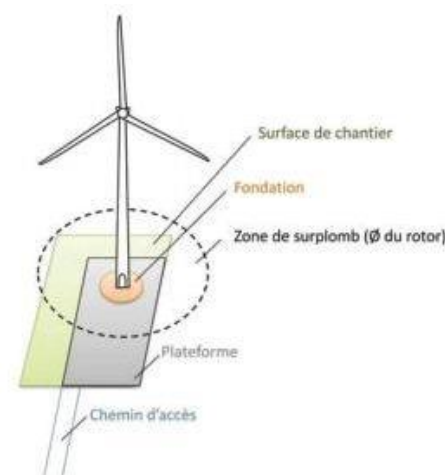
Le générateur annulaire est strictement découplé du réseau par l'intermédiaire d'un convertisseur intégral « back to back ». Pour garantir la compatibilité au réseau, les grandeurs électriques (tension et courant) sont mesurées en temps réel et transmises au système de contrôle de l'éolienne qui adapte le comportement du convertisseur. Cette connexion au réseau au travers de l'électronique de puissance permet d'injecter de façon optimale l'énergie produite sur le réseau. En effet, ce design permet de minimiser les interactions réciproques néfastes que peut avoir la production issue de la génératrice vers le réseau et celle du réseau vers la génératrice. D'un côté l'effet indésirable des rafales de vent sur le réseau est atténué par une injection de puissance maîtrisée (minimisant les perturbations de type « flickers ») ; de l'autre, les défauts ou court-circuit émanant du réseau sont sans impact sur la génératrice (pas de stress mécanique).

L'énergie produite par les éoliennes est redirigée vers un poste de livraison qui est le nœud de raccordement de toutes les éoliennes avant que l'électricité ne soit injectée dans le réseau public. Le câblage des éoliennes jusqu'au poste de livraison correspond au réseau électrique interne. Il se fera en souterrain. Les tranchées nécessaires seront de 1 m de profondeur. En parallèle avec la pose des câbles il sera mis en place un réseau de fibre optique afin de permettre la surveillance et le contrôle du parc éolien.

4.1.1.3 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**, dont les 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.



4.1.1.4 Chemins d'accès

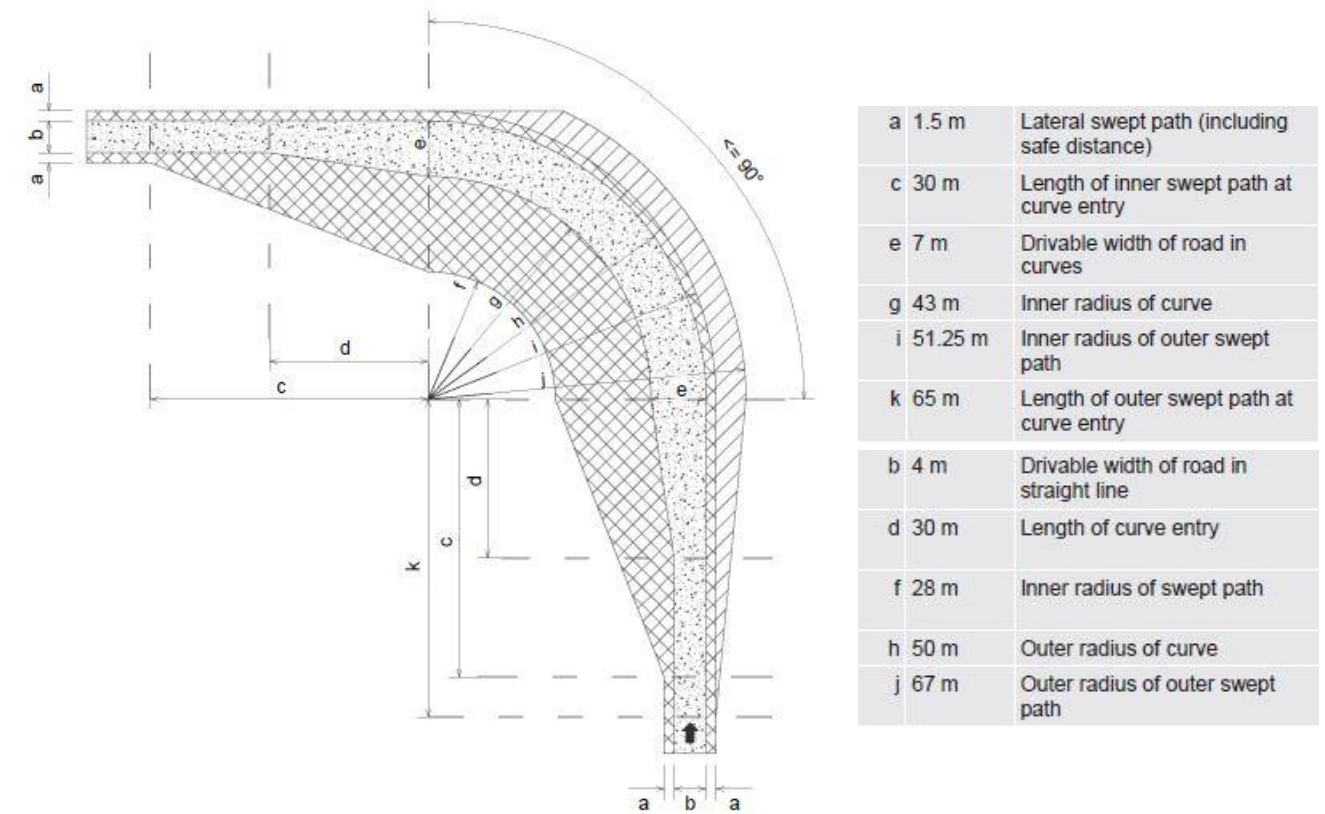
Pour accéder à chaque aérogénérateur, des pistes d'accès sont aménagées pour permettre aux véhicules d'accéder aux éoliennes aussi bien pour les opérations de constructions du parc éolien que pour les opérations de maintenance liées à l'exploitation du parc éolien :

- L'aménagement de ces accès concerne principalement les chemins 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 constitutifs des 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).

4.1.1.5 Croisement et virage

En cas de croisements ou virage, il convient d'aménager la route en respectant des rayons de courbure et surface de survol en fonction de la taille des éoliennes. Dans l'exemple ci-dessous, les zones rayées doivent être exemptes d'obstacles, car elles seront franchies par les composants transportés (les pales des rotors, par exemple, dépassent de l'arrière du véhicule lors de leur transport).



4.1.1.6 Aires de grutage

L'aire de grutage garantit l'effectivité du déroulement de la phase de construction, conformément aux prescriptions de sécurité.

De ce fait, l'aire de grutage doit également être construite de manière durable et insensible au gel.

La construction de l'aire de grutage est réalisée en concertation avec un expert géotechnique afin de prouver sa capacité portante (ex. par sondages sous pression) et la documenter en conséquence.

Une surface parfaitement plane est établie, avec un revêtement de mélange de minéraux.

Le niveau altimétrique de l'aire de grutage doit être supérieur à celui du sol afin de garantir l'évacuation des eaux superficielles. Le niveau de l'aire de grutage peut être inférieur au niveau des fondations jusqu'à 200 mm maximum.

Pour évacuer les précipitations, de l'aire de grutage dispose d'un système de drainage

4.1.2 Activité de l'installation

L'activité principale du parc éolien de Viâpres-le-Petit est la production d'électricité à partir de l'énergie mécanique du vent avec une hauteur (mât + nacelle) supérieure à 50 m. Cette installation est donc soumise à la rubrique 2980 des installations classées pour la protection de l'environnement.

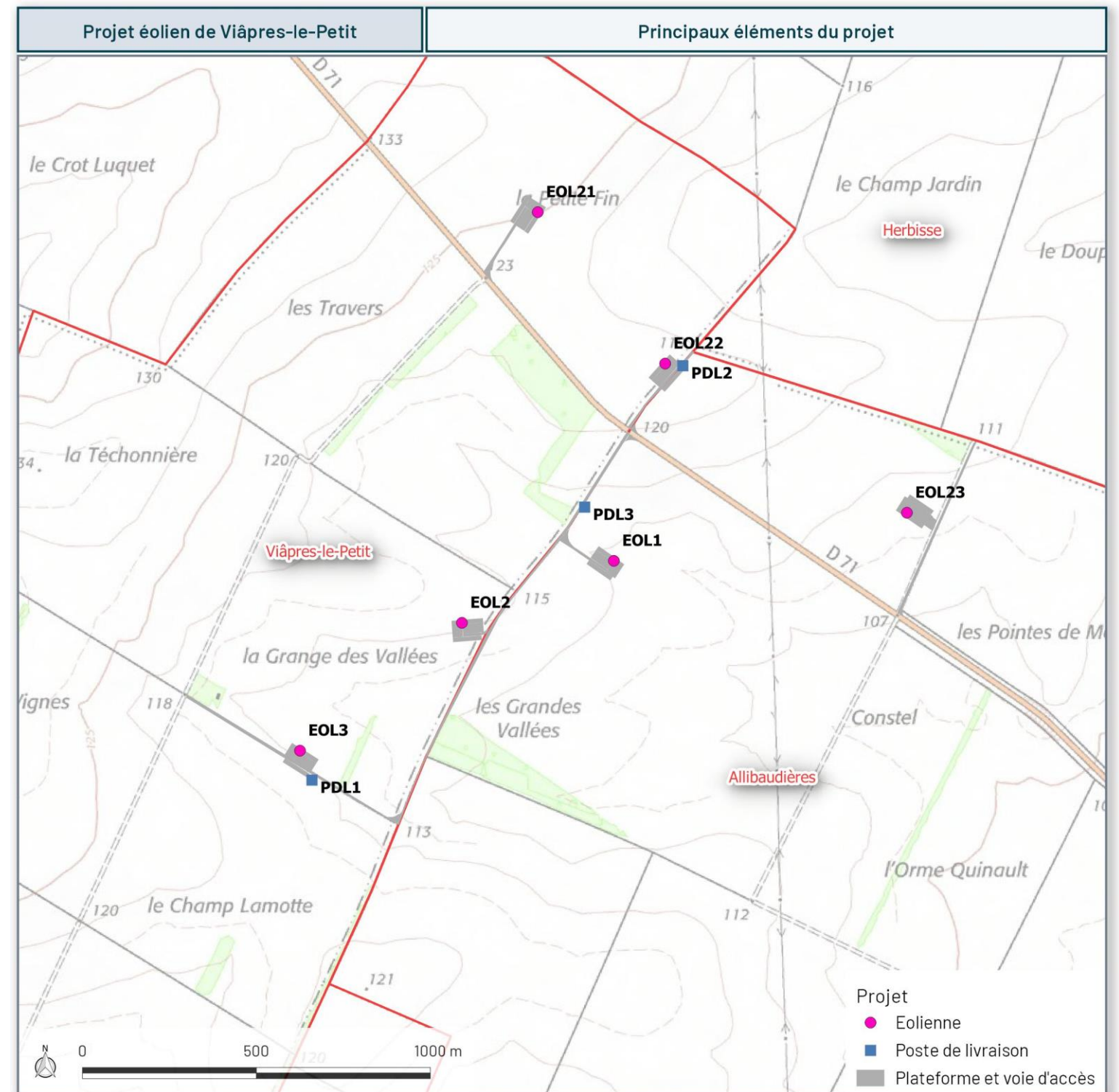
4.1.3 Composition de l'installation

Le parc éolien de Viâpres-le-Petit est composé de six aérogénérateurs et de trois postes de livraison. Chaque aérogénérateur a une hauteur de moyeu de 140 mètres et un diamètre de rotor de 160 mètres, soit une hauteur totale en bout de pale de 220 mètres.

Les coordonnées du centre de chacune des machines sont données dans les tableaux suivants.

Eolienne ou PDL	Coordonnées WGS 84 (DMS)	
	Latitude	Longitude
E1	N 48°35'55.3	E 4°04'43.4
E2	N 48°35'49.7	E 4°04'22.0
E3	N 48°35'38.0	E 4°03'59.0
E21	N 48°36'27.9	E 4°04'33.4
E22	N 48°36'13.6	E 4°04'51.0
E23	N 48°35'59.4	E 4°05'24.6
PDL 1	N 48°35'35.3	E 4°04'00.7
PDL 2	N 48°36'13.4	E 4°04'53.5
PDL 3	N 48°36'00.4	E 4°04'39.4

Tableau 12 : Coordonnées géographiques des éléments du projet



Carte 11 : Localisation des principaux éléments du projet

4.2 FONCTIONNEMENT DE L'INSTALLATION

4.2.1 Principe de fonctionnement d'un aérogénérateur

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

Les pales se mettent en mouvement lorsque l'anémomètre (positionné sur la nacelle) indique une vitesse de vent d'environ 7,2 km/h et que l'éolienne peut être couplée au réseau électrique.

Les éoliennes ENERCON sont dépourvues de multiplicateur. La génératrice est entraînée directement par l'arbre « lent » lié au rotor et transforme alors l'énergie mécanique captée par les pales en énergie électrique.

La puissance électrique produite varie en fonction de la vitesse de rotation du rotor, l'éolienne fournit sa puissance maximale quand une certaine vitesse de vent est atteinte. Cette puissance est dite « nominale ».

Vitesses de vent opérationnelles pour les éoliennes de la plateforme EP5		
	E-136 (4,65 MW)	E-160 (4,6 MW)
V démarrage	2,5 m/s	2,5 m/s
V puissance nominale	15,5 m/s	11,0 m/s
V arrêt (moy-10 min)	25,0 m/s	22,0 m/s
V arrêt (moy-5 sec)	30,0 m/s	28,0 m/s

Le développement d'un « mode tempête » permettant aux éoliennes de continuer à produire au-delà de leur vitesse d'arrêt est en cours de développement et sera disponible à partir de l'année 2021.

4.2.2 Sécurité de l'installation

4.2.2.1 Système de fermeture de la porte

Conformément à l'article 13 de l'arrêté du 26 août 2011, l'accès à l'intérieur de l'éolienne ne peut se faire que par la porte de service située au pied du mât. Cette porte est dotée d'un verrou à clé. Un dispositif manuel permet d'ouvrir et de fermer le verrou de la porte depuis l'intérieur.

Des procédures claires de fermeture des portes ont été rédigées et communiquées à l'ensemble des intervenants sur le parc et des vérifications sont régulièrement menées. Ces portes sont toujours verrouillées en cas d'absence de personnel dans la machine ou le poste. Le personnel verrouille également la porte dès qu'il effectue des opérations qui font sortir cette dernière de son champ de vision (montée dans l'éolienne, travail dans le poste uniquement ...).

4.2.3 Protection incendie

Tous les composants mécaniques et électriques de l'éolienne dans lesquels un incendie pourrait potentiellement se déclencher en raison d'une éventuelle surchauffe ou de court-circuit, sont continuellement surveillés par des capteurs lors du fonctionnement, et cela en premier lieu afin de s'assurer de leur bon fonctionnement. Si le système de commande détecte un état non autorisé, l'éolienne est stoppée ou continue de fonctionner mais avec une puissance réduite.

Le choix des matériaux est également un aspect clé de la protection incendie, par la conception en matériaux ignifuges, difficilement, ou non inflammables pour certains composants. En outre, la technologie Enercon sans boîte de vitesse permet également de réduire le risque d'incendie provoqué par frottement mécanique.

Toutes les éoliennes ENERCON sont équipées de système de détection incendie et d'extincteurs. Leur nombre et emplacement varient selon le modèle d'éolienne (cf. tableau ci-dessous). Les extincteurs sont positionnés de façon bien visible et facilement accessible. Les agents d'extinction sont appropriés aux risques à combattre. Ils font l'objet d'un contrôle régulier par un organisme agréé.

Modèles	Détection	Extinction
EP5	4 capteurs optiques de fumée dans le mât 1 capteur optique de fumée dans la nacelle	1 extincteur dans la nacelle 1 extincteur dans le mât

Par ailleurs, lors des interventions, les techniciens emmènent également un extincteur dans leur véhicule de service.

Lorsqu'un capteur de sécurité signale un défaut ou qu'un interrupteur correspondant se déclenche, l'éolienne est arrêtée automatiquement. Les détecteurs de fumée et/ou les capteurs de température émettent des signaux qui sont immédiatement transmis au Service ENERCON par le système de surveillance à distance SCADA qui alerte alors immédiatement l'exploitant, par un message SMS et/ou courriel, qui prévient alors les pompiers.

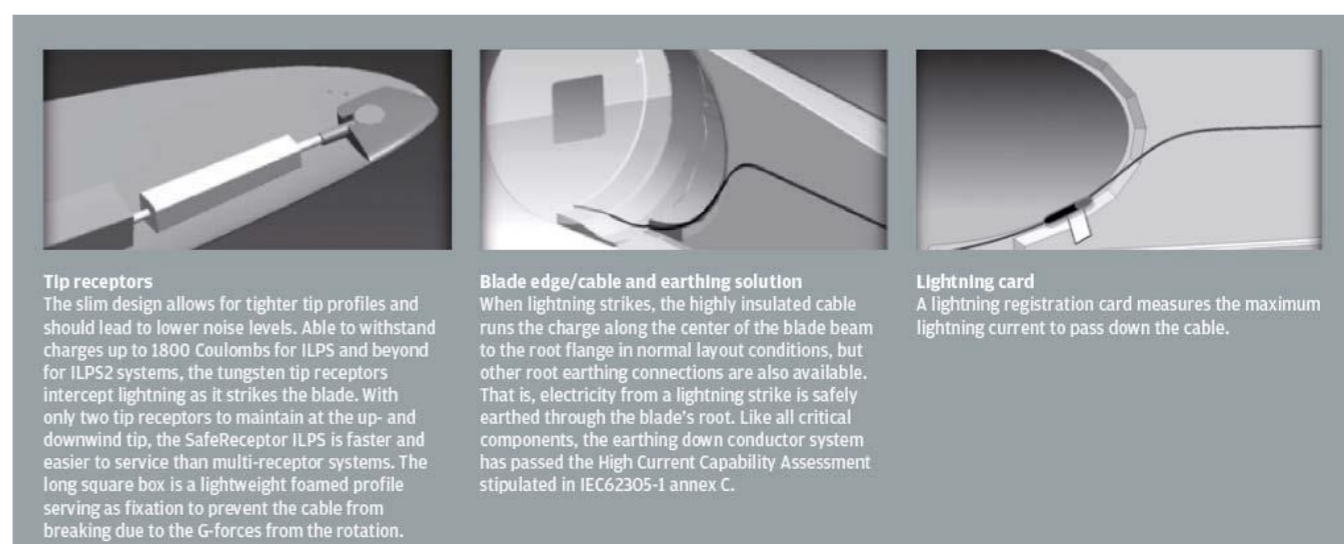
L'exploitant est en mesure de transmettre l'alerte aux services d'urgence compétents dans un délai de 15 minutes suivant la détection de l'incendie. Il sera capable également de mettre en œuvre les procédures d'urgence dans un délai de 60 minutes. Un plan d'évacuation permet au personnel d'évacuer l'éolienne en cas d'incendie. Le personnel dispose également d'une procédure d'urgence pour donner l'alerte vers les services de secours en cas d'incendie et est formé pour le faire.

4.2.3.1 Protection foudre (Cf Annexe 7.4 : Système de protection contre la foudre)

Les éoliennes EP5 sont équipées d'un système parafoudre qui conduit le courant émanant de l'impact de foudre aux points de mise à la terre sans dommages ou sans perturbations des systèmes.

Le système de protection externe est conçu pour gérer un coup de foudre direct sur l'éolienne. Deux récepteurs en tungstène sont positionnés sur le bout de pale qui intercepte l'éclair. Ils sont reliés à un câble conducteur qui va du bout de pale jusqu'à la base de la pale. Puis le courant de foudre est dévié vers la terre entourant la base de l'éolienne.

Une carte placée dans la pale enregistre le courant maximal passé dans le câble.



La **protection interne** est conçue pour minimiser les dégâts et les interférences sur les équipements électriques et les composants électroniques à l'intérieur de l'éolienne grâce à une ligne équipotentielle, à une protection contre les surtensions et les perturbations électromagnétiques. Ainsi, les composants principaux tels que l'armoire de contrôle et la génératrice sont protégés par des parasurtenseurs.

Le système de protection a été conçu pour atteindre un niveau de protection I selon la norme CEI 61400-24.

4.2.3.2 Système de freinage

Il existe plusieurs types de freinage :

Arrêt automatique

Quand certaines alarmes sont activées, l'éolienne s'arrête automatiquement. Le rotor est freiné de façon aérodynamique grâce aux dispositifs d'inclinaison des pales (pitch) qui mettent les pales « en drapeau », c'est-à-dire dans la position offrant la moindre résistance au vent possible. Ce système de freinage permet à l'éolienne de passer de sa puissance nominale à une puissance nulle sans que l'arbre d'entraînement ne subisse les fortes contraintes occasionnées par l'action d'un frein mécanique. Chaque pale dispose d'un pitch indépendant les uns des autres. Si un des moteurs de pitch est défaillant, les deux autres moteurs suffisent à arrêter l'éolienne de manière sécurisée.

Dans le cas d'un arrêt automatique, le rotor n'est pas bloqué, cela permet de limiter les charges qui s'exercent sur lui.

Arrêt manuel

En cas d'arrêt manuel, via les boutons d'arrêt d'urgence, en plus du frein aérodynamique, le frein électro mécanique s'enclenche, ralentissant au maximum les mouvements résiduels du rotor. Il est alors possible de verrouiller le rotor grâce au verrouillage du rotor.

Le verrouillage du rotor est notamment actionné en cas de maintenance pour assurer la sécurité des techniciens.

4.2.3.3 Surveillance des principaux paramètres

Les éoliennes E-160 sont dotées d'un grand nombre de capteurs (vitesse du rotor, températures, charges, vibrations, etc.). En cas d'anomalie, les alertes relatives au fonctionnement de la machine sont remontées automatiquement par le système SCADA des éoliennes à la coordination technique. Lorsque nécessaires, une intervention sur site du personnel ENERCON habilité est programmée. Si l'exploitant en fait la demande, un SMS ou un courrier électronique lui est envoyé à chaque alerte générée par l'éolienne.

Températures

La technologie Enercon sans boîte de vitesse permet de réduire le risque d'échauffement provoqué par frottement mécanique. En effet la génératrice tourne environ à 10 tours par minute à puissance nominale, alors que les génératrices entraînées par une boîte de vitesse tournent à environ 1500 tours par minute. De nombreux capteurs de températures sont présents à proximité de tous les composants critiques :

- Nacelle
- Génératrice
- Palier du moyeu
- Mât
- Armoires électriques
- Transformateurs
- Extérieur de la machine

Des seuils d'acceptabilité de niveau de températures sont prédéfinis dans le système de contrôle de l'éolienne pour chacun des capteurs. En cas de dépassement de seuils, des codes d'état associés à des alarmes sont activés et peuvent, le cas échéant, entraîner un ralentissement de la machine (bridage préventif) voire un arrêt de la machine. Tout phénomène anormal est ainsi répertorié, tracé via le système SCADA du parc, et donne lieu à des analyses et si nécessaire interventions de maintenance sur site afin de corriger les problèmes constatés.

Gestion à distance du fonctionnement des éoliennes (SCADA)

L'exploitation des éoliennes ne fait pas l'objet d'une présence permanente sur site. Des interventions sur site sont programmées pour les opérations de maintenance. Le fonctionnement du parc éolien de Viâpres-le-Petit est entièrement automatisé et contrôlé à distance depuis le centre de maintenance qui s'occupera du parc.

L'exploitation des éoliennes s'effectue grâce à un Automate Programmable Industriel (API) qui analyse en permanence les données en provenance des différents capteurs de l'installation et de l'environnement et qui contrôle les commandes en fonction des paramètres.

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

De plus, les éoliennes sont équipées d'un système de contrôle et acquisition de données à distance des données, appelé système SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition). La supervision peut s'effectuer à distance depuis un PC équipé d'un navigateur Internet et d'une connexion ADSL ou RNIS. Le SCADA constitue un terminal de dialogue entre l'automate et son système d'entrée/sortie, connecté en réseau au niveau des armoires de contrôle placées dans la nacelle et dans le pied de l'éolienne.

Chaque éolienne dispose de son propre SCADA relié lui-même à un SCADA central qui a pour objectif principal :

- De regrouper les informations des SCADAS des éoliennes ;
- De transmettre à toutes les éoliennes une information identique, en même temps, plutôt que de passer par chaque éolienne à chaque fois.

Ainsi en cas de dysfonctionnement (survitesse, échauffement) ou d'incident (incendie), l'exploitant est immédiatement informé et peut réagir.

4.2.3.4 Système de détection du givre/glace

Dans certaines conditions météorologiques, les pales peuvent se recouvrir de glace, de givre ou d'une couche de neige. Ceci arrive lorsque l'air est très humide, en cas de pluie ou de neige et à des températures proches de 0°C.

Les dépôts de glace et de givre représentent un surpoids sur la pale qui déséquilibre le rotor provoquant une baisse de rendement, une augmentation des charges s'exerçant sur le rotor, et éventuellement des nuisances sonores. La glace formée présente également un danger pour les personnes et les biens en cas de chute ou de projection.

Afin de réduire les risques pour les personnes liées à la formation de glace sur les pales, des mesures de détection et de prévention peuvent être mises en place.

Les éoliennes EP5 sont équipées de série du système Wölfel IDD.Blade (Cf. Annexe n°4a). Il s'agit d'un capteur de bruit placé sur la pale mesurant les vibrations. En effet, la présence de glace sur la pale modifie la fréquence des vibrations de la pale. Ces changements permettent au système de déduire la présence de glace. Le cas échéant, un message d'alerte « détection de glace » est envoyé et l'éolienne s'arrête. Ce capteur permet de détecter la présence de glace alors que l'éolienne est à l'arrêt.

Le Labko sensor peut également être proposé en option (Cf. Annexe 4b). Il s'agit d'un capteur positionné en nacelle. Il est sensible aux vibrations ultrasoniques, celles-ci s'atténuent en cas de formation de glace. En dessous d'un certain

seuil paramétrable, le Labko Sensor envoie un message d'alerte « détection de glace » et l'éolienne s'arrête. Ce capteur permet donc de détecter la présence de glace alors que l'éolienne est à l'arrêt. Le système envoie un nouveau signal quand les conditions météorologiques ont changé. Le redémarrage de l'éolienne peut s'effectuer après un contrôle visuel sur site ou via caméra si des caméras ont été installées.

4.2.3.5 Protection contre le risque électrique

Les installations électriques à l'intérieur de l'éolienne respectent les dispositions de la directive du 17 mai 2006. Les installations électriques extérieures à l'éolienne sont conformes aux normes NFC 15-100 (version compilée de 2008), NFC 13-100 (version de 2001) et NFC 13-200 (version de 2009). Ces installations sont entretenues et maintenues en bon état et sont contrôlées avant la mise en service industrielle puis à une fréquence annuelle, après leur installation ou leur modification par une personne compétente. La périodicité, l'objet et l'étendue des vérifications des installations électriques ainsi que le contenu des rapports relatifs auxdites vérifications sont fixés par l'arrêté du 10 octobre 2000.

4.2.3.6 Protection contre le risque de fuite de liquide dans la nacelle

L'absence de multiplicateur réduit la quantité de liquide dans la nacelle (cf. Tableau des produits utilisés dans une éolienne) pour le détail des produits présents dans l'éolienne). Des rétentions sont prévues aux endroits les plus critiques, par exemple au niveau des moteurs d'orientation de la nacelle à la limite entre la tour et la nacelle ou au niveau du transformateur situé en pied de tour.

4.2.3.7 Conception des éoliennes

Les éoliennes ENERCON sont conçues, fabriquées, installées et certifiées selon les exigences des normes IEC 61400-1 et IEC 61400-24, tel que requis par les articles 8 et 9 de l'arrêté du 26 Août 2011.

La société ENERCON tient à disposition de l'Inspection des Installations Classées les rapports des organismes compétents attestant de la conformité des aérogénérateurs aux normes précitées.

Les machines Enercon sont dites à « attaque directe » : c'est-à-dire que le moyeu du rotor et le générateur annulaire forment une unité solidaire. Ils sont accouplés l'un à l'autre directement sans boîte de vitesse intercalée (multiplicateur). Cette technologie permet de limiter l'usure mécanique et restreint les quantités d'huile présente dans la nacelle ; un multiplicateur contenant environ 5 000 L.

4.2.4 Opérations de maintenance de l'installation

Au moment de la mise en service des tests et inspection spécifiques sont réalisées :

- Tests de mise en service : essai de survitesse et tests électriques.
- Maintenance des 300 heures : La première maintenance après la mise en service a lieu après 300 heures de fonctionnement. Au cours de cette opération, les opérations de maintenance précédemment mentionnées sont effectuées.

Puis, les équipes de techniciens interviennent au moins une fois tous les 6 mois sur les éoliennes en maintenance préventive :

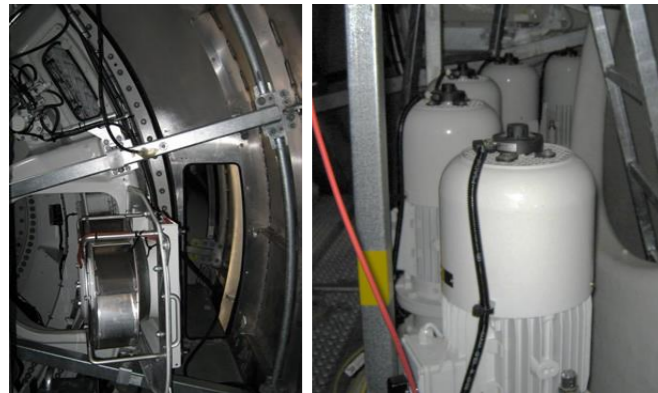
- 6 mois : graissage d'entretien
- 12 mois : maintenance principale (électrique et mécanique)
- 18 mois : graissage d'entretien
- 24 mois : maintenance principale (électrique et mécanique)
- Etc.
- 48 mois : maintenance quadriennale (électrique, mécanique et contrôles requis conformément à la DGUV V3)
- Etc.

Chaque éolienne dispose d'un carnet de maintenance dans lequel sont consignées les différentes opérations réalisées. De plus, une inspection visuelle de l'état général de l'éolienne est effectuée lors de chaque opération de maintenance.

Ces opérations de maintenance garantissent le suivi et la durabilité des éoliennes dans le temps, comme le montrent les photos ci-dessous.

Les photographies suivantes illustrent différentes autres parties de ces mêmes nacelles, neuve et ayant 15 ans de service.

Nacelle d'éolienne ENERCON neuve



Nacelle d'éolienne ENERCON en service depuis 15 ans



Nacelle d'éolienne ENERCON neuve



Nacelle d'éolienne ENERCON en service depuis 15 ans



4.2.4.1 Graissage d'entretien

Les opérations de graissage visent à s'assurer du bon état des pièces mobiles et d'assurer un appoint ou de vidanger les huiles et lubrifiants.

L'ensemble des points à vérifier est précisé dans le Plan de Maintenance relatif au graissage défini pour chaque modèle.

4.2.4.2 Maintenance principale

Lors de leurs interventions en machine, la vigilance des techniciens est axée sur les aspects suivants :

- Corrosion
- Dommages mécaniques (par ex. fissures, déformation, écaillage, câbles usés)
- Fuites (huile, eau)
- Unités incomplètes
- Encrassements / corps étrangers

Les opérations de maintenance électrique visent à s'assurer du bon fonctionnement de tous les équipements électriques actifs (transformateurs, éclairage, mises à jour logicielles, ...) et passifs (mises à la terre, ...). Les opérations de maintenance mécanique concernent les points suivants :

- Panneaux d'avertissement
- Pied du mât / local des armoires électriques
- Fondations
- Mât : Echelle de secours, ascenseurs de service, Plateformes et accessoires, Chemin et fixation de câbles, Assemblages à vis
- Nacelle : treuil à chaîne, extincteurs et trousse de secours, système de ventilation, câbles, trappes, support principal, arbre de moyeu, Transmissions d'orientation, Contrôle d'orientation (« yaw »), Couronne d'orientation, Entrefer du générateur, Groupe hydraulique, Frein électromécanique, Dispositif de blocage du rotor, Assemblages à vis, ...
- Tête du rotor : Rotor, Câbles et lignes, Générateur, moyeu du rotor et adaptateur de pale, engrenage de réglage des pales (« pitch »), Système de graissage centralisé, vis des pales du rotor, pales de rotor, ...
- Système parafoudre
- Anémomètre

Ces opérations d'inspections sont faites au moins une fois par an. L'ensemble des points à vérifier est précisé dans le Maintenance Principale défini pour chaque modèle.

4.2.4.3 Personnel qualifié et formation continue

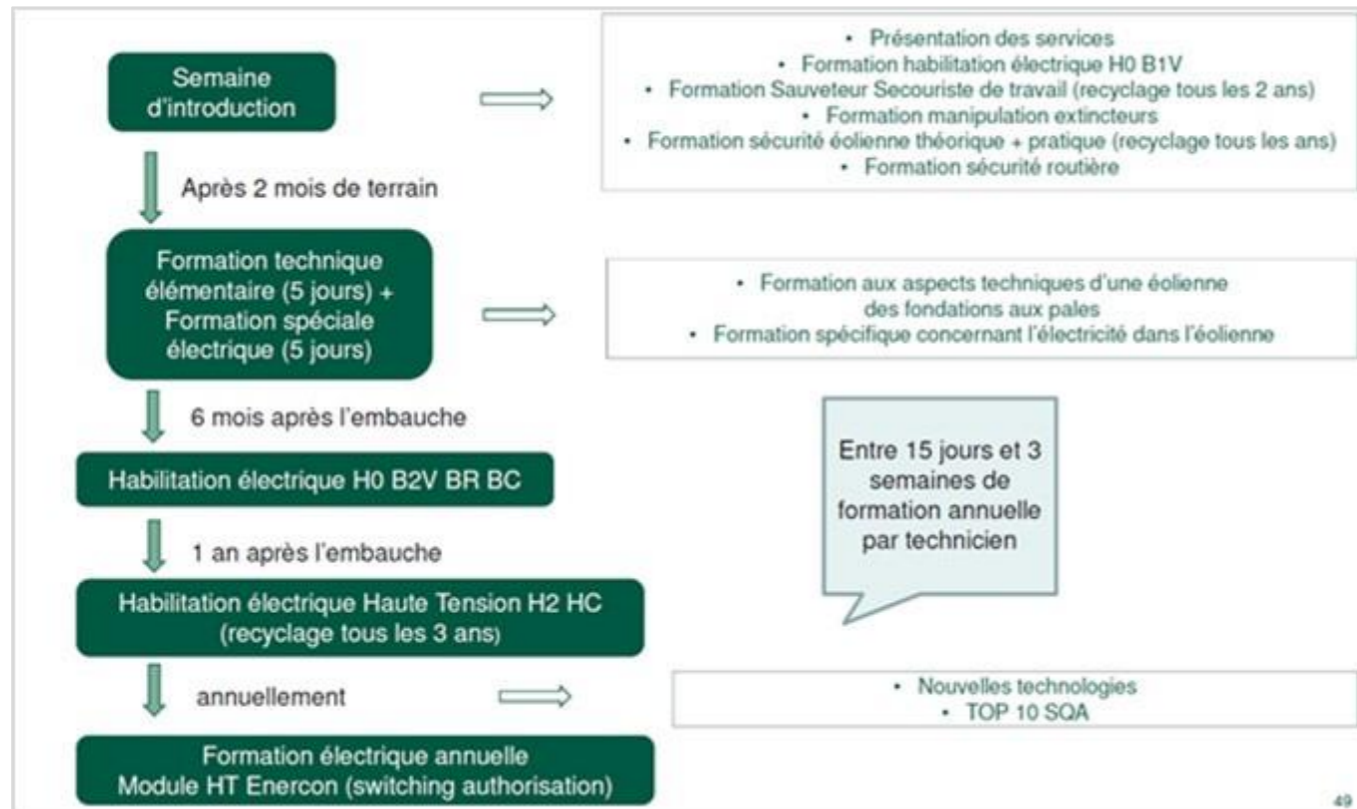
Tout personnel amené à intervenir dans les éoliennes est formé et habilité :

- Electriquement, selon son niveau de connaissance ;
- Aux travaux en hauteur, port des EPI, évacuation et sauvetage ;
- SST (Sauveteur Secouriste du Travail)

Ces habilitations sont recyclées périodiquement suivant la réglementation ou les recommandations en vigueur.

Des contrôles de connaissance sont réalisés afin de vérifier la validité de ces habilitations.

Des points mensuels concernant la sécurité et les procédures sont effectués avec l'ensemble du personnel de maintenance. Une présentation du fonctionnement de la sécurité est réalisée auprès des nouveaux embauchés.



Programme de formation chez Enercon

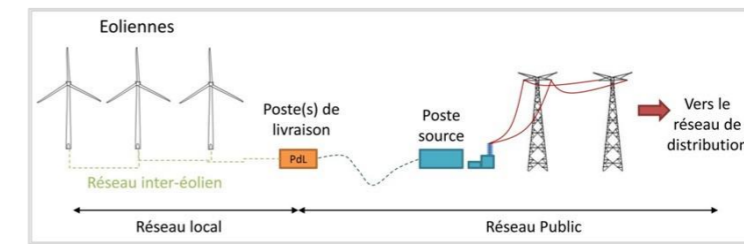
4.2.4.4 Stockage et flux de produits dangereux

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

Durant leur formation, les techniciens reçoivent la consigne de maintenir propres les aérogénérateurs et de ne pas y entreposer de matériaux, combustibles et inflammable ou non. Leur support de formation basique électrique/mécanique le stipule explicitement. Des rappels réguliers sont effectués lors des rappels de sécurité qu'ils suivent tous les 6 mois.

4.3 FONCTIONNEMENT DES RESEAUX DE L'INSTALLATION

4.3.1 Raccordement électrique



4.3.1.1 Réseau inter-éolien électrique haute-tension

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

4.3.1.2 Réseau inter-éolien de communication

Un réseau de communication est créé dans la même tranchée pour relier les machines entre elles au poste de supervision. Ce réseau de communication en fibre optique est insensible aux perturbations électromagnétiques qui pourraient être induites par la proximité immédiate des câbles de puissance.

4.3.1.3 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 du poste 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.

Dans le cas où le poste de livraison est fourni par ENERCON, des signaux utiles à l'exploitation sont intégrés au système de supervision SCADA, et des services d'opérations et de maintenance assurés par des équipes ENERCON habilitées à ces travaux électriques HTA. Ces prestations seront proposées sur les mêmes durées que le contrat de maintenance des éoliennes.

4.3.1.4 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.

4.3.2 Autres réseaux

Le parc éolien de Viâpres-le-Petit 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 ET DECHETS

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 d'émission atmosphérique, ni d'effluent potentiellement dangereux pour l'environnement. Les produits identifiés dans le cadre du parc éolien de Viâpres-le-Petit utilisés pour le bon fonctionnement des éoliennes, leur maintenance et leur entretien, sont listés ci-après.

5.1.1 Produits nécessaires au bon fonctionnement des installations

Produits nécessaires au bon fonctionnement des installations (graisses et huiles de transmission, huiles hydrauliques pour systèmes de freinage...), qui une fois usagés sont traités en tant que déchets industriels spéciaux. Le tableau ci-dessous récapitule les produits dangereux utilisés dans les éoliennes.

Substances liquides présentes dans l'éolienne E-160							Qtés (L)
Nom	Classification CLP	Etiquetage	Pictogramme	Code déchets européen	Transport ADR	Utilisation dans l'éolienne	E-160
Shell Omala S4 WE 320	Non dangereux	Pas d'étiquetage spécifique	Non	13 02 06*	Non	Transmission d'orientation	4,0
						Arbre de renvoi (pitch gear)	63,0
MOBIL SHC GREASE 460 WT	Non dangereux	Pas d'étiquetage spécifique	Non	13 01 12*	Non	Système de graissage centralisé complet	8,0
						Palier de bride de pale	75,0
						Palier du rotor	120,0
						Palier d'orientation	35,0
						Réservoir central du moyeu	8,0
CASTROL TRIBOL GR 1350-2.5PD	H317	H317, P280, P261, P272, P302, P313, P333, P352, P362, P364		12 01 12*, 15 01 10*	Non	Système de graissage centralisé complet	8,0
						Réservoir central du moyeu	8,0
						Couronne d'orientation	35,0
						Palier de bride de pale	4,5
Mobil Unavis HVI 26	H315, H332, H411	H315, H332, H411		13 01 10*	UN 3082	Frein hydraulique d'orientation	1,0
						Frein hydraulique du rotor	12,0
HHS 2000	H222, H229, H315, H336, H411	H222, H229, H315, H336, H411, P210, P211, P251, P261, P273, P410, P412		15 01 06, 15 01 10*, 16 05 04*	UN 1950	Câble du treuil	0,8
						Câble de sécurité et câble de traction de l'ascenseur de service	1,2
Carter SG 220	Non dangereux	EUH210, EUH208	Non	13 02 06*	Non	Couronne du treuil	0,6
Goracon GTO 68	Non dangereux	EUH210	Non	13 02 06*	Non	Treuil de l'ascenseur de service G-trac	0,6
TOTAL SANS TRANSFORMATEUR							384,7
Substances liquides (liquide de refroidissement) dans le transformateur							
MIDEL 7131	Non dangereux	Pas d'étiquetage spécifique	Non		Non	Transformateur	2050,0
TOTAL AVEC TRANSFORMATEUR							2434,7

5.1.2 Produits de nettoyage et d'entretien

Produits de nettoyage et d'entretien des installations (solvants, dégraissants, nettoyeurs...) et les déchets industriels banals associés (pièces usagées non souillées, cartons d'emballage...)

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

La technologie ENERCON, grâce notamment à l'absence de boîte de vitesse, permet de générer une faible quantité de déchets.

Type de déchets	Quantités
Absorbants, matériaux filtrants (filtres à huile), chiffons d'essuyage et vêtements de protection contaminés par des substances dangereuses	2 kg
Papiers et cartons	2 kg
Emballages en mélange	2 kg
Déchets résiduels	3 kg
TOTAL	12 kg

Tableau 13: Liste des substances liquides dans l'éolienne

5.2 POTENTIELS DE DANGERS LIES AU FONCTIONNEMENT DE L'INSTALLATION

Les dangers liés au fonctionnement du parc éolien de Viâpres-le-Petit 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

5.3 REDUCTION DES POTENTIELS DE DANGERS A LA SOURCE

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

5.3.1 Réduction des dangers liés aux produits

Les produits dangereux présents dans l'éolienne ne peuvent pas être supprimés car ils sont nécessaires au bon fonctionnement du procédé (lubrification). Cependant, les éoliennes ENERCON sont conçues sans multiplicateur ce qui permet une réduction significative des quantités de substances dangereuses pour l'environnement par rapport à des éoliennes traditionnelles.

- **Engrenage** : L'éolienne ne possède pas de système d'engrenage principal : le rotor est directement couplé à un générateur annulaire. La vitesse de rotation n'a pas besoin d'être échelonnée. Par conséquent, la quantité d'huile d'engrenage habituellement disponible sur les éoliennes classiques (> 200 litres) n'est pas nécessaire.
- **Transmissions d'orientation** : L'éolienne possède entre 4 et 12 transmissions d'orientation (pour contrôler l'orientation de la nacelle). Chacune de ces transmissions sont remplies d'environ de 7 à 20 litres d'huiles selon la taille de l'éolienne. Les moteurs électriques reposent directement sur les transmissions. Les transmissions se trouvent dans le support principal qui peut recueillir toute la quantité d'huile, par ailleurs les réservoirs d'huile sont montés sous les entraînements d'orientation.
- **Système de réglage des pales** : 3 arbres de renvoi (pitch gear) permettent de régler les pales des éoliennes avec chacune un moteur pitch. Les arbres de renvoi (pitch gear) ne sont remplis que de quelques litres d'huile d'engrenage (de 2 à 8 litres selon la taille de l'éolienne). La totalité de la nacelle et la tête de rotor sont placées dans un carénage de sorte que des éventuelles pertes d'huile par défaut d'étanchéité soient recueillies par celui-ci.
- **Graissage du palier à roulement** : Les profils de dents et le palier de l'éolienne sont lubrifiés à l'aide graisses spéciales (de 2 à 23 L selon la taille de l'éolienne). L'excédent de graisse ou les fuites éventuelles sont contenus dans les équipements.
- **Alimentation en lubrifiant des paliers** : Les paliers à roulement et à pivotement de l'éolienne sont alimentés en permanence en graisse au moyen d'unités de graissage permanent. Il s'agit de cartouches fermées de 125 ml chacune. Leur contenu est remplacé tous les ans.
- **Frein hydraulique du rotor** : Jusqu'à 8L d'huiles utilisés.
- **Système de refroidissement à eau** : utilisé uniquement pour les éoliennes de plus de 3MW, entre 400 et 900L de fluide caloporteur.
- **Huile du transformateur** : Le transformateur est situé selon la version au pied du mât ou dans un poste situé à l'extérieur du mât. Le puisard dans le sol en béton du poste est verrouillé et perméable à l'huile et peut recueillir l'ensemble de l'huile de transformation (de 600 à 1700 litres selon la taille de l'éolienne). Si le transformateur est installé dans le mât, une goulotte en acier assure la collecte de toute l'huile du transformateur. Les bacs de rétention d'huile dans les postes et les sous-sols de mâts sont étanches à l'huile.

5.3.2 Utilisation des meilleures techniques disponibles

La directive 2010/75/UE relative aux émissions industrielles, appelée directive IED, a pour objectif de parvenir à un niveau élevé de protection de l'environnement grâce à une prévention et à une réduction intégrées de la pollution provenant d'un large éventail d'activités industrielles et agricoles.

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 spécialisée, 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'accidentologie à jour est présentée en totalité en annexe 2 page 61.

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 de Viâpres-le-Petit. 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.

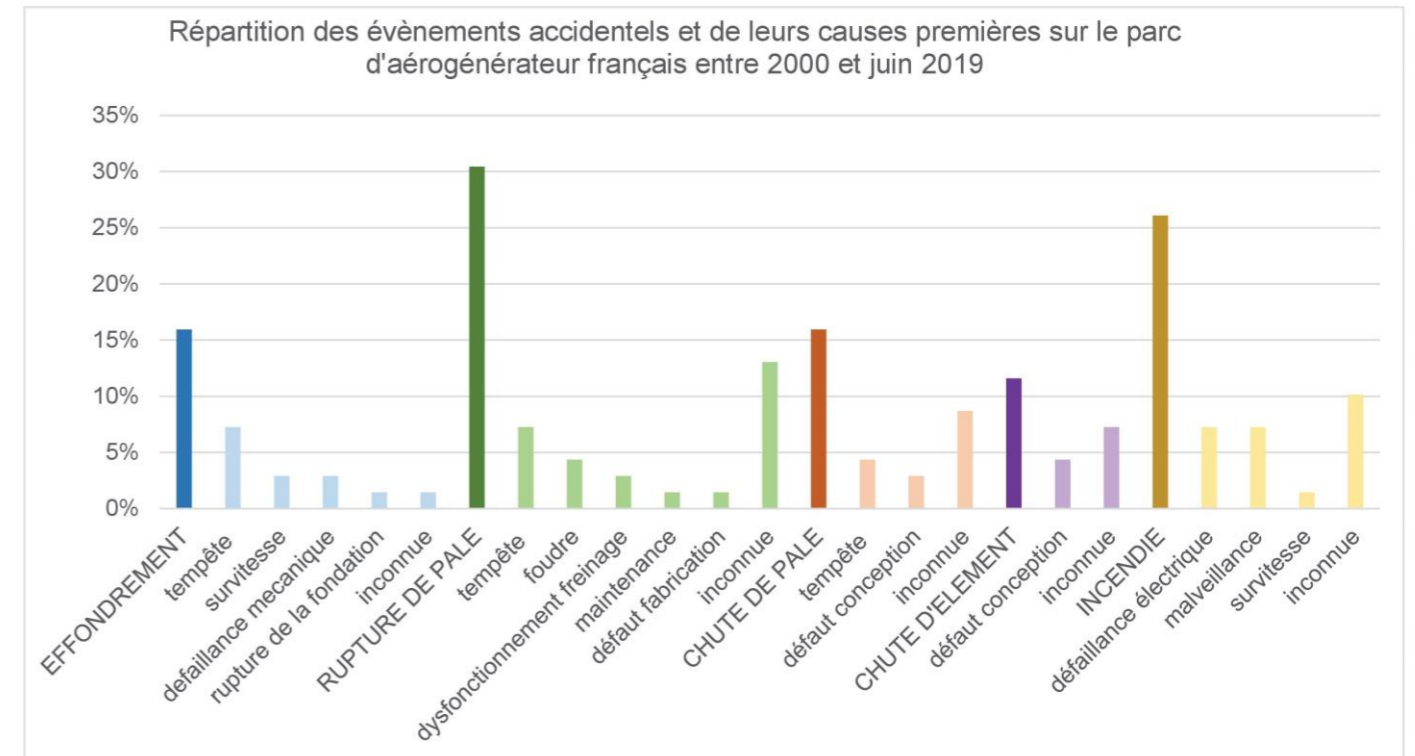
Dans l'état actuel, la base de données élaborée par le groupe de travail de SER/FEE ayant élaboré le guide technique d'élaboration de l'étude de dangers dans le cadre des parcs éoliens apparaît comme représentative des incidents majeurs ayant affecté le parc éolien français depuis l'année 2000. L'ensemble 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 2019. Cette synthèse exclut les accidents du travail (maintenance, chantier de construction, etc.) et les événements qui n'ont pas conduit à des effets sur les zones autour des aérogénérateurs.

Dans ce graphique sont présentés :

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



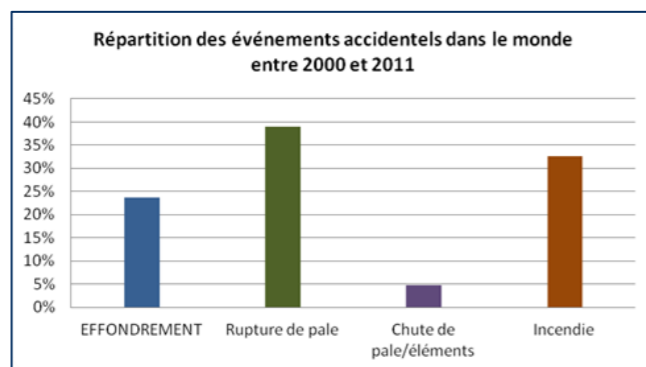
Par ordre d'importance, les accidents les plus recensés sont les ruptures de pale, les incendies, les effondrements, les chutes de pale et les chutes des autres éléments de l'éolienne. La principale cause de ces accidents est les tempêtes.

6.2 INVENTAIRE DES ACCIDENTS ET INCIDENTS A L'INTERNATIONAL

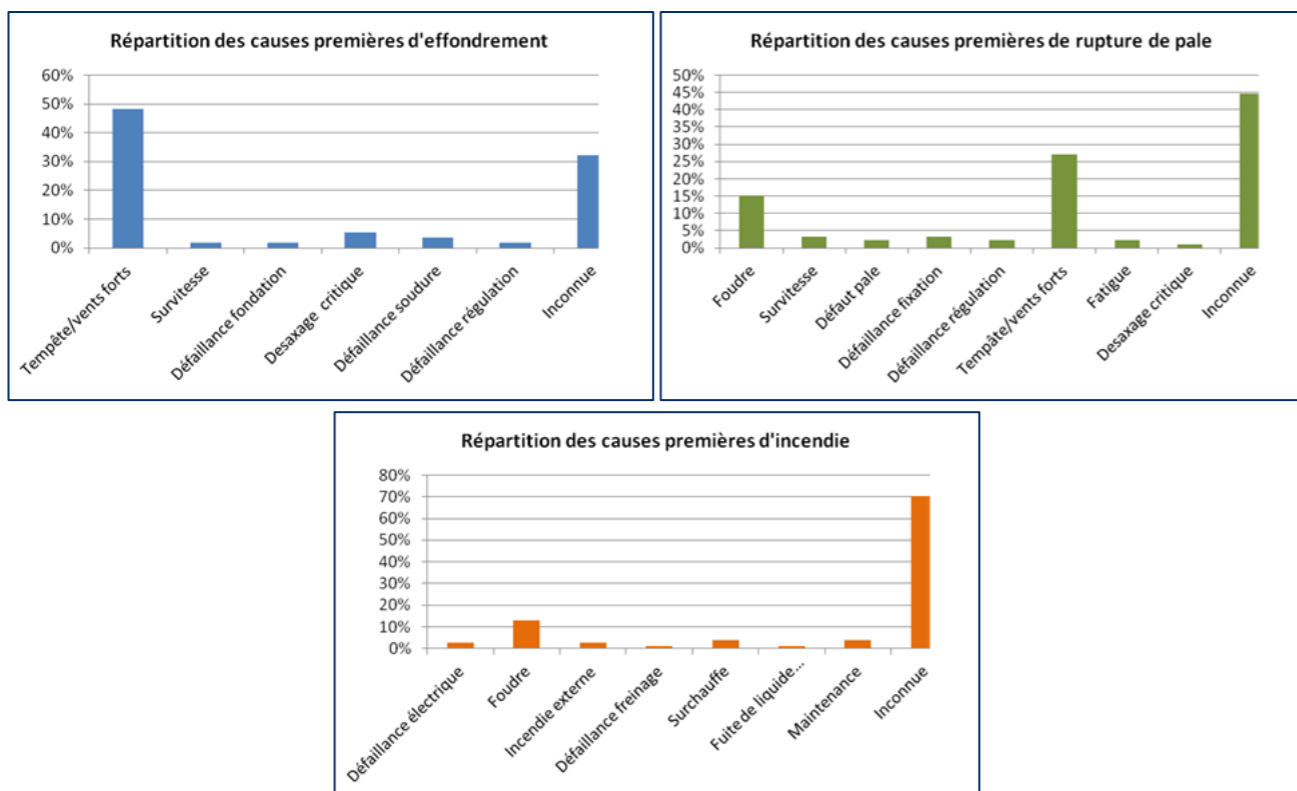
Un inventaire des incidents et accidents à l'international a également été réalisé. Il se base lui aussi sur le retour d'expérience de la filière éolienne fin 2010.

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.



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



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

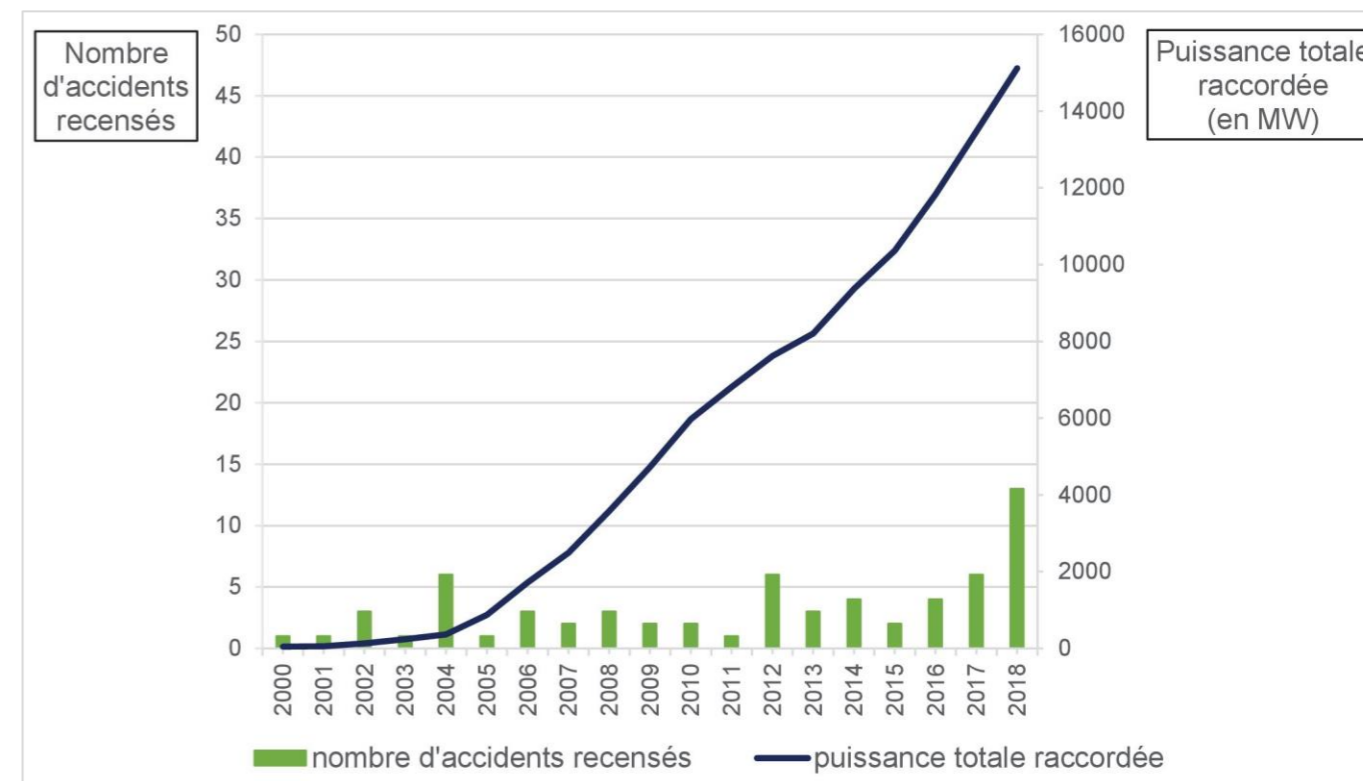
6.3 SYNTHÈSE DES PHÉNOMÈNES DANGEREUX REDOUTÉS ISSUS DU RETOUR D'EXPERIENCE

6.3.1 Analyse de l'évolution des accidents en France

A partir de l'ensemble des phénomènes dangereux qui ont été recensés, il est possible d'étudier leur évolution en fonction de la puissance raccordée.

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

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



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

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

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

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

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

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

Les tableaux suivants constituent une synthèse des agressions externes identifiées par le groupe de travail à l'origine du présent guide. Les porteurs de projet sont invités à indiquer si leurs aérogénérateurs sont soumis à ces agressions potentielles en complétant les tableaux ci-dessous.

7.3.1 Agressions externes liées aux activités humaines

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

Infrastructure	Fonction	Evénement redouté	Danger potentiel	Périmètre	Distance par rapport au mât des éoliennes					
					EOL1	EOL2	EOL3	EOL21	EOL22	EOL23
Voies de circulation	Transport	Accident entraînant la sortie de voie d'un ou plusieurs véhicules	Energie cinétique des véhicules et flux thermiques	200 m	162 m	80 m	34 m	235 m	35 m	91 m

Tableau 14 : Agressions externes liées aux activités humaines

La distance indiquée correspond principalement à l'éloignement des éoliennes aux chemins d'exploitation, très peu fréquentés, à l'exception de l'EOL21 qui se situe à 235 mètres de la D71.

Aucun aérodrome ne se situe à moins de 2 km du projet et aucune éolienne construite n'est présente à moins de 500 mètres du projet. L'éolienne la plus proche se situe à environ 550 mètres du projet.

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	D'après les relevés climatiques de Météo France, la rafale maximale enregistrée à la station de Dosnon a atteint les 144 km/h en 1999. Le nombre moyen de jours avec des rafales de vent supérieures à 100 km/h est inférieur à un jour par an.
Foudre	Les éoliennes Enercon sont équipées de système de protection contre la foudre respectant la norme IEC 61 400-24 (juin 2010) ou EN 62 305 - 3 (décembre 2006)
Risque de remontée des nappes	Un risque de remontée de nappes en domaine sédimentaire est noté au droit des éoliennes (inondation de cave pour EOL1 et EOL23). Une étude géotechnique en amont de la construction permettra le bon dimensionnement des fondations.

Tableau 15: Agressions externes liées aux phénomènes naturels

Comme il a été précisé précédemment, les agressions externes liées à des inondations, à des incendies de forêt ou de cultures ou à des séismes ne sont pas considérées dans ce tableau dans le sens où les dangers qu'elles pourraient entraîner sont largement inférieurs aux dommages causés par le phénomène naturel lui-même.

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

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

Aucun risque inondation de plaine n'est connu au niveau du projet. Un risque d'inondation de cave est relevé pour les éoliennes EOL1 et EOL23. Afin de tenir compte de ce risque une étude géotechnique sera réalisée en amont des travaux de construction du parc éolien afin de connaître la nature du sol et dimensionner correctement les fondations des éoliennes.

7.4 SCENARIOS ETUDIES DANS L'ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES

Le tableau suivant présente une proposition d'analyse générique des risques. Il est construit de la manière suivante :

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

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

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

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

N°	Evénement initiateur	Evénement intermédiaire	Evénement 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

N°	Événement initiateur	Événement intermédiaire	Événement redouté central	Fonction de sécurité (intitulé générique)	Phénomène dangereux	Qualification de la zone d'effet
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
C02	Défaillance fixation anémomètre	Chute anémomètre	Chute d'élément de l'éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction - exploitation)(N°9)	Impact sur cible	1
C3	Défaut fixation nacelle - pivot central - mât	Chute nacelle	Chute d'élément de l'éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction - exploitation)(N°9)	Impact sur cible	1
P01	Survitesse	Contraintes trop importante sur les pales	Projection de tout ou partie pale	Prévenir la survitesse (N°4)	Impact sur cible	2
P02	Fatigue Corrosion	Chute de fragment de pale	Projection de tout ou partie pale	Prévenir la dégradation de l'état des équipements (N°11)	Impact sur cible	2
P03	Serrage inapproprié	Chute de fragment de pale	Projection de tout ou partie pale	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage	Impact sur cible	2

N°	Événement initiateur	Événement intermédiaire	Événement redouté central	Fonction de sécurité (intitulé générique)	Phénomène dangereux	Qualification de la zone d'effet
	Erreur maintenance - desserrage			(construction - exploitation)(N°9)		
E01	Effets dominos autres installations	Agression externe et fragilisation structure	Effondrement éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction - exploitation)(N°9)	Projection/chute fragments et chute mât	2
E02	Glissement de sol	Agression externe et fragilisation structure	Effondrement éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction - exploitation)(N°9)	Projection/chute fragments et chute mât	2
E05	Crash d'aéronef	Agression externe et fragilisation structure	Effondrement éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction - exploitation)(N°9)	Projection/chute fragments et chute mât	2
E07	Effondrement engin de levage travaux	Agression externe et fragilisation structure	Effondrement éolienne	Actions de prévention mises en œuvre dans le cadre du plan de prévention (N°13)	Chute fragments et chute mât	2
E08	Vents forts	Défaillance fondation	Effondrement éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction - exploitation)(N°9) Prévenir les risques de dégradation de l'éolienne en cas de vent fort (N°12)	Projection/chute fragments et chute mât	2
E09	Fatigue	Défaillance mât	Effondrement éolienne	Prévenir la dégradation de l'état des équipements (N°11)	Projection/chute fragments et chute mât	2
E10	Désaxage critique du rotor	Impact pale - mât	Effondrement éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction - exploitation)(N°9) Prévenir les erreurs de maintenance (N°10)	Projection/chute fragments et chute mât	2

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

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.

Dans le cadre des études de dangers éoliennes, il est proposé de limiter l'évaluation de la probabilité d'impact d'un élément de l'aérogénérateur sur une autre installation ICPE que lorsque celle-ci se situe dans un rayon de 100 mètres. Les effets dominos ne seront donc pas étudiés dans le cadre de cette étude.

7.6 MISE EN PLACE DES MESURES DE SECURITE

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

- **Fonction de sécurité** : il est proposé ci-dessous un tableau par fonction de sécurité. Cet intitulé décrit l'objectif de la ou des mesure(s) de sécurité : il s'agira principalement d'« empêcher, 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. Il s'agit ici de vérifier que la mesure de maîtrise des risques agira « à temps » pour prévenir ou pour limiter les accidents majeurs. Dans le cadre d'une étude de dangers éolienne, l'estimation de ce temps de réponse peut être simplifiée et se contenter d'une estimation d'un temps de réponse maximum qui doit être atteint. Néanmoins, et pour rappel, la réglementation impose les temps de réponse suivants :
 - une mesure de maîtrise des risques remplissant la fonction de sécurité « limiter les conséquences d'un incendie » doit permettre de détecter un incendie et de transmettre l'alerte aux services d'urgence compétents dans un délai de 15 minutes ;
 - une seconde mesure maîtrise des risques remplissant la fonction de sécurité « limiter les conséquences d'un incendie » doit permettre de détecter un incendie et de mettre en œuvre une procédure d'arrêt d'urgence dans un délai de 60 minutes ;
- **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.

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

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

Fonction de sécurité	Prévenir la mise en mouvement de l'éolienne lors de la formation de glace	N° de la fonction de sécurité	1
Mesures de sécurité	Installation sur les pales d'un détecteur de formation de glace « IDD.Blade » développé par la société Wölfel.		
Description	Il s'agit d'un capteur de bruit placé sur la pale mesurant les vibrations. La présence de glace sur la pale modifie la fréquence des vibrations. Ces changements permettent au système de déduire la présence de glace. Le cas échéant, un message d'alerte « détection de glace » est envoyé et l'éolienne s'arrête. Ce capteur permet de détecter la présence de glace alors que l'éolienne est à l'arrêt.		
Indépendance	Oui, la détection de glace se fait indépendamment du fonctionnement de l'éolienne. Wölfel IDD.blade communique avec l'éolienne via Scada.		
Temps de réponse	Inférieur à minute Wölfel IDD.blade envoie un signal toutes les 5 secondes puis en cas de message d'alerte « détection de glace », l'éolienne s'arrête en 15 secondes.		
Efficacité	100 %		
Tests	Après installation, une phase de calibration de 2 à 4 semaines est nécessaire. Il existe un mode test qui permet de simuler un signal « détection de glace » et de vérifier que l'éolienne s'arrête bien en conséquence.		
Maintenance	Pas de maintenance requise		

En cas de site où un Labko Sensor est installé

Fonction de sécurité	Prévenir la mise en mouvement de l'éolienne lors de la formation de glace	N° de la fonction de sécurité	1bis
Mesures de sécurité	Installation d'un détecteur de formation de glace en nacelle, LID-33000 IP Ice Detector développé par l'entreprise Labkotec OY, communément appelé « Labko Sensor »		
Description	Le Labko Sensor est doté d'un câble sensible aux vibrations ultrasoniques, celles-ci s'atténuent en cas de formation de glace. En dessous d'un certain seuil paramétrable, le Labko Sensor envoie un message d'alerte « détection de glace » et l'éolienne s'arrête.		
Indépendance	Oui, la détection de glace se fait indépendamment du fonctionnement de l'éolienne. Le Labko Sensor communique avec l'éolienne via Scada.		
Temps de réponse	Inférieur à minute Le Labko Sensor envoie un signal toutes les 4 secondes, puis en cas de message d'alerte « détection de glace », l'éolienne s'arrête en 15 secondes.		
Efficacité	100 %		
Tests	Lors de son installation, le technicien doit simuler une détection de glace soit par le bouton test du Labko Sensor soit à l'aide d'un spray refroidissant.		
Maintenance	Labkotec OY recommande une maintenance annuelle lors de laquelle les points suivants doivent être vérifiés : <ul style="list-style-type: none"> Force du signal. En cas d'atténuation du signal, procéder à un recalibrage. En cas de présence de poussière ou saleté, nettoyage du câble. Réalisation d'un test soit par le bouton test du Labko Sensor soit à l'aide d'un spray refroidissant. 		

Fonction de sécurité	Prévenir l'atteinte des personnes par la chute de glace	N° de la fonction de sécurité	2
Mesures de sécurité	Panneautage en pied de machine ainsi que sur les voies d'accès au parc. Eloignement des zones habitées et fréquentées		
Description	Mise en place de panneaux informant de la possible formation de glace en pied de machines (conformément à l'article 14 de l'arrêté du 26 août 2011).		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	NA		
Efficacité	100 %. Nous considérerons que compte tenu de l'implantation des panneaux et de l'entretien prévu, l'information des promeneurs sera systématique.		
Tests	NA		
Maintenance	Vérification de l'état général du panneau, de l'absence de détérioration, entretien de la végétation afin que le panneau reste visible.		

Fonction de sécurité	Prévenir l'échauffement significatif des pièces mécaniques	N° de la fonction de sécurité	3
Mesures de sécurité	Capteurs de température des pièces mécaniques Définition de seuils critiques de température pour chaque type de composant avec alarmes Mise à l'arrêt ou bridage jusqu'à refroidissement		
Description	En cas de température anormalement haute, une alarme est émise par le système SCADA au centre de contrôle ENERCON. Si la température dépasse un seuil haut, l'éolienne est mise à l'arrêt et ne peut être relancée qu'après intervention d'un technicien en nacelle, qui procédera à une identification des causes et à des opérations techniques le cas échéant.		
Indépendance	Oui.		
Temps de réponse	NA		
Efficacité	100 %		
Tests	Pas de test.		
Maintenance	Contrôle automatique permanent grâce à des redondances pour les capteurs des principaux composants (génératrices, transformateur). Lors de la maintenance annuelle, vérification de la vraisemblance des informations données par les capteurs par lecture sur le moniteur. Maintenance de remplacement en cas de dysfonctionnement de l'équipement.		

Fonction de sécurité	Prévenir la survitesse	N° de la fonction de sécurité	4
Mesures de sécurité	Détection de survitesse et système de freinage.		
Description	Systèmes de coupure s'enclenchant en cas de dépassement des seuils de vitesse prédéfinis, indépendamment du système de contrôle commande. Le système coupe l'alimentation électrique des pitchs. Les condensateurs électriques du système de sécurité des pitchs se déchargent alors, activant la mise en drapeau des pales. L'éolienne s'arrête en 10 à 15 secondes.		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	Temps de détection < 1 minute L'exploitant ou l'opérateur désigné sera en mesure de transmettre l'alerte aux services d'urgence compétents dans un délai de 15 minutes suivant l'entrée en fonctionnement anormal de l'aérogénérateur conformément aux dispositions de l'arrêté du 26 août 2011.		
Efficacité	100 %		
Tests	Test d'arrêt simple, d'arrêt d'urgence et de la procédure d'arrêt en cas de survitesse avant la mise en service des aérogénérateurs conformément à l'article 15 de l'arrêté du 26 août 2011. Un test de survitesse est également effectué lors de la mise en service de l'installation.		
Maintenance	Vérification du système au bout de 3 mois de fonctionnement puis contrôle annuel conformément à l'article 18 de l'arrêté du 26 août 2011 (notamment de l'usure du frein et de pression du circuit de freinage d'urgence.) Maintenance de remplacement en cas de dysfonctionnement de l'équipement.		

Fonction de sécurité	Prévenir les effets de la foudre	N° de la fonction de sécurité	6
Mesures de sécurité	Mise à la terre et protection des éléments de l'aérogénérateur.		
Description	Système de protection foudre de l'éolienne dimensionné pour prévenir toute dégradation des pales de l'éolienne conformément à la norme IEC 61400-24. Le système de protection externe est conçu pour gérer un coup de foudre direct sur l'éolienne. Deux récepteurs en tungstène sont positionnés sur bout de pale qui intercepte l'éclair. Ces récepteurs sont reliés à un câble conducteur qui va du bout de pale jusqu'à la base de la pale. Puis le courant de foudre est dévié vers la terre entourant la base de l'éolienne. La protection interne est conçue pour minimiser les dégâts et les interférences sur les équipements électriques et les composants électroniques à l'intérieur de l'éolienne grâce à une ligne équipotentielle, à une protection contre les surtensions et les perturbations électromagnétiques. Ainsi, les composants principaux tels que l'armoire de contrôle et la génératrice sont protégés par des parasurtenseurs.		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	Immédiat dispositif passif		
Efficacité	100 %		
Tests	/		
Maintenance	Contrôle visuel des pales et des éléments susceptibles d'être impactés par la foudre inclus dans les opérations de maintenance, conformément à l'article 9 de l'arrêté du 26 août 2011.		

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

Fonction de sécurité	Protection et intervention incendie	N° de la fonction de sécurité	7
Mesures de sécurité	Capteurs de températures sur les principaux composants de l'éolienne pouvant permettre, en cas de dépassement des seuils, la mise à l'arrêt de la machine Système de détection fumée relié au système SCADA qui émet une alarme au centre de contrôle ENERCON et prévient l'exploitant par SMS. Intervention des services de secours		
Description	La technologie Enercon sans boîte de vitesse permet de réduire le risque d'échauffement provoqué par frottement mécanique. En effet la génératrice ENERCON tourne environ à 10 tours par minute, alors que les génératrices entraînées par une boîte de vitesse tournent à environ 1500 tours par minute. De nombreux capteurs de températures sont présents à proximité de tous les composants critiques : Nacelle Génératrice Palier du moyeu Mât Armoires électriques Transformateurs Extérieur de la machine Des seuils d'acceptabilité de niveau de températures sont prédéfinis dans le système de contrôle de l'éolienne pour chacun des capteurs. Des capteurs optiques de fumée sont placés en pied de mât et dans la nacelle. Leur déclenchement conduit à la mise en arrêt de la machine et au découplage du réseau électrique. De manière concomitante, un message d'alarme est envoyé au centre de télésurveillance ENERCON ainsi qu'à la société d'exploitation par SMS, qui se charge de contacter les services d'urgence compétents. L'éolienne est également équipée d'extincteurs qui peuvent être utilisés par les personnels d'intervention (cas d'un incendie se produisant en période de maintenance)		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	< 1 minute pour les détecteurs et l'enclenchement de l'alarme L'exploitant ou l'opérateur désigné sera en mesure de transmettre l'alerte aux services d'urgence compétents dans un délai de 15 minutes suivant l'entrée en fonctionnement anormal de l'aérogénérateur. Le temps d'intervention des services de secours est quant à lui dépendant de la zone géographique. La caserne de pompiers la plus proche du projet éolien de Viâpres-le-Petit est celle de Arcis-sur-Aube à environ 10 km du projet.		
Efficacité	100 %		
Tests	Les capteurs optiques de fumée sont testés annuellement (détection volontaire).		
Maintenance	Contrôle annuel conformément à l'article 18 de l'arrêté du 26 août 2011. Le matériel incendie (type extincteurs) est contrôlé périodiquement par le fabricant du matériel ou un organisme extérieur. Maintenance curative à la suite d'une défaillance du matériel.		

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

Fonction de sécurité	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction - exploitation)	N° de la fonction de sécurité	9
Mesures de sécurité	Contrôles réguliers des fondations et des différentes pièces d'assemblages (ex : brides ; joints, etc.) Procédures qualités Attestation du contrôle technique (procédure permis de construire)		
Description	La norme IEC 61 400-1 « Exigence pour la conception des aérogénérateurs » fixe les prescriptions propres à fournir « un niveau approprié de protection contre les dommages résultant de tout risque durant la durée de vie » de l'éolienne. Ainsi la nacelle, le moyeu, les fondations et la tour répondent au standard IEC 61 400-1. Les pales respectent le standard IEC 61 400-1 ; 12 ; 23. Les éoliennes sont protégées contre la corrosion due à l'humidité de l'air, selon la norme ISO 9223.		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	NA		
Efficacité	100 %		
Tests	NA		
Maintenance	Les couples de serrage (brides sur les diverses sections de la tour, bride de raccordement des pales au moyeu, bride de raccordement du moyeu à l'arbre lent, éléments du châssis, éléments du pitch system, couronne du Yaw Gear (moteurs d'orientation de la nacelle), boulons de fixation de la nacelle...) sont vérifiés au bout de 3 mois de fonctionnement puis tous les 3 ans, conformément à l'article 18 de l'arrêté du 26 août 2011.		

Fonction de sécurité	Prévenir les erreurs de maintenance	N° de la fonction de sécurité	10
Mesures de sécurité	Procédure maintenance		
Description	Préconisations du manuel de maintenance Formation du personnel		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	NA		
Efficacité	100 %		
Tests	Il existe des manuels de maintenance spécifiques à chaque modèle d'éolienne. Tout personnel amené à intervenir dans les éoliennes est formé et habilité : <ul style="list-style-type: none"> • Electriquement, selon son niveau de connaissance ; • Aux travaux en hauteur, port des EPI, évacuation et sauvetage ; • Sauveteur Secouriste du Travail. Ces habilitations sont recyclées périodiquement suivant la réglementation ou les recommandations en vigueur. Des contrôles des connaissances sont réalisés afin de vérifier la validité de ces habilitations. Des points mensuels concernant la sécurité et les procédures sont effectués avec l'ensemble du personnel de maintenance. Une présentation du fonctionnement de la sécurité est réalisée auprès des nouveaux embauchés.		
Maintenance	NA		

Fonction de sécurité	Prévenir les risques de dégradation de l'éolienne en cas de vent fort	N° de la fonction de sécurité	11
Mesures de sécurité	Classe d'éolienne adaptée au site et au régime de vents*. Détection et prévention des vents forts et tempêtes		
Description	Procédure « site vérification » : une étude de vent est menée sur un an afin de vérifier l'adéquation effective des machines. En cas de doute sur l'adéquation des aérogénérateurs, le site est modélisé et une étude de charge est effectuée.		
Indépendance	Oui : Ces systèmes s'appuient sur des fonctions et des appareils propres à l'exploitation du parc. Ces données sont cependant analysées par l'automate de sécurité embarqué sur chaque éolienne, dont le rôle est dédié à la sécurité de l'installation.		
Temps de réponse	< 1 min		
Efficacité	100 % . - NB : En fonction de l'intensité attendue des vents, d'autres dispositifs de diminution de la prise au vent de l'éolienne peuvent être envisagés. Si le site est trop turbulent ou les machines trop rapprochées entre elles, il est possible de mettre en place des arrêts sectoriels pour limiter l'impact de la turbulence sur les machines.		
Tests	Procédure de « Site Verification » (contrôle de l'adéquation par rapport à des mesures de fonctionnement)		
Maintenance	Les paramètres d'entrée en cas d'arrêt sectoriel sont régulièrement mis à jour et contrôlés lors des modifications d'hardware ou de software. L'usure de l'éolienne est contrôlée à chaque maintenance.		

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

Notamment, 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 est réalisée tous les ans.

7.7 CONCLUSION DE L'ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES

A l'issue de l'analyse préliminaire des risques, l'étude de dangers doit préciser quels scénarios sont retenus en vue de l'analyse détaillée des risques. Ne sont retenus que les séquences accidentelles dont l'intensité est telle que l'accident peut avoir des effets significatifs sur la vie humaine.

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 :

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

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

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

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.

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 ».

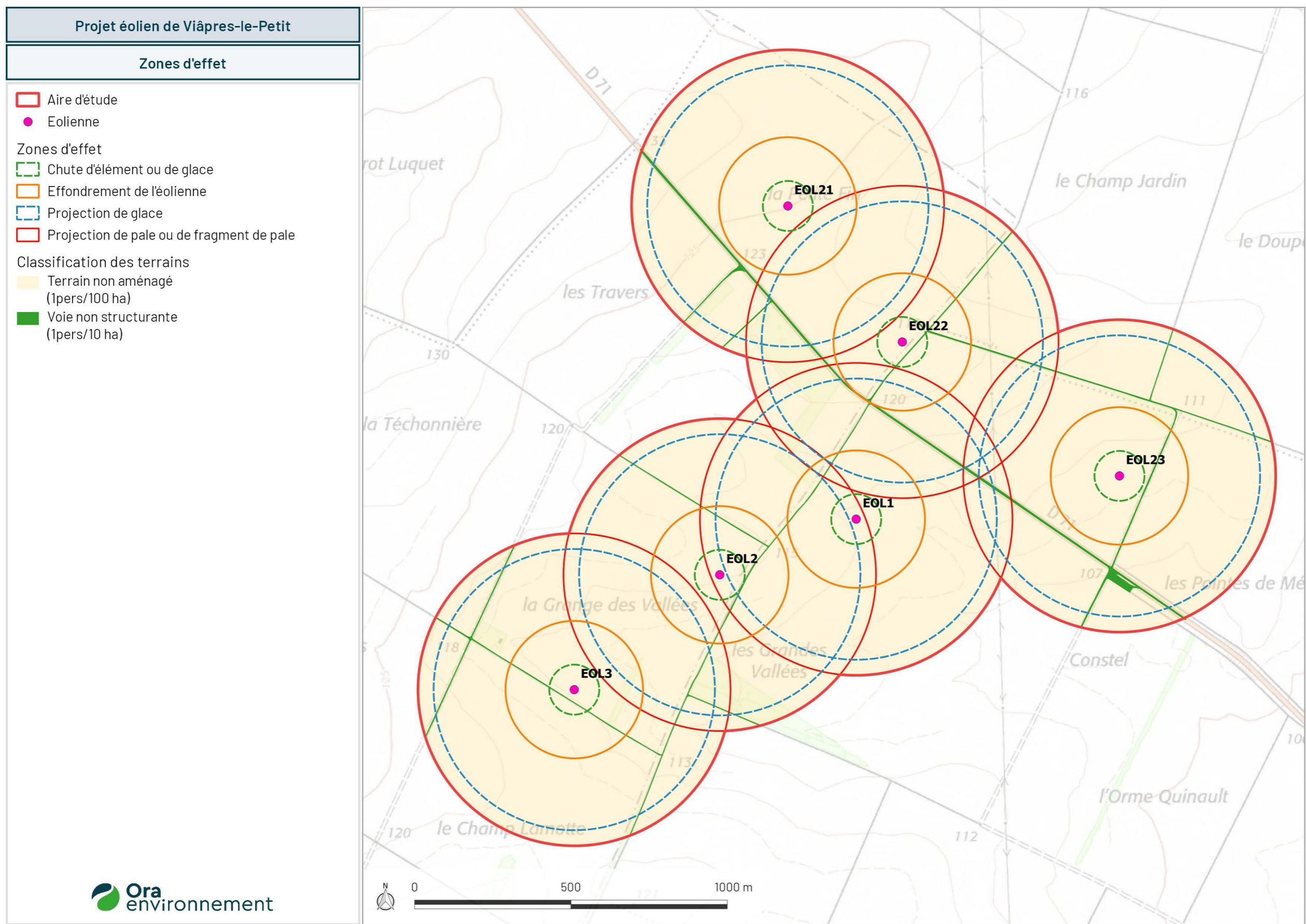
C'est pourquoi, pour chacun des événements accidentels retenus (chute d'éléments, chute de glace, effondrement et projection), deux valeurs de référence ont été retenues :

- 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. La carte suivante illustre les différentes zones d'effet retenues.



Carte 12: : Zones d'effet

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

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

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 à la suite de 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

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 220 m. 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 du parc éolien de Viâpres-le-Petit. R est la longueur de pale, H la hauteur du mât, L la largeur du mât et LB la largeur de la base de la pale.

Modèle d'éolienne	E-160
Longueur d'une pale R	80 m
Hauteur du mât H	140 m
Largeur à la base du mât L	9,1 m
Largeur maximale à la base de pale LB	4,1 m

Effondrement de l'éolienne (dans un rayon inférieur ou égal à la hauteur totale de l'éolienne en bout de pale)				
Modèle d'éolienne	Zone d'impact en m ²	Zone d'effet du phénomène étudié en m ²	Degré d'exposition du phénomène étudié en %	Intensité
	$ZI = (H) \times L + 3 \times R \times LB / 2$	$ZE = \pi \times (H+R)^2$	$ZI / ZE \times 100$	
E-160	1766,00	152053,08	1,16%	Exposition forte

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

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

Effondrement de l'éolienne (dans un rayon inférieur ou égal à la hauteur totale de l'éolienne en bout de pale)				
Eolienne	Superficie concernée par la zone d'effet		Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)	Gravité
	Terrains non aménagés en ha (1 pers./100ha)	Terrains aménagés peu fréquentés en ha (1 pers./10ha)		
EOL1	15,11	0,096	0,161	Sérieux
EOL2	14,97	0,236	0,173	Sérieux
EOL3	15,05	0,156	0,166	Sérieux
EOL21	15,21	0	0,152	Sérieux
EOL22	14,92	0,281	0,177	Sérieux
EOL23	15,01	0,191	0,169	Sérieux

Pour chacune des éoliennes, le nombre de personnes exposées sera donc inférieur à 1. La gravité sera donc considérée comme « sérieux ».

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
Spécification 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 « D » selon l'arrêté du 29 septembre 2005.

Le retour d'expérience français montre 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 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

Dans le retour d'expérience français, 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 ».

¹ Une année d'expérience correspond à une éolienne observée pendant une année. Ainsi, si on a observé une éolienne pendant 5 ans et une autre pendant 7 ans, on aura au total 12 années d'expérience.

8.2.1.5 Acceptabilité

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

Effondrement de l'éolienne (dans un rayon inférieur ou égal à la hauteur totale de l'éolienne en bout de pale)		
Eolienne	Gravité	Niveau de risque
EOL1	Sérieux	Acceptable
EOL2	Sérieux	Acceptable
EOL3	Sérieux	Acceptable
EOL21	Sérieux	Acceptable
EOL22	Sérieux	Acceptable
EOL23	Sérieux	Acceptable

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

8.2.2 Chute de glace

8.2.2.1 Considérations générales

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

Selon l'étude 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 le parc éolien de Viâpres-le-Petit, la zone d'effet a donc un rayon de 80 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 du parc éolien de Viâpres-le-Petit. Z_I est la zone d'impact, Z_E est la zone d'effet, R est la longueur de pale, SG est la surface du morceau de glace majorant ($SG = 1 \text{ m}^2$).

Chute de glace (dans un rayon inférieur ou égal au survol des pales)			
Zone d'impact en m^2	Zone d'effet du phénomène étudié en m^2	Degré d'exposition du phénomène étudié en %	Intensité
$Z_I = SG$	$Z_E = \pi \times R^2$	$Z_I / Z_E \times 100$	Exposition modérée
1,00	20106,19	0,005%	

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 :

Chute de glace (dans un rayon inférieur ou égal au survol des pales)				
Eolienne	Superficie concernée par la zone d'effet		Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)	Gravité
	Terrains non aménagés en ha (1 pers./100ha)	Terrains aménagés peu fréquentés en ha (1 pers./10ha)		
EOL1	2,01	0	0,020	Modérée
EOL2	2,01	0,002	0,020	Modérée
EOL3	1,96	0,048	0,024	Modérée
EOL21	2,01	0	0,020	Modérée
EOL22	1,95	0,056	0,025	Modérée
EOL23	2,01	0	0,020	Modérée

Pour chacune des éoliennes, le nombre de personnes exposées sera donc inférieur à 1. La gravité sera donc considérée comme « modérée ».

8.2.2.5 Probabilité

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

8.2.2.6 Acceptabilité

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

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

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

Chute de glace (dans un rayon inférieur ou égal au survol des pales)		
Eolienne	Gravité	Niveau de risque
EOL1	Modérée	Acceptable
EOL2	Modérée	Acceptable
EOL3	Modérée	Acceptable
EOL21	Modérée	Acceptable
EOL22	Modérée	Acceptable
EOL23	Modérée	Acceptable

Ainsi, pour le parc éolien de Viâpres-le-Petit, le phénomène de chute de glace des éoliennes constitue un niveau de 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 autour du mât de l'éolienne en projection verticale. Pour le parc éolien de Viâpres-le-Petit, la zone d'effet a donc un rayon de 80 mètres.

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 du parc éolien de Viâpres-le-Petit. 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 au survol des pales)			
Zone d'impact en m ²	Zone d'effet du phénomène étudié en m ²	Degré d'exposition du phénomène étudié en %	Intensité
$Z_i = R \cdot LB / 2$	$Z_E = \pi \times R^2$	$Z_i / Z_E \times 100$	Exposition modérée
164,00	20106,19	0,82%	

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'élément de l'éolienne, dans la zone de survol de l'éolienne :

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

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

Chute d'éléments de l'éolienne (dans un rayon inférieur ou égal au survol des pales)				
Eolienne	Superficie concernée par la zone d'effet		Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)	Gravité
	Terrains non aménagés en ha (1 pers./100ha)	Terrains aménagés peu fréquentés en ha (1 pers./10ha)		
EOL1	2,1	0	0,020	Modérée
EOL2	2,1	0,002	0,020	Modérée
EOL3	1,96	0,048	0,024	Modérée
EOL21	2,1	0	0,020	Modérée
EOL22	1,95	0,056	0,025	Modérée
EOL23	2,1	0	0,020	Modérée

Pour chacune des éoliennes, le nombre de personnes exposées sera donc inférieur à 1. La gravité sera donc considérée comme « modérée ».

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 4.47×10^{-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

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

Chute d'éléments de l'éolienne (dans un rayon inférieur ou égal au survol des pales)		
Eolienne	Gravité	Niveau de risque
EOL1	Modérée	Acceptable
EOL2	Modérée	Acceptable
EOL3	Modérée	Acceptable
EOL21	Modérée	Acceptable
EOL22	Modérée	Acceptable
EOL23	Modérée	Acceptable

Ainsi, pour le parc éolien de Viâpres-le-Petit, le phénomène de chute de glace des éoliennes constitue un niveau de 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]. L'analyse de ce recueil d'accidents indique une distance maximale de projection de l'ordre de 500 mètres à deux exceptions près :

- 1300 m rapporté pour un accident à Hundhammerfjellet en Norvège le 20/01/2006
- 1000 m rapporté pour un accident à Burgos en Espagne le 09/12/2000

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

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

Pour autant, des études de risques déjà réalisées dans le monde ont utilisé une distance de 500 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 pale ou de fragment de pale, le degré d'exposition correspond au ratio entre la surface d'un élément (cas majorant d'une pale entière) et la superficie de la zone d'effet du phénomène (500 m).

Le tableau ci-dessous permet d'évaluer l'intensité du phénomène de chute d'éléments de l'éolienne dans le cas du parc éolien de Viâpres-le-Petit. 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 pale ou de fragment de pale (zone de 500 m autour de chaque éolienne)			
Zone d'impact en m ²	Zone d'effet du phénomène étudié en m ²	Degré d'exposition du phénomène étudié en %	Intensité
$Z_i = R \cdot LB / 2$	$Z_E = \pi \times R p^2$	$Z_i / Z_E \times 100$	Exposition modérée
164	785 398	0,02%	

8.2.4.3 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, dans la zone de 500 m autour de l'éolienne :

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

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

Projection de pale ou de fragment de pale (zone de 500 m autour de chaque éolienne)				
Eolienne	Superficie concernée par la zone d'effet		Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)	Gravité
	Terrains non aménagés en ha (1 pers./100ha)	Terrains aménagés peu fréquentés en ha (1 pers./10ha)		
EOL1	77,59	0,947	0,871	Modérée
EOL2	77,91	0,628	0,842	Modérée
EOL3	77,67	0,870	0,864	Modérée
EOL21	77,68	0,860	0,863	Modérée
EOL22	77,25	1,286	0,901	Modérée
EOL23	76,89	1,650	0,934	Modérée

Pour le parc éolien de Viâpres-le-Petit le nombre de personnes exposées sera inférieur à 1. La gravité sera donc considérée comme « modérée ».

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

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

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

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

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

Projection de pale ou de fragment de pale (zone de 500 m autour de chaque éolienne)		
Eolienne	Gravité	Niveau de risque
EOL1	Modérée	Acceptable
EOL2	Modérée	Acceptable
EOL3	Modérée	Acceptable
EOL21	Modérée	Acceptable
EOL22	Modérée	Acceptable
EOL23	Modérée	Acceptable

Ainsi, pour le parc éolien de Viâpres-le-Petit, le phénomène de projection de tout ou partie de pale des éoliennes constitue un niveau de 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 x (hauteur de moyeu + diamètre de rotor)

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

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 de Viâpres-le-Petit. d est le degré d'exposition, Z_i la zone d'impact, Z_E la zone d'effet, D le diamètre du rotor, H la hauteur au moyeu et SG la surface majorante d'un morceau de glace.

Projection de morceaux de glace (dans un rayon de RPG = 1,5 x (H+2R) autour de l'éolienne)			
Zone d'impact en m ²	Zone d'effet du phénomène étudié en m ²	Degré d'exposition du phénomène étudié en %	Intensité
Z _i = SG	Z _E = π x (1,5*(H+2*R)) ²	Z _i / Z _E x 100	
1	636172,51	0,0002%	Exposition modérée

8.2.5.3 Gravité

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

- Plus de 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. Les routes structurantes comme non structurantes sont donc considérées comme des terrains aménagés peu fréquentés.

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

Projection de morceaux de glace (dans un rayon de RPG = 1,5 x (H+D) autour de l'éolienne)				
Eolienne	Superficie concernée par la zone d'effet		Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)	Gravité
	Terrains non aménagés en ha (1 pers./100ha)	Terrains aménagés peu fréquentés en ha (1 pers./10ha)		
EOL1	62,83	0,788	0,707	Modérée
EOL2	63,07	0,544	0,685	Modérée
EOL3	62,89	0,723	0,701	Modérée
EOL21	62,88	0,738	0,703	Modérée
EOL22	62,51	1,106	0,736	Modérée
EOL23	62,15	1,470	0,768	Modérée

Pour chacune des éoliennes, le nombre de personnes exposées sera donc inférieur à 1. La gravité sera donc considérée comme « modérée ».

8.2.5.4 Probabilité

Au regard de la difficulté d'établir un retour d'expérience 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 » ou « modéré ». Cela correspond pour cet événement à un nombre équivalent de personnes permanentes inférieures à 10 dans la zone d'effet. Le tableau suivant rappelle, pour chaque aérogénérateur du parc de Viâpres-le-Petit, la gravité associée et le niveau de risque (acceptable/inacceptable) :

Projection de morceaux de glace (dans un rayon de RPG = 1,5 x H+D autour de l'éolienne)		
Eolienne	Gravité	Niveau de risque
EOL1	Modérée	Acceptable
EOL2	Modérée	Acceptable
EOL3	Modérée	Acceptable
EOL21	Modérée	Acceptable
EOL22	Modérée	Acceptable
EOL23	Modérée	Acceptable

Ainsi, pour le parc éolien de Viâpres-le-Petit, le phénomène de projection de glace constitue un niveau de risque acceptable pour les personnes.

8.3 SYNTHÈSE DE L'ÉTUDE DÉTAILLÉE DES RISQUES

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.

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

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 (220 m)	Rapide	Exposition modérée	D (pour des éoliennes récentes) ²	Modérée pour toutes les éoliennes
Chute d'élément de l'éolienne	Zone de survol des pales (80 m)	Rapide	Exposition modérée	C	Modérée pour toutes les éoliennes
Chute de glace	Zone de survol des pales (80 m)	Rapide	Exposition modérée	A sauf si les températures hivernales sont supérieures à 0°C	Modérée pour toutes les éoliennes
Projection de pales	500 m autour de l'éolienne	Rapide	Exposition modérée	D (pour des éoliennes récentes) ³	Modérée pour toutes les éoliennes
Projection de glace	Disque dont le rayon est égal à $1,5 \times (H + 2R)$ (450 m)	Rapide	Exposition modérée	B sauf si les températures hivernales sont supérieures à 0°C	Modérée pour toutes les éoliennes

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.

Récapitulatif					
Gravité (traduit l'intensité et le nombre de personnes exposées)	Classe de Probabilité				
	E	D	C	B	A
Désastreux					
Catastrophique					
Important					
Sérieux		EE1 EE2 EE3 EE21 EE22 EE23			
Modérée		FP1 FP2 FP3 FP21 FP22 FP23	CE1 CE2 CE3 CE21 CE22 CE23	PG1 PG2 PG3 PG21 PG22 PG23	CG1 CG2 CG3 CG21 CG22 CG23

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

EE : effondrement de l'éolienne
CE : chute d'élément de l'éolienne
CG : chute de glace
PG : projection de glace
FP : projection de fragment de pale

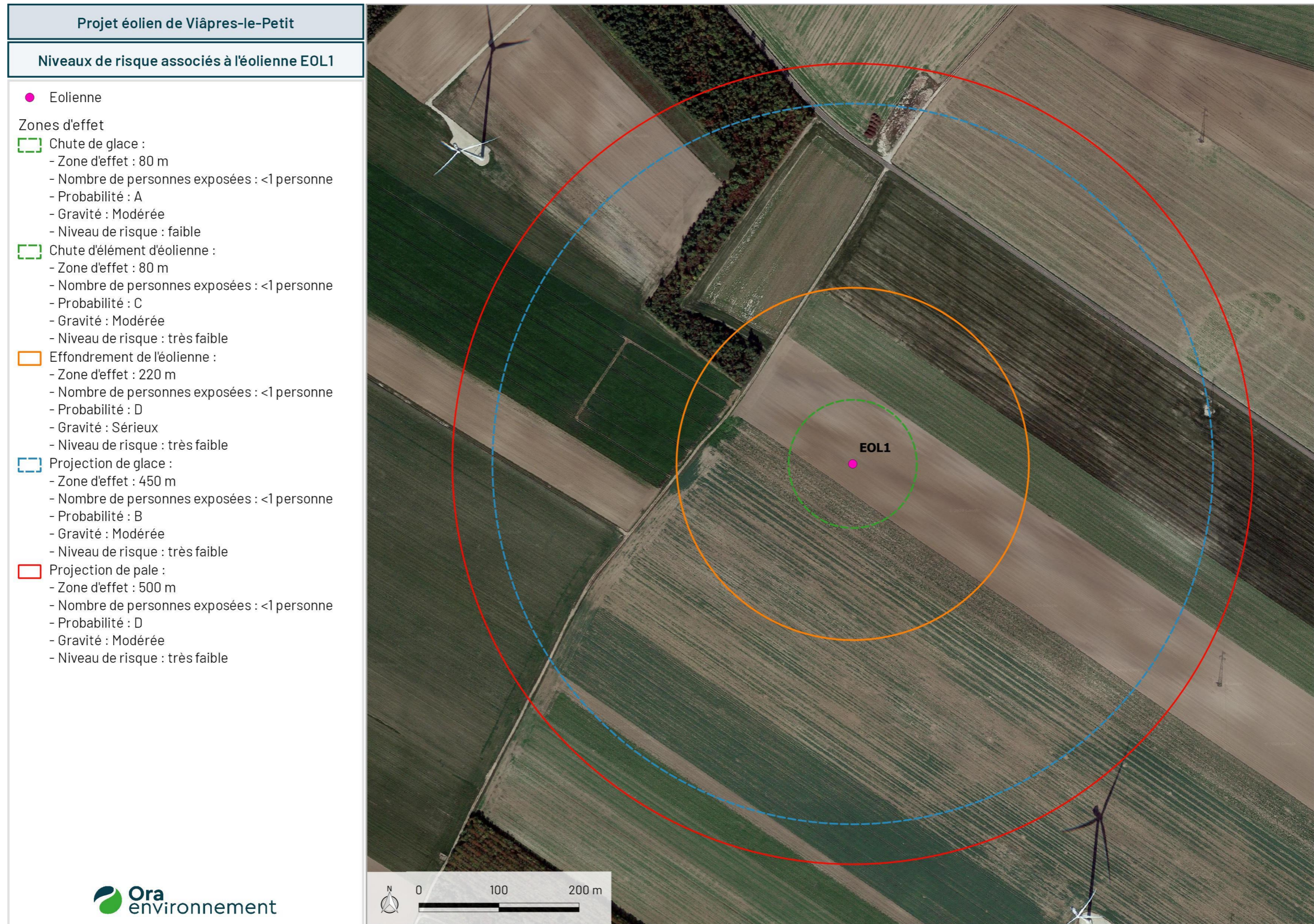
Il apparaît au regard de la matrice ainsi complétée que :

- 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.

² Voir paragraphe 8.2.1

³ Voir paragraphe 8.2.4

8.3.3 Cartographie des risques



Carte 13: Niveau de risque pour l'éolienne EOL1

Projet éolien de Viâpres-le-Petit

Niveaux de risque associés à l'éolienne EOL2

● Eolienne

Zones d'effet

■ Chute de glace :

- Zone d'effet : 80 m
- Nombre de personnes exposées : <1 personne
- Probabilité : A
- Gravité : Modérée
- Niveau de risque : faible

■ Chute d'élément d'éolienne :

- Zone d'effet : 80 m
- Nombre de personnes exposées : <1 personne
- Probabilité : C
- Gravité : Modérée
- Niveau de risque : très faible

■ Effondrement de l'éolienne :

- Zone d'effet : 220 m
- Nombre de personnes exposées : <1 personne
- Probabilité : D
- Gravité : Sérieux
- Niveau de risque : très faible

■ Projection de glace :

- Zone d'effet : 450 m
- Nombre de personnes exposées : <1 personne
- Probabilité : B
- Gravité : Modérée
- Niveau de risque : très faible

■ Projection de pale :

- Zone d'effet : 500 m
- Nombre de personnes exposées : <1 personne
- Probabilité : D
- Gravité : Modérée
- Niveau de risque : très faible



Carte 14: Niveau de risque pour l'éolienne EOL2

Projet éolien de Viâpres-le-Petit

Niveaux de risque associés à l'éolienne EOL3

● Eolienne

Zones d'effet

■ Chute de glace :

- Zone d'effet : 80 m
- Nombre de personnes exposées : <1 personne
- Probabilité : A
- Gravité : Modérée
- Niveau de risque : faible

■ Chute d'élément d'éolienne :

- Zone d'effet : 80 m
- Nombre de personnes exposées : <1 personne
- Probabilité : C
- Gravité : Modérée
- Niveau de risque : très faible

■ Effondrement de l'éolienne :

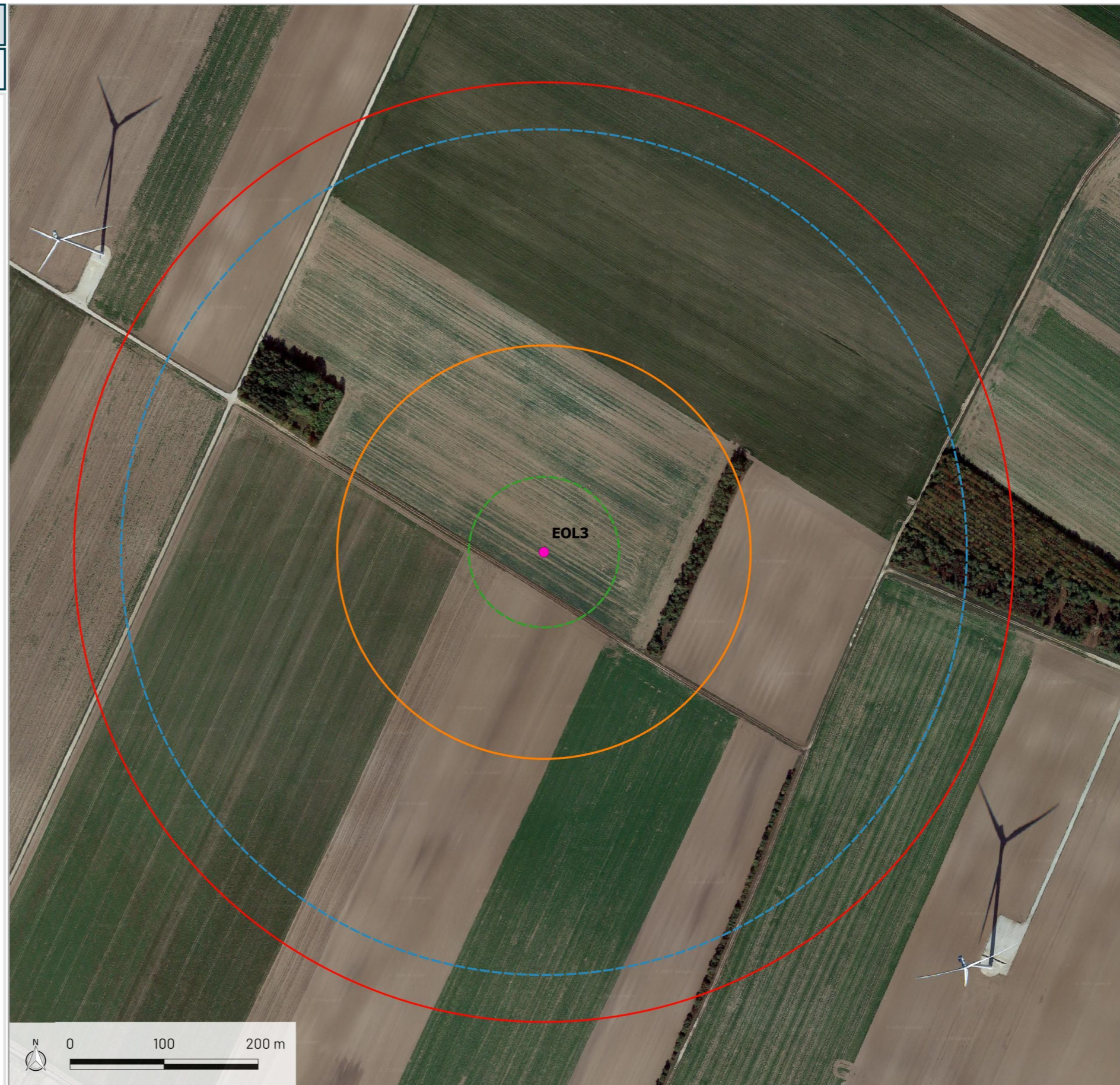
- Zone d'effet : 220 m
- Nombre de personnes exposées : <1 personne
- Probabilité : D
- Gravité : Sérieux
- Niveau de risque : très faible

■ Projection de glace :

- Zone d'effet : 450 m
- Nombre de personnes exposées : <1 personne
- Probabilité : B
- Gravité : Modérée
- Niveau de risque : très faible

■ Projection de pale :

- Zone d'effet : 500 m
- Nombre de personnes exposées : <1 personne
- Probabilité : D
- Gravité : Modérée
- Niveau de risque : très faible



Carte 15: Niveau de risque pour l'éolienne EOL3

Projet éolien de Viâpres-le-Petit

Niveaux de risque associés à l'éolienne EOL21

● Eolienne

Zones d'effet

■ Chute de glace :

- Zone d'effet : 80 m
- Nombre de personnes exposées : <1 personne
- Probabilité : A
- Gravité : Modérée
- Niveau de risque : faible

■ Chute d'élément d'éolienne :

- Zone d'effet : 80 m
- Nombre de personnes exposées : <1 personne
- Probabilité : C
- Gravité : Modérée
- Niveau de risque : très faible

■ Effondrement de l'éolienne :

- Zone d'effet : 220 m
- Nombre de personnes exposées : <1 personne
- Probabilité : D
- Gravité : Sérieux
- Niveau de risque : très faible

■ Projection de glace :

- Zone d'effet : 450 m
- Nombre de personnes exposées : <1 personne
- Probabilité : B
- Gravité : Modérée
- Niveau de risque : très faible

■ Projection de pale :

- Zone d'effet : 500 m
- Nombre de personnes exposées : <1 personne
- Probabilité : D
- Gravité : Modérée
- Niveau de risque : très faible

 Ora
environnement



Carte 16: Niveau de risque pour l'éolienne EOL21

Projet éolien de Viâpres-le-Petit

Niveaux de risque associés à l'éolienne EOL22

● Eolienne

Zones d'effet

■ Chute de glace :

- Zone d'effet : 80 m
- Nombre de personnes exposées : <1 personne
- Probabilité : A
- Gravité : Modérée
- Niveau de risque : faible

■ Chute d'élément d'éolienne :

- Zone d'effet : 80 m
- Nombre de personnes exposées : <1 personne
- Probabilité : C
- Gravité : Modérée
- Niveau de risque : très faible

■ Effondrement de l'éolienne :

- Zone d'effet : 220 m
- Nombre de personnes exposées : <1 personne
- Probabilité : D
- Gravité : Sérieux
- Niveau de risque : très faible

■ Projection de glace :

- Zone d'effet : 450 m
- Nombre de personnes exposées : <1 personne
- Probabilité : B
- Gravité : Modérée
- Niveau de risque : très faible

■ Projection de pale :

- Zone d'effet : 500 m
- Nombre de personnes exposées : <1 personne
- Probabilité : D
- Gravité : Modérée
- Niveau de risque : très faible



Carte 17: Niveau de risque pour l'éolienne EOL22

Projet éolien de Viâpres-le-Petit

Niveaux de risque associés à l'éolienne EOL23

● Eolienne

Zones d'effet

■ Chute de glace :

- Zone d'effet : 80 m
- Nombre de personnes exposées : <1 personne
- Probabilité : A
- Gravité : Modérée
- Niveau de risque : faible

■ Chute d'élément d'éolienne :

- Zone d'effet : 80 m
- Nombre de personnes exposées : <1 personne
- Probabilité : C
- Gravité : Modérée
- Niveau de risque : très faible

■ Effondrement de l'éolienne :

- Zone d'effet : 220 m
- Nombre de personnes exposées : <1 personne
- Probabilité : D
- Gravité : Sérieux
- Niveau de risque : très faible

■ Projection de glace :

- Zone d'effet : 450 m
- Nombre de personnes exposées : <1 personne
- Probabilité : B
- Gravité : Modérée
- Niveau de risque : très faible

■ Projection de pale :

- Zone d'effet : 500 m
- Nombre de personnes exposées : <1 personne
- Probabilité : D
- Gravité : Modérée
- Niveau de risque : très faible



Carte 18: Niveau de risque pour l'éolienne EOL23

Projet éolien de Viâpres-le-Petit

Synthèse des niveaux de risque

- Aire d'étude
- Eolienne
- Niveaux de risque
- Risque faible
- Risque très faible



Carte 19: Synthèse des risques

9 MOYENS DE SECOURS ET D'INTERVENTION

9.1 MOYENS INTERNES

Des panneaux de signalisation rappelant les consignes de sécurité et les coordonnées des secours sont placés sur les voies d'accès au site ainsi qu'à l'entrée des différents équipements (mats des éoliennes et poste de livraison). Un kit de premiers secours est disposé dans chacune des nacelles, ainsi qu'un extincteur. Un extincteur est également placé en pied de mât de chaque éolienne ainsi qu'au poste de livraison. Le personnel est formé à l'utilisation des extincteurs.

9.2 MOYENS EXTERNES

La caserne de pompiers la plus proche du projet éolien de Viâpres-le-Petit est celle de Arcis-sur-Aube à environ 10 km du projet.

Divers moyens peuvent être mis en œuvre pour faciliter le travail des services de secours :

Coupe d'urgence hors périmètre de sécurité

A distance, si le lien SCADA est opérationnel, les éoliennes peuvent être arrêtées par une commande SCADA (frein aérodynamique uniquement). Ainsi, l'éolienne s'arrêtera sous 30 à 60 secondes environ si le système de commande des pâles est opérationnel. En revanche, l'éolienne n'est pas coupée de l'électricité. Les seuls moyens de mettre hors tension une éolienne en-dehors d'un périmètre de sécurité, est d'actionner le disjoncteur dans le poste de livraison (mise hors tension du parc) ou de couper le parc dans le Poste source du gestionnaire de réseau électrique (Enedis, ...). Cette action est possible soit par les équipes Haute Tension des techniciens de maintenance ENERCON (poste de livraison) ou par le gestionnaire de réseau (poste de livraison et poste source).

Système d'entrée dans l'éolienne

Il n'y a à ce jour pas de boîte à clés pour accéder aux éoliennes. Chaque camion des techniciens de maintenance ENERCON possède des clés pour accéder aux éoliennes. Si aucun technicien n'est présent à l'arrivée des secours, une procédure permet au SDIS concerné d'accéder à l'éolienne à l'aide d'une pince.

Équipements anti-chutes

Dans chaque camion des techniciens de maintenance ENERCON, il y a un dispositif stop-chute « runner » permettant d'utiliser l'échelle par un pompier « classique ». En règle générale, les SDIS ne s'équipent pas de ce type de matériel car les équipements peuvent varier entre les différents fabricants d'éolienne. Les unités spécialisées des pompiers « Grimp » sont en mesure de monter par leurs propres moyens à l'intérieur des éoliennes.

9.3 TRAITEMENT DE L'ALERTE

Les paramètres sont retransmis au centre de surveillance ENERCON en continu via le système SCADA en place sur le parc (cf. description du système SCADA en ANNEXE 7.6).

Les données d'exploitation et les messages d'état (anomalies, alertes...) sont par ailleurs conservés en copie sur le système implanté, sur le parc sur une période de 20 ans. Les systèmes embarqués des éoliennes peuvent quant à eux conserver les 10 derniers messages d'état horodatés.

0 Turbine in operation	61 Mains breakdown	302 Data bus error blade
1 Turbine stopped	62 Feeding fault	303 Data bus error blade control (CAN3)
2 Lack of wind	64 Overcurrent inverter	304 Data bus error (Timeout)
3 Storm	65 Overcurrent inverter	305 No data from I/O-Board control cabinet
4 Shadow shutdown	66 Fault rectifier	306 No data from
5 Blade defroster	67 Overtemperature	307 Timeout angle encoder
7 Unauthorized access	69 Acoustic sensor	310 Unknown node-ID
8 Maintenance	70 Generator overtemperature	315 Invalid Index
9 Generator heating	72 Air gap monitoring	318 Error CAN1-Interrupt
10 EMERGENCY STOP actuated	73 Torque monitoring	319 Error CAN2-Interrupt
11 Rotor brake activated manual	76 Bearing temperature	320 Malfunction IIC-bus
12 Rotor lock	80 Excitation error	402 Error +12V processor
14 Formation of ice	90 Protective circuit breaker tripped	403 Error -12V processor
15 Turbine moist	91 Semiconductor fuse blown	404 Error +15V processor
16 Overspeed switch test	95 Error temperature measurement	405 Error -15V processor
17 Test safety system	96 Error temperature measurement inverter	411 Error +4V ref. processor
20 Wind measurement fault	112 Smoke detector	412 Error +5V ref. processor
21 Cable twisted	122 Fault transformer	413 Error -5V ref. processor
22 Yaw control fault	150 Initialize EEPROMII	414 Error +10V ref. processor
25 Faulty yaw inverter	152 Program incompatibleII	415 Error -10V ref. processor
29 Anemometer interface	153 No turbine ID	421 Error +5V sensoric
30 Vibration sensor	155 Wrong bootblock address	422 Error +12V sensoric
31 Tower oscillation	158 Serial number	423 Error -12V sensoric
40 Rotor overspeed	202 Inverter bus error	424 Error +15V sensoric
41 Rotor overspeed switch	204 Inverter bus error all inverters	425 Error -15V sensoric
42 Pitch control error	206 No data from power control	426 Error +20V sensoric
43 Main security circuit fault	207 Fault Inverter control	427 Error -20V sensoric
44 Fault emergency stop capacitor	220 Processor reset	428 Error +12V relay
45 Capacitor charging error	221 Watchdog reset	429 Error supply hardware
46 Fault capacitor test	222 Turbine reset	432 Error +5V sensoric
47 Fault security system	223 Software Update	433 Error -5V sensoric
48 Speed sensor error	228 Time out warn message	434 Error +10V sensoric
49 Fault blade load control	229 Too many warnings	435 Error -10V sensoric
55 Blade heating faulty	240 Remote control PC	438 Error supply IGBT-driver
60 Mains failure	300 Turbine control bus error (Bus-Off)	441 Error pos. supply current measure

Liste des messages d'état principal ENERCON

Les messages d'état sont construits sous la forme de codes « état principal : sous état »

Par exemple, le message d'état « 20 :52 » signifie « défaut de mesure du vent : pas de signal de l'anémomètre ».

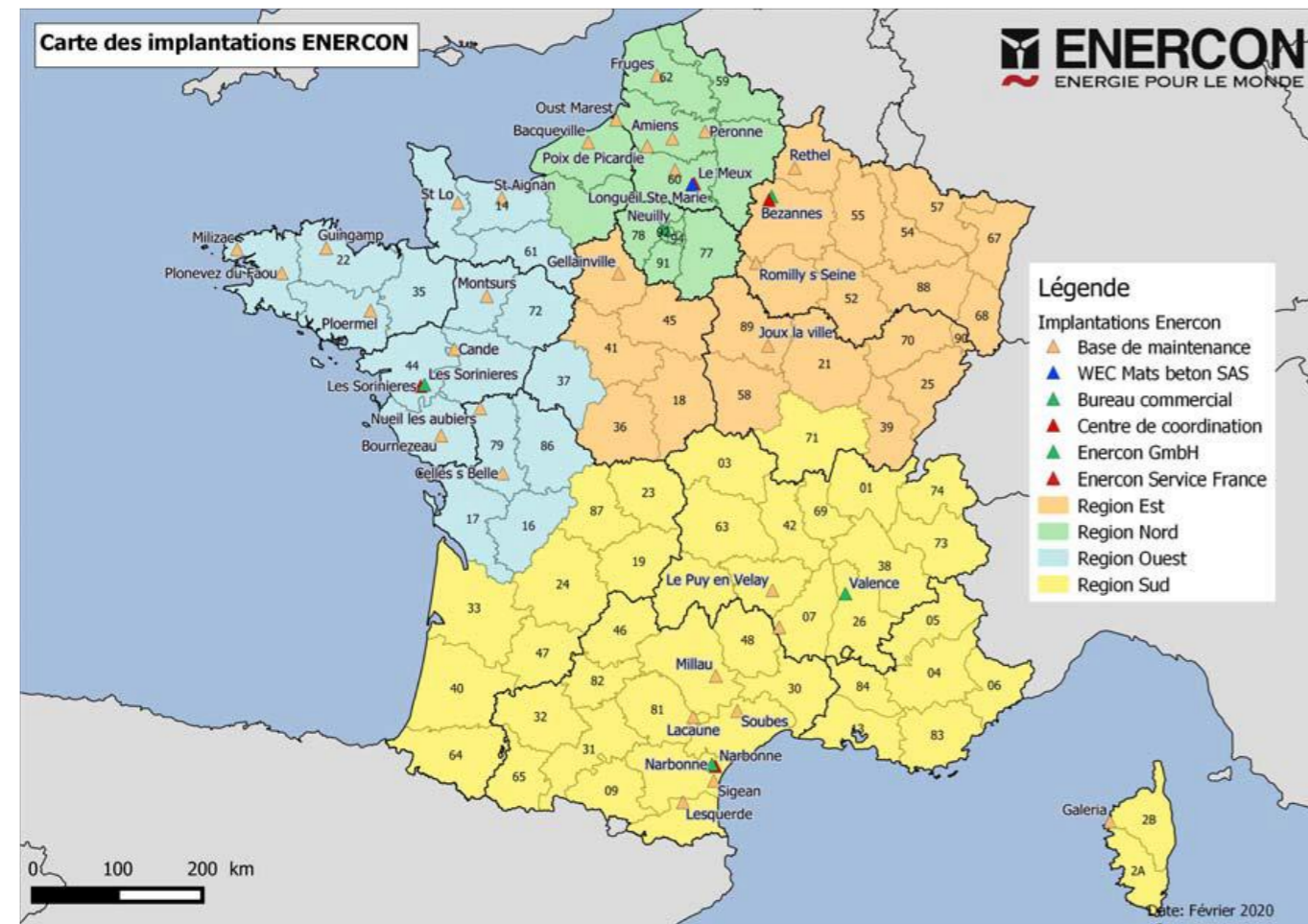
Une alerte est envoyée en moins d'une minute au centre de contrôle, qui est à même de contacter les services compétents dans un délai de 15 minutes suivant l'entrée en fonctionnement anormal de l'installation.

9.4 IMPLANTATION DES BASES DE MAINTENANCE

Afin de garantir une rapidité d'intervention et une qualité des services de maintenance, Enercon Service France a adopté une stratégie de proximité de ses bases de maintenance par rapport à ses parcs installés

La base de maintenance la plus proche du projet éolien de Viâpres-le-Petit se trouve à Romilly-sur-Seine, à environ 30 km à l'est du projet.

La carte ci-dessous représente les bases de maintenance et sièges sociaux ENERCON installés en France.



10 CONCLUSION

Les mesures de maîtrise des risques mises en place par le constructeur Enercon et par l'exploitant du parc éolien permettent de prévenir et de limiter les risques pour la sécurité des personnes et des biens sur la zone d'implantation du projet éolien de Viâpres-le-Petit. De plus, le caractère très peu aménagé et peu fréquenté du site, ainsi que la distance par rapport aux premiers enjeux humains permettent de limiter la probabilité et la gravité des accidents majeurs, qui sont tous acceptables pour l'ensemble du parc éolien.

Un événement présente un risque faible d'atteindre des personnes :

- La chute de glace ou d'élément. Ce cas concerne une personne non abritée située sous une éolienne, soit un rayon de 80 m autour du mât. Ce risque correspond à un degré d'exposition « modérée » (petits fragments de glace) et donc à une gravité « modérée », avec une probabilité d'occurrence de l'évènement supérieure à 10^{-2} par éolienne et par an. Il faut noter que ces zones de survol des pales sont très peu fréquentées (moins d'une personne équivalente). De plus, conformément à l'annexe I, alinéa 3.8 de l'arrêté du 26 août 2011, un panneau préventif informant des risques de chute de glace au pied des éoliennes sera mis en place afin de limiter les risques pour le public.

L'ensemble des autres événements présentent des niveaux de risque très faible.

Les accidents majeurs susceptibles de se produire sur le parc éolien de Viâpres-le-Petit présentent tous des niveaux de risque acceptables au vu de l'analyse menée dans la présente étude de dangers.

11 ANNEXES

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

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

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

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

11.1.1 Terrains non bâtis

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

Terrains aménagés mais peu fréquentés (voies de circulation non structurantes, chemins agricoles, plateformes de stockage, nuisances, 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.

11.1.2 Voies de circulation

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

11.1.2.1 Voies de circulation automobiles

Dans le cas général, on comptera 0,4 personne permanente par kilomètre exposé par tranche de 100 véhicules/jour. Exemple : 20 000 véhicules/jour sur une zone de 500 m = $0,4 \times 0,5 \times 20\ 000/100 = 40$ personnes.

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

11.1.2.2 Voies ferroviaires

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

11.1.2.3 Voies navigables

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

11.1.2.4 Chemins et voies piétonnes

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

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

11.1.3 Logements

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

11.1.4 Etablissements recevant du public (ERP)

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

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

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

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

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

11.1.5 Zones d'activité

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

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 2020. L'analyse de ces données est présentée dans la partie VI. de la trame type de l'étude de dangers.

Type d'accident	Date	Nom du parc	Département	Puissance (en MW)	Mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	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)	-
Rupture de pale	2001	Sallèles-Limousis	Aude	0,75	1998	Non	Bris de pales en bois (avec inserts)	Information peu précise
Effondrement	01/02/2002	Wormhout	Nord	0,4	1997	Non	Bris d'hélice et mât plié	-
Maintenance	01/07/2002	Port la Nouvelle - Sigean	Aude	0,66	2000	Oui	Grave électrisation avec brûlures d'un technicien	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	-
Rupture de pale	25/02/2002	Sallèles-Limousis	Aude	0,75	1998	Non	Bris de pale en bois (avec inserts) sur une éolienne bipale	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.	-
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.	-
Effondrement	20/03/2004	Loon Plage - Port de Dunkerque	Nord	0,3	996	Non	Couchage du mât d'une des 9 éoliennes suite à l'arrachement de la fondation	-
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	-
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 2,5 m à 50 m, mât intact	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	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)	-
Rupture de pale	2005	Wormhout	Nord	0,4	1997	Non	Bris de pale	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	-
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.	-
Effondrement	03/12/2006	Bondues	Nord	0,08	1993	Non	Sectionnement du mât puis effondrement d'une éolienne dans une zone industrielle	-
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	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	-
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)	-
Emballement	03/2008	Dinéault	Finistère	0,3	2002	Non	Emballement de l'éolienne mais pas de bris de pale	Non utilisable directement dans l'étude de dangers (événement unique et sans répercussion potentielle sur les personnes)
Collision avion	04/2008	Plouguin	Finistère	2	2004	Non	Léger choc entre l'aile d'un bimoteur Beechcraftch (liaison Ouessant-Brest) et une pale d'éolienne à l'arrêt. Perte d'une pièce de protection au bout d'aile. Mise à l'arrêt de la machine pour inspection.	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	-
Incendie	28/08/2008	Vauvillers	Somme	2	2006	Oui	Incendie de la nacelle	-
Rupture de pale	26/12/2008	Raival - Voie Sacrée	Meuse	2	2007	Oui	Chute de pale	-

Type d'accident	Date	Nom du parc	Département	Puissance (en MW)	Mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude de dangers
Maintenance	26/01/2009	Clastres	Aisne	2,75	2004	Oui	Accident électrique ayant entraîné la brûlure de deux agents de maintenance	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	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	-
Incendie	30/10/2009	Freysenet	Ardèche	2	2005	Oui	Incendie de la nacelle	-
Maintenance	20/04/2010	Toufflers	Nord	0,15	1993	Non	Décès d'un technicien au cours d'une opération de maintenance	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	-
Incendie	19/09/2010	Montjoyer-Rochefort	Drôme	0,75	2004	Non	Emballement de deux éoliennes et incendie des nacelles	-
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.	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	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	-	Pale endommagée par la foudre. Fragments retrouvés par l'exploitant agricole à une distance n'excédant pas 300 m.	Information peu précise sur la distance d'effet
Incendie	03/01/2012	Non communiqué	Non communiqué	2,3	2006	-	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.	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	-	Bris de pales, dont des fragments ont été projetés jusqu'à 380 m. Aucun blessé et aucun dégât matériel (en dehors de l'éolienne).	-
Maintenance	06/02/2012	Lehaucourt	Aisne	-	-	-	Opération de maintenance dans la nacelle - un arc électrique (690V) blesse deux sous-traitants (brulures au visage et aux mains)	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident sur le personnel de maintenance)
Rupture de pale	11/04/2012	Sigean	Aude	-	-	-	Projection à 20 m d'un débris de pale long de 15 m due à l'impact de foudre sur l'éolienne	-
Chute de pale	18/05/2012	Fresnay l'Evêque	Eure-et-Loir	-	-	-	Chute d'une pale au pied d'une éolienne et rupture du roulement qui raccordait la pale au moyeu	-
Effondrement	30/05/2012	Port-la-Nouvelle	Aude	-	-	Non	Chute d'une éolienne liée à des rafales de vent de 130 km/h - Éolienne de 1991, mât treillis, 200 kW	-
Rupture de pale	01/11/2012	Vieillespesse	Cantal	-	-	-	Projection d'un élément de la pale à 70 m du mât pour une éolienne de 2.5 MW	-
Incendie + Chute de pale	05/11/2012	Sigean	Aude	-	-	-	Feu sur une éolienne de 660 kW entraînant une chute de pale et enflammant 80 m ² de garrigue environnante	-
Chute de pale	06/03/2013	Conihac-de-la-Montagne	Aude	-	-	-	Chute d'une pale liée à un problème de fixation entraînant un arrêt automatique de l'éolienne (détection d'échauffement + vitesse de rotation excessive)	-
Incendie + Chute de pale	17/03/2013	Euvy	Marne	-	-	-	Incendie dans une nacelle conduisant à la chute d'une pale et une fuite de 450 L d'huile en provenance du multiplicateur. L'origine du feu est liée à une défaillance électrique. Le feu a été maîtrisé en 1 heure.	-
Maintenance	01/07/2013	Cambon-et-Salvergues	Hérault	-	-	-	Un opérateur remplissant un réservoir d'azote sous pression dans une éolienne est blessé par la projection d'un équipement. Sesvoies respiratoires ont également été atteintes lors de l'accident.	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident sur le personnel de maintenance)
Perte d'huile	03/08/2013	Moreac	Morbihan	-	-	-	Perte de 270 L d'huile hydraulique d'une nacelle élévatrice intervenant sur une éolienne - pollution du sol sur 80 m ²	-
Incendie	09/01/2014	Anthény	Ardennes	-	-	-	Feu dans une nacelle au niveau de la partie génératrice	-
Chute de pale	20/01/2014	Sigean	Aude	-	-	-	Chute d'une pale au pied de l'éolienne suite à un défaut de vibration	-
Chute de pale	14/11/2014	Saint-Cirgues-en-Montagne	Ardèche	-	-	-	Chute d'une pale d'éolienne	-
Chute de pale	05/12/2014	Fitou	Aude	-	-	-	Chute d'une pale d'éolienne	-

Type d'accident	Date	Nom du parc	Département	Puissance (en MW)	Mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude de dangers
Incendie	29/01/2015	Remigny	Aisne	-	-	-	Feu d'éolienne et intervention des pompiers au premier étage de l'éolienne	Non utilisable directement dans l'étude de dangers (pas de propagation de l'incendie)
Incendie	06/02/2015	Lusseray	Deux-Sèvres	-	-	-	Incendie accidentel dans une armoire électrique en cours de maintenance par deux techniciens. Ces derniers éteignent le feu avec deux extincteurs.	Non utilisable directement dans l'étude de dangers (pas de propagation de l'incendie)
Incendie	24/08/2015	Santilly	Eure-et-Loir	2,3	2007	-	Incendie au niveau du moteur de l'éolienne situé à 90 m de hauteur. La nacelle étant trop haute pour la grande échelle des pompiers, ces derniers décident de laisser brûler le foyer sous surveillance. Les chemins menant à l'éolienne sont interdits à la circulation.	-
Chute d'élément	10/11/2015	Mesnil-la-Horgne	Meuse	-	-	-	Chute du rotor	-
Chute d'élément de l'éolienne	07/02/2016	Conilhac-Corbières	Aude	-	-	-	Chute de l'aérofrein d'une pale	-
Chute de pale	08/02/2016	Dinéault	Finistère	-	-	-	Chute d'une pale et déchirement d'une autre lors d'une tempête	-
Chute de pale	07/03/2016	Calanhel	Côtes-d'Armor	-	-	-	Chute d'une pale	-
Fuite d'huile	28/05/2016	Janville	Eure-et-Loir	-	-	-	Défaillance d'un raccord sur le circuit de refroidissement de l'huile de la boîte de vitesse de l'éolienne entraînant une fuite d'huile. Les agents de maintenance mettent en place des absorbants et l'écoulement est récupéré avant d'avoir atteint le sol.	Non utilisable directement dans l'étude de dangers (pas de propagation de l'huile)
Incendie	18/08/2016	Dargies	Oise	-	-	-	Défaillance électrique à l'origine de l'incendie au niveau de l'armoire électrique ou du pupitre de commande (point de départ)	-
Rupture de pale	27/02/2017	Nélausa-Lavallée	Meuse	2	2011	Oui	Lors d'un orage, la pointe d'une pale d'éolienne se rompt. L'extrémité, de 7 à 10 m, est retrouvée au sol, en 3 morceaux, à 200 m de l'éolienne	Une rafale de vent extrême ayant été mesurée dans les secondes précédant la rupture, cette origine est privilégiée pour expliquer la casse de la pale.
Rupture de pale	27/02/2017	Trayes	Deux-Sèvres	-	-	-	Plusieurs fragments des 7 derniers mètres d'une pale projetés jusqu'à 150 m du mât dus à un défaut de fabrication	-
Incendie	06/06/2017	Allonnes	Eure-et-Loir	-	-	-	Combustion de la nacelle, du rotor, d'une partie des pales et du haut du mât avec chute d'éléments au sol ainsi que coulure d'hydrocarbures sur le mât	-
Chute de pale	24/06/2017	Conchy-sur-Canche	Pas-de-Calais	-	-	-	Chute d'une pale à la verticale au pied du mât et débris projetés dans un rayon de 20m	-
Chute d'élément de l'éolienne	17/07/2017	Fécamp	Seine Maritime	-	-	-	Chute de l'aérofrein d'une éolienne au pied du mât due au desserrage d'une vis anti-rotation (vibrations ou problème de montage à l'origine)	-
Chute d'élément de l'éolienne	08/11/2017	Roman	Eure	-	-	-	Chute du carénage de la pointe de la nacelle d'une éolienne tombe au sol due à un défaut d'assemblage de ses boulonnages	-
Effondrement	01/01/2018	Bouin	Vendée	-	-	-	Défaillances multiples des systèmes de pitches de plusieurs pales ainsi que du frein rotor entraînant une survitesse et la chute de l'éolienne lors d'une tempête.	-
Rupture de pale	04/01/2018	Nixéville-Blercourt	Meuse	2	-	-	Rupture et chute au sol d'un morceau de 20 m de l'extrémité d'une pale. Débris retrouvés jusqu'à 200 m.	-
Chute d'élément de l'éolienne	06/02/2018	Conilhac-Corbières	Aude	-	-	-	Chute de l'aérofrein d'une pale d'éolienne	-
Chute de pale	10/04/2018	Dio-et-Valquières	Hérault	1	2006	-	Chute d'une pale d'éolienne suite à un orage et des vents violents (enregistrés entre 120 et 150 km/h)	-
Incendie	01/06/2018	Marsanne	Drôme	-	-	-	Acte de malveillance : incendie criminelle au pied de deux éoliennes. L'incendie d'une des éoliennes se propage jusqu'à la nacelle ainsi que la base des pales. Le second feu est confiné à la base de l'éolienne.	-
Incendie	05/06/2018	Aumelas	Hérault	2	2014	Oui	Incendie de la nacelle et au niveau du convertisseur	-
Chute d'élément de l'éolienne	04/07/2018	Port-la-Nouvelle	Aude	-	-	-	Extrémités de deux pales disloquées avec projection d'éléments à 150 m du mât	-
Incendie	03/08/2018	Izenave	Ain	-	-	-	Acte de malveillance probable : feu au niveau de la nacelle et chute de deux pales	-
Incendie	28/09/2018	Sauveterre	Tarn	-	-	-	Acte de malveillance : déclaration d'un feu au niveau de la nacelle avec chute d'éléments au sol et propagation du feu sur 2,5 ha de la végétation voisine	-

Type d'accident	Date	Nom du parc	Département	Puissance (en MW)	Mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude de dangers
Perte d'huile	17/10/2018	Flers-sur-Noye	Somme	-	-	-	Fuite d'huile hydraulique (environ 50 L) depuis la nacelle. Impact d'une zone de 2 000 m ²	-
Effondrement	06/11/2018	Guigneville	Loiret	-	-	-	Chute d'une éolienne de 140 m en bout de pale due à la panne du système de freinage	-
Chute d'élément de l'éolienne	18/11/2018	Conilhac-Corbières	Aude	-	-	-	Chute de 3 aérofreins en extrémité des pales d'une éolienne avec projection de débris dans un rayon de 150 m	-
Rupture de pale	19/11/2018	Ollezy	Aisne	-	-	-	Rupture d'une pale d'éolienne	-
Incendie	03/01/2019	La Limouzinière	Loire-Atlantique	-	-	-	Incendie au niveau du moteur d'une éolienne sans déformation de la structure mais quelques débris de plastiques au sol	-
Rupture de pale	17/01/2019	Bambiderstroff	Moselle	-	-	-	Chute de deux morceaux d'une pale d'éolienne dont l'un de 5 m et l'autre de 28 m qui est projeté à 100 m de l'éolienne.	-
Incendie	20/01/2019	Roussas	Drôme	-	-	-	Incendie criminel sur deux éoliennes d'un parc éolien	-
Effondrement	23/01/2019	Boutavent	Oise	-	-	-	Le mât de 66 m se plie en deux en son milieu. Des débris sont projetés dans un rayon de 300 m.	-
Chute de pale	30/01/2019	Roquetaillade	Aude	-	-	-	Chute d'une pale d'éolienne	-
Fuite d'huile	23/03/2019	Argentonnay	Deux-Sèvres	-	-	-	Fuite d'huile depuis le multiplicateur au niveau de la nacelle d'une éolienne. La majorité de l'huile est contenue dans la partie basse de la nacelle.	-
Impact de foudre	02/04/2019	Equancourt	Somme	-	-	-	Un impact de foudre a endommagé le revêtement d'une pale sur 5 000 cm ³ . La pale est déposée pour réparation.	-
Maintenance	15/04/2019	Chailly-sur-Armançon	Côte d'Or	-	-	-	Electrisation d'un technicien entraînant de légères blessures et un transport à l'hôpital.	-
Incendie	18/06/2019	Quesnoy-sur-Airaines	Somme	2,3	-	-	Incendie suite à un court-circuit sur un condensateur.	-
Incendie + Chute d'élément	25/06/2019	Ambon	Morbihan	-	-	-	Incendie accidentel de la nacelle d'une éolienne provoquant la chute de celle-ci en partie	-
Chute d'élément de l'éolienne	27/06/2019	Charly-sur-Marne	Aisne	2	2009	-	Projection de deux morceaux d'une pale abîmée, l'un à 15 m et l'autre à 100 m.	-
Impact de foudre	03/07/2019	Corbières-Maritimes	Aude	0,66	2000	-	Impact de foudre sur le milieu de la pale et ouverture du bout de pale sur 2 m.	-
Chute d'élément de l'éolienne	04/09/2019	Escales-Cornilhac	Aude	0,75	2003	-	Arrêt d'urgence brutal d'une éolienne, sans cause identifiée, entraînant la chute de 2 aérofreins.	-
Chute d'élément de l'éolienne	28/11/2019	Hangest-en-Santerre	Somme	-	-	-	Le capot se situant à l'extrémité de la nacelle d'une éolienne s'est décroché et est tombé au sol.	-
Perte de contrôle	06/12/2019	Avelanges	Côte-d'Or	2,5	-	-	Au cours de la préparation à la mise en service de l'éolienne, mise en mouvement non contrôlée du rotor, due à une erreur de positionnement des angles des pales la veille de l'accident. Evacuation en urgence d'une équipe d'installation en cours d'étiquetage sur l'éolienne.	-
Rupture de pale	09/12/2019	Montjean-Theil-Rabier	Charente	2	2016	Oui	Une pale s'est brisée, projetant des débris au sol. Les riverains ont entendu un bruit probablement dû au déséquilibre de la pale dans ses dernières rotations, puis un 'bang' qui pourrait être associé au bris de la pale.	-
Incendie	16/12/2019	Poinville	Eure-et-Loir	2,3	2005	-	Combustion sans flamme des gaines protectrices des câbles de puissance sur 10 m de long.	-
Incendie	17/12/2019	Mont Gimont	Haute-Marne	2	2010	-	Incendie en partie basse d'une éolienne dont l'origine serait liée à une défaillance électrique.	-
Rupture de pale	09/02/2020	Beaurevoir	Aisne	2	2009	-	Rupture d'une pale lors de la tempête Ciara. Des débris de pales en fibre de verre sont projetés dans les champs jusqu'à plusieurs centaines de mètres en raison des vents importants au moment de la rupture.	-
Endommagement d'élément	09/02/2020	Wancourt	Pas-de-Calais	2	2010	-	Dommages visibles au niveau de l'aileron de la nacelle d'une éolienne suite au passage de la tempête Ciara.	-
Chute d'élément de l'éolienne	29/06/2020	La Ferrière	Côtes d'Armor	2,5	2015	Oui	Chute d'une pale de 50 m de long pour une raison inexplicée.	-
Incendie	01/08/2020	Issanlas	Ardèche	-	-	-	Dégagement de fumée au niveau de la nacelle de l'éolienne résultant de l'échauffement des pièces de protection de la génératrice de l'éolienne. Défaut du détecteur de fumée.	-

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

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

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

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

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

11.3.1.1 Scénario G01

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

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

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

11.3.1.2 Scénario G02

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

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

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

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

Dans l'analyse préliminaire des risques seulement quelques exemples vous sont fournis. La méthodologie suivante pourra aider à déterminer l'ensemble des 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'emballlement 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'emballlement peut notamment intervenir lors de pertes d'utilités. Ces pertes d'utilités peuvent être la conséquence de deux phénomènes :

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

11.3.3.1 Scénario F01

En cas de rupture de flexible, perçage d'un contenant ..., il peut y avoir une fuite d'huile ou de graisse ... alors que l'éolienne est en fonctionnement. Les produits 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.

11.3.3.2 Scénario F02

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

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

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

Ce scénario est à adapter en fonction des produits utilisés.

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

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

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

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

11.3.5 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).

11.3.5.1 Scénario P01

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

11.3.5.2 Scénario P02

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

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

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

11.3.5.3 Scénarios P03

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

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

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

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

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 :

$$\text{P}_{\text{accident}} = \text{PERC} \times \text{P}_{\text{orientation}} \times \text{P}_{\text{rotation}} \times \text{P}_{\text{atteinte}} \times \text{P}_{\text{présence}}$$

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

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

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

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

Evènement initiateur : Evènement, 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.

Evènement redouté central : Evènement 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 (branche éolienne du SER)

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

EDD : Etude de dangers

APR : Analyse Préliminaire des Risques

ERP : Etablissement Recevant du Public

11.6 ANNEXE 6 – BIBLIOGRAPHIE ET REFERENCES UTILISEES

- [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., Leteutrois 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

11.7 ANNEXE 7 – DOCUMENTATION CONSTRUCTEUR

Annexe 7.1 – Mode tempête

Cette donnée n'est actuellement pas disponible pour les modèles d'éolienne EP5. Par mesure d'exhaustivité, la donnée la plus récente est présentée.

Annexe 7.2a – Détecteurs de fumée

Annexe 7.2b – Protection contre les incendies

Annexe 7.3 – Protection contre la foudre

Annexe 7.4a – Système de détection de glace Wölfel

Annexe 7.4b – Système de détection de glace Labko

Projet éolien de Viâpres-le-Petit

Commune de Viâpres-le-Petit et de Allibaudières (10)

Résumé non technique de l'étude de dangers

Rédaction de l'étude :

Ora environnement

76 avenue des Vosges
67000 STRASBOURG



Janvier 2021

Maître d'ouvrage :

INTERVENT SAS

3 boulevard de l'Europe

Tour de l'Europe 183
68100 MULHOUSE



SOMMAIRE

1	Préambule	2
2	Démarche d'analyse des risques	3
3	Le projet de Viâpres-le-Petit	3
3.1	Situation et description du projet éolien	3
3.2	Description de l'environnement au sein de l'aire d'étude	5
3.2.1	Définition de l'aire d'étude	5
3.2.2	L'environnement humain	5
3.2.3	L'environnement naturel	6
3.2.4	L'environnement matériel.....	7
4	Evaluation des principaux risques liés au parc éolien	9
4.1	Identification des potentiels de dangers de l'installation.....	9
4.1.1	Potentiels de dangers liés aux produits.....	9
4.1.2	Potentiels de dangers liés au fonctionnement de l'installation.....	9
4.2	Analyse des retours d'expérience	9
4.3	Analyse préliminaire des risques.....	10
5	Principaux résultats de l'étude détaillées des risques	11
6	Mesures de maîtrise des risques	19
7	Conclusion	19

1 PREAMBULE

Le présent document est un résumé non technique de l'étude de dangers menée dans le cadre du développement du projet éolien de Viâpres-le-Petit. Il est rédigé sur la base du Guide technique élaboré conjointement par l'INERIS et le Syndicat des Energies Renouvelables. Ce guide a été reconnu comme étant le document de référence pour la rédaction des études de dangers des parcs éoliens par le Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable et de l'Energie en juin 2012.

L'étude de dangers a pour objet de rendre compte de l'examen effectué par Intervent S.A.S. pour caractériser, analyser, évaluer, prévenir et réduire les risques du parc éolien de Viâpres-le-Petit, autant que technologiquement réalisable et économiquement acceptable.

Le présent résumé non technique s'attachera à décrire le projet et son environnement avant d'expliquer la méthode pour qualifier les risques et les résultats obtenus dans le cadre du projet éolien de Viâpres-le-Petit.

L'exploitant du parc éolien de Viâpres-le-Petit est la société SEPE Gingembre, immatriculée sous le numéro 892 768 557 au RCS de Mulhouse et domiciliée au 3 boulevard de l'Europe - Tour de l'Europe 183 - 68100 Mulhouse.

Le rédacteur de la présente étude est Damien Geffroy, Chargé d'études au sein du bureau d'études Ora environnement, S.A.R.L. immatriculée sous le numéro 820 828 333 au R.C.S. de Strasbourg et domiciliée au 76 avenue des Vosges, 67000 STRASBOURG.

2 DEMARCHE D'ANALYSE DES RISQUES

Cette partie rappelle les différentes étapes de la démarche d'analyse des risques qui doit être mise en œuvre dans le cadre de l'étude de dangers des parcs éoliens, conformément à la réglementation en vigueur et aux recommandations de l'inspection des installations classées.

1. Identifier les enjeux pour permettre une bonne caractérisation des conséquences des accidents (présence et vulnérabilité de maisons, infrastructures, etc.).
2. Connaître les équipements étudiés pour permettre une bonne compréhension des dangers potentiels qu'ils génèrent.
3. Identifier les potentiels de danger.
4. Connaître les accidents qui se sont produits sur le même type d'installation pour en tirer des enseignements (séquences des événements, possibilité de prévenir ces accidents, etc.).
5. Analyser les risques inhérents aux installations étudiées en vue d'identifier les scénarios d'accidents possibles (qui se sont produits et qui pourraient se produire).
6. Caractériser et classer les différents phénomènes et accidents en termes de probabilités, cinétique, intensité et gravité.
7. Réduire le risque si nécessaire.
8. Représenter le risque.

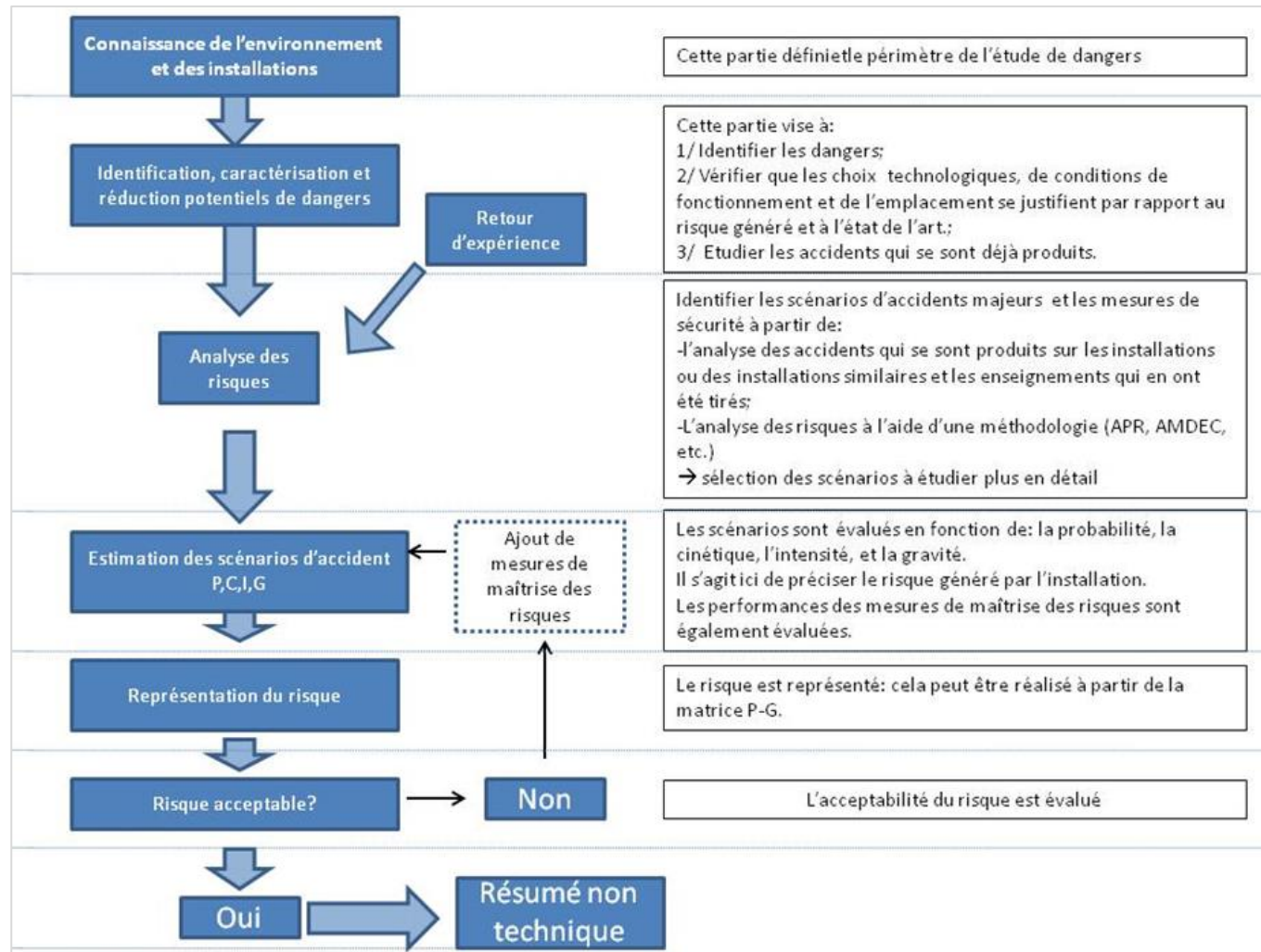


Figure 1 : Etapes de la démarche d'analyse des risques

3 LE PROJET DE VIAPRES-LE-PETIT

3.1 SITUATION ET DESCRIPTION DU PROJET EOLIEN

Le projet éolien de Viâpres-le-Petit est composé de six éoliennes et de trois postes de livraison, localisés sur les communes de Viâpres-le-Petit et Allibaudières, dans le département de l'Aube en région Grand-Est.

Plusieurs modèles d'éoliennes sont envisagés sur ce projet. Afin d'être conservateur dans les calculs de l'étude de dangers, le modèle retenu dans la présente étude est celui présentant le plus grand gabarit : l'éolienne Enercon E-160. Ses caractéristiques sont rappelées dans le tableau suivant :

Caractéristiques	Enercon E-160
Hauteur totale maximale	220 m
Diamètre du rotor	160 m
Hauteur du mât	140 m
Largeur du mât à la base	9,1 m
Largeur de la base de la pale	4,1 m

Tableau 1 : Caractéristiques des éoliennes

Les coordonnées de chacune des machines sont données dans le tableau suivant :

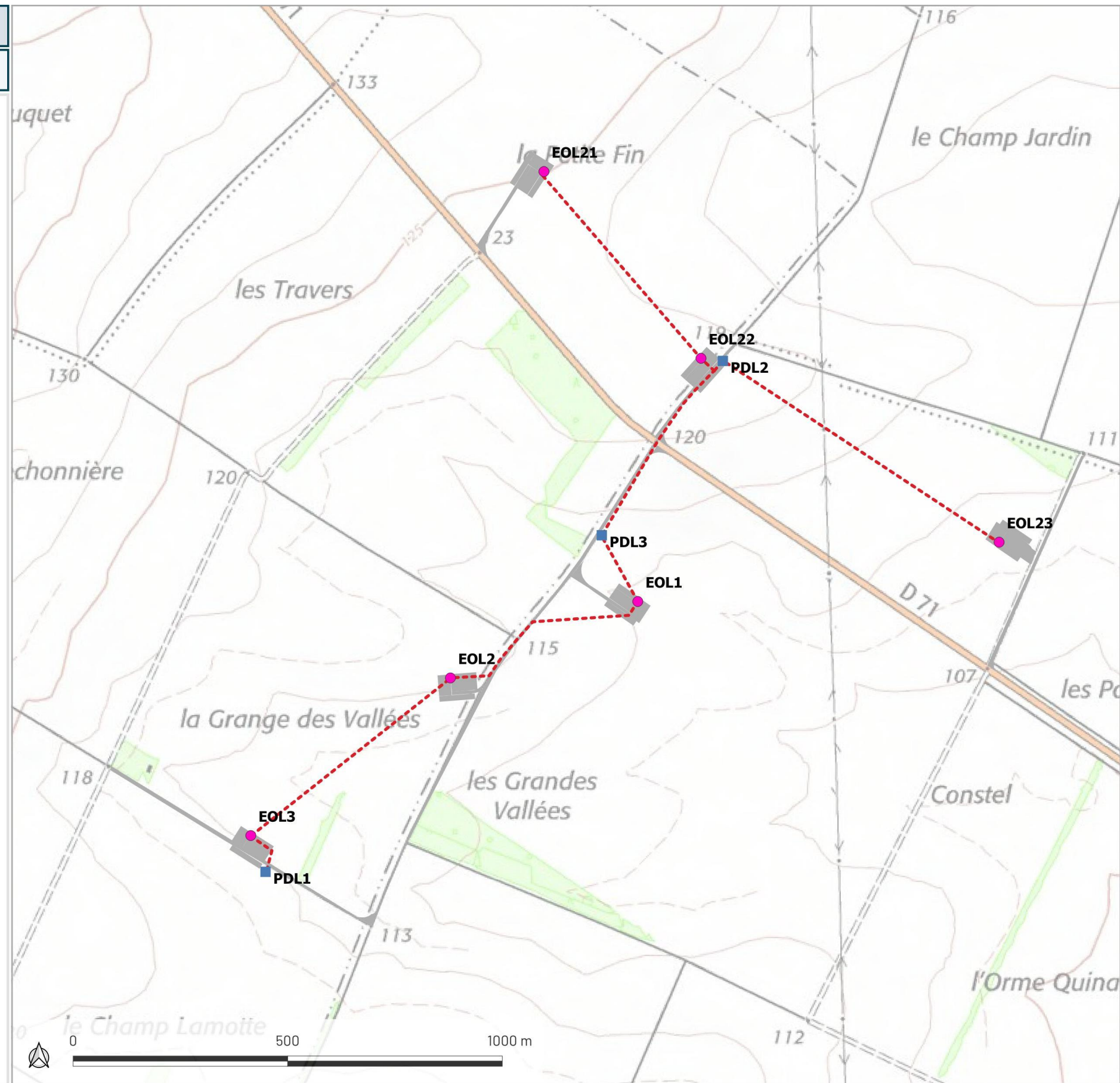
Eolienne ou PDL	Coordonnées WGS 84 (DMS)	
	Latitude	Longitude
EOL1	N 48°35'55.3	E 4°04'43.4
EOL2	N 48°35'49.7	E 4°04'22.0
EOL3	N 48°35'38.0	E 4°03'59.0
EOL21	N 48°36'27.9	E 4°04'33.4
EOL22	N 48°36'13.6	E 4°04'51.0
EOL23	N 48°35'59.4	E 4°05'24.6
PDL 1	N 48°35'35.3	E 4°04'00.7
PDL 2	N 48°36'13.4	E 4°04'53.5
PDL 3	N 48°36'00.4	E 4°04'39.4

Tableau 2 : Coordonnées géographiques des éléments du projet

Projet éolien de Viâpres-le-Petit

Principaux éléments du projet

- Eolienne du projet
- Poste de livraison
- - - Raccordement interne
- Plateforme et chemin d'accès

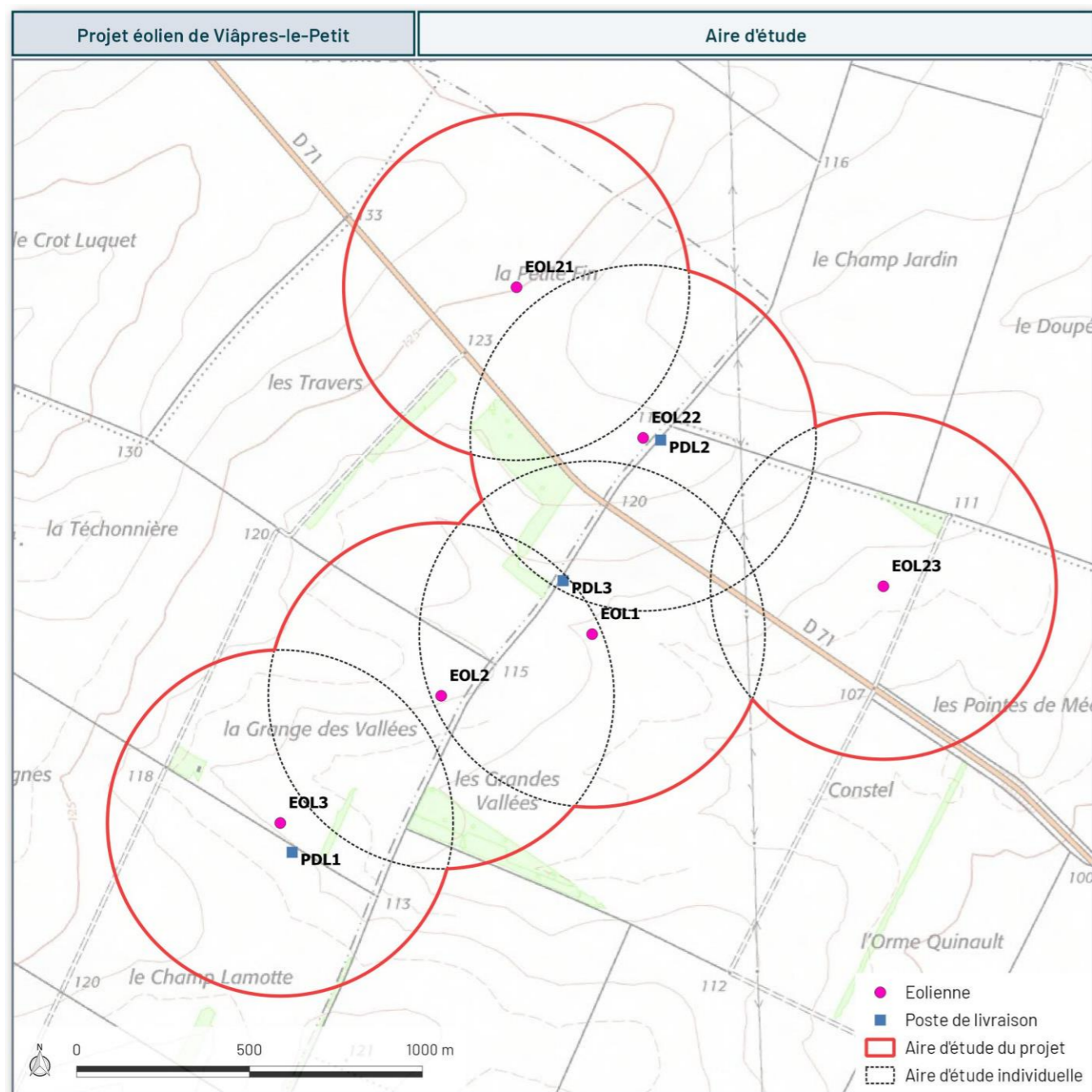


Carte 1 : Localisation des principaux éléments du projet

3.2 DESCRIPTION DE L'ENVIRONNEMENT AU SEIN DE L'AIRE D'ÉTUDE

3.2.1 Définition de l'aire d'étude

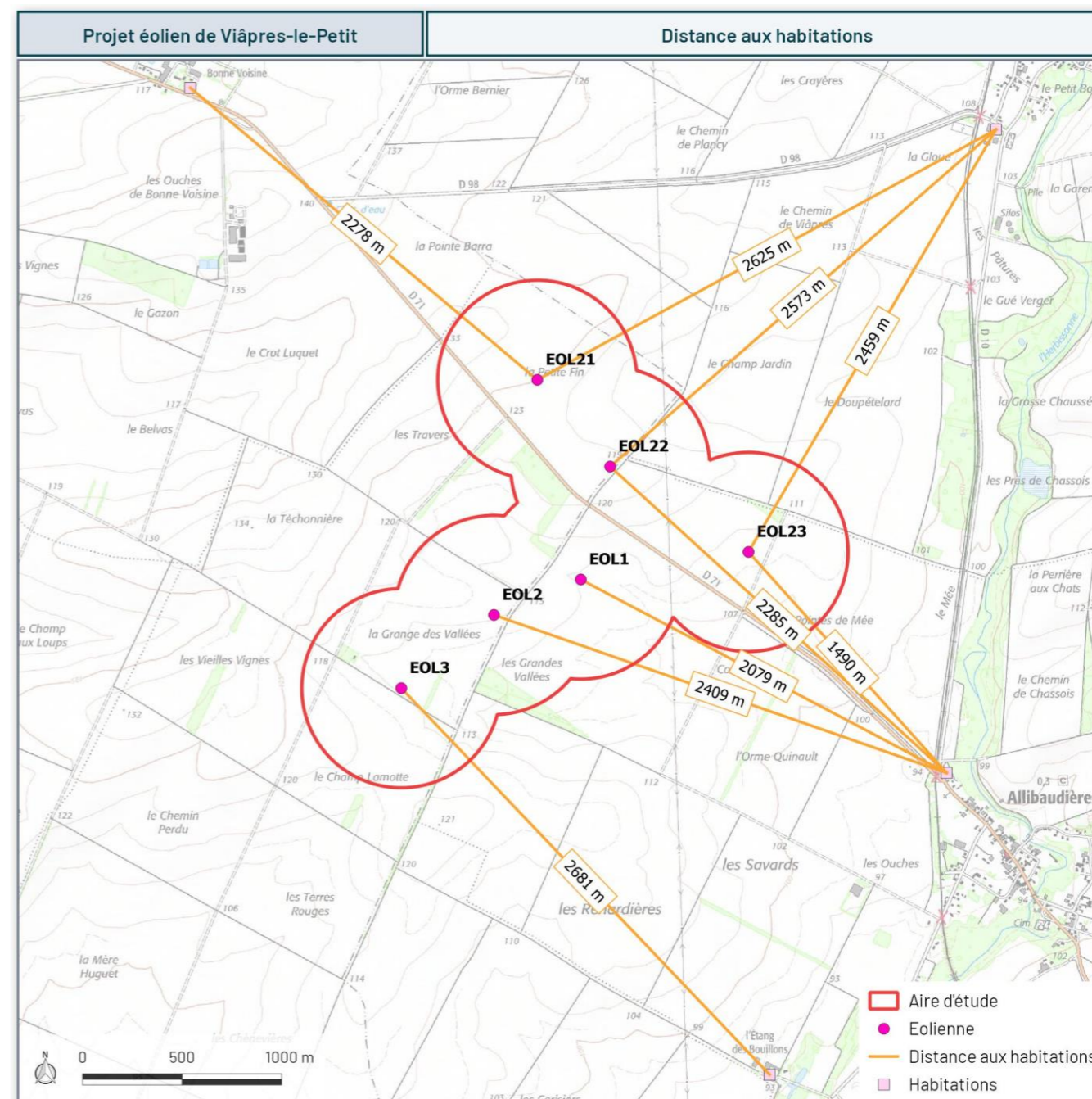
Le guide générique de l'étude de dangers élaboré par l'INERIS et le SER propose d'étudier l'ensemble des éléments situés à moins de 500 m des éoliennes du projet. Cette distance apparaît adaptée au regard de l'intensité et de la probabilité des phénomènes dangereux identifiés pour les parcs d'éoliennes mais aussi du retour d'expérience de la filière éolienne. L'aire d'étude du projet est donnée sur la carte suivante.



Carte 2 : Aire d'étude

3.2.2 L'environnement humain

Aucune habitation n'est présente au sein de l'aire d'étude. Conformément à l'arrêté du 26 août 2011, les éoliennes sont en effet situées à plus de 500 m des zones habitées. La distance séparant chacune des éoliennes et l'habitation la plus proche est donnée sur la carte suivante.



Carte 3 : Distance du projet aux zones habitables

Il n'y a aucun Etablissement Recevant du Public (ERP) et aucune Installation Classée pour la Protection de l'Environnement (ICPE) dans l'aire d'étude. Aucun établissement nucléaire n'est recensé à moins de 40 km.

Les terrains voisins sont principalement voués à l'agriculture et à l'élevage.

3.2.3 L'environnement naturel

Les risques naturels sont susceptibles d'impacter les éoliennes du projet et sont donc étudiés de manière à caractériser les enjeux au niveau de la zone d'étude.

3.2.3.1 Le contexte climatique

Le climat de l'Aube se caractérise par un climat tempéré océanique humide à amplitudes thermiques faibles. Les données présentées ici sont celles de la station de Dosnon (5 km à l'est de l'aire d'étude), issues des normales climatiques sur la période 1981-2010, à l'exception des informations relatives à l'orage et au brouillard qui sont issues de la station de Troyes à 25 km au sud de l'aire d'étude.

Les températures moyennes fluctuent relativement peu en fonction des saisons, avec des températures minimales de 2,9°C en janvier et des températures maximales de 19,1°C en août. La station de mesure montre une température moyenne annuelle de 10,7°C.

La formation de gel peut potentiellement intervenir **72,4 jours/an en moyenne**, sur une période s'étendant de septembre à mai lorsque les températures sont inférieures à 0°C.

Les précipitations annuelles moyennes sont d'environ 726,5 mm et sont relativement bien réparties sur l'année avec une légère prépondérance pour les mois d'octobre et de décembre.

La visibilité est réduite en moyenne **34,3 jours/an lors de la présence de brouillard**. Enfin, on dénombre en moyenne **18,7 jours d'orage par an**.

Les vents dominants sur le site proviennent du sud-ouest. On dénombre en moyenne 20,2 jours par an avec des rafales de vent supérieures à 58 km/h et 0,8 jour par an avec des rafales supérieures à 100 km/h. La rafale maximale de vent à Dosnon a été enregistrée à environ 144 km/h en 1999.

3.2.3.2 Les risques naturels au droit du projet

Le dossier départemental des risques majeurs (DDRM) liste les risques potentiels sur le territoire. Il a ainsi été consulté afin de recenser les risques au droit du projet sur la commune de Viâpres-le-Petit et sur les communes voisines. **Les risques potentiels concernent le risque sismique et de tempête.**

Les arrêtés de catastrophe naturelle pris sur la commune de Viâpres-le-Petit et sur les communes voisines concernent des cas d'inondations, coulées de boue, mouvements de terrain et inondations par remontées de nappe phréatique.

Les communes étudiées ne sont pas concernées par un Atlas de Zones Inondable (AZI). Le cours d'eau le plus proche concerné par un AZI est l'Aube, située à 2 km au sud de l'aire d'étude.

Seules les éoliennes E1 et 323 sont **situées sur des zones potentiellement sujettes au risque d'inondation par remontée des nappes.**

L'aléa retrait-gonflement des argiles sur la zone est considéré comme nul à moyen au droit des éoliennes.

Au sein de l'aire d'étude et à proximité, les communes étudiées **n'ont pas fait l'objet d'éboulement ou affaissement de terrain** d'après le DDRM. Aucun Plan de Prévention des Risques Mouvement de Terrain n'est adopté sur ces communes. La consultation de la base de données des cavités souterraines du BRGM n'a en outre pas permis de mettre en évidence la présence de cavité dans l'aire d'étude.

Toutes les communes étudiées sont en zone de sismicité 1 où **l'aléa sismique est qualifié de très faible.**

Le DDRM ne liste pas les communes comme étant à risque. On note qu'aucun boisement n'est présent au sein de l'aire d'étude. Les conditions climatiques rencontrées dans l'Aube font que **le risque apparaît faible au droit de la zone d'étude.** Aucune commune du projet n'est répertoriée dans les zones à risque feu de culture dans le DDRM. Le risque n'est pas nul puisque la zone est composée de terres arables et donc de potentielles cultures. Cependant du fait des températures peu extrêmes, le risque n'est pas considéré comme majeur. Par ailleurs, les mâts d'éoliennes sont composés de matériaux inertes (acier ou béton) peu sensibles aux incendies.

Le département de l'Aube a une densité de foudroiement $N_g 1,2$ (1,9 impacts/km²/an), inférieure à la moyenne nationale (2 N_g). Dans le nord de l'Aube où le projet éolien se situe, on dénombre moins de 25 jours d'orage chaque année, le département est donc dans une zone faiblement orageuse de France.

Les communes étudiées sont exposées au risque tempête d'après les DDRM. D'après les relevés météorologiques effectués à la station de Dosnon, la rafale maximale a été enregistrée à plus de 144 km/h en 1999. **Les aérogénérateurs devront donc tenir compte des conditions de vent connues sur le site et être adaptés à ces dernières.**

3.2.4 L'environnement matériel

L'étude de dangers identifie l'ensemble des réseaux de communication présents dans les limites de la zone d'étude :

- Transport routier (routes, autoroutes, ouvrages d'art, etc.)
- Transport ferroviaire (voies de chemin de fer, gares, passages à niveau, etc.)
- Transport fluvial (cours d'eau navigables, canaux, écluses, etc.)
- Transport aérien (aéroports ou aérodromes, servitudes aéronautiques civiles et militaires, etc.)

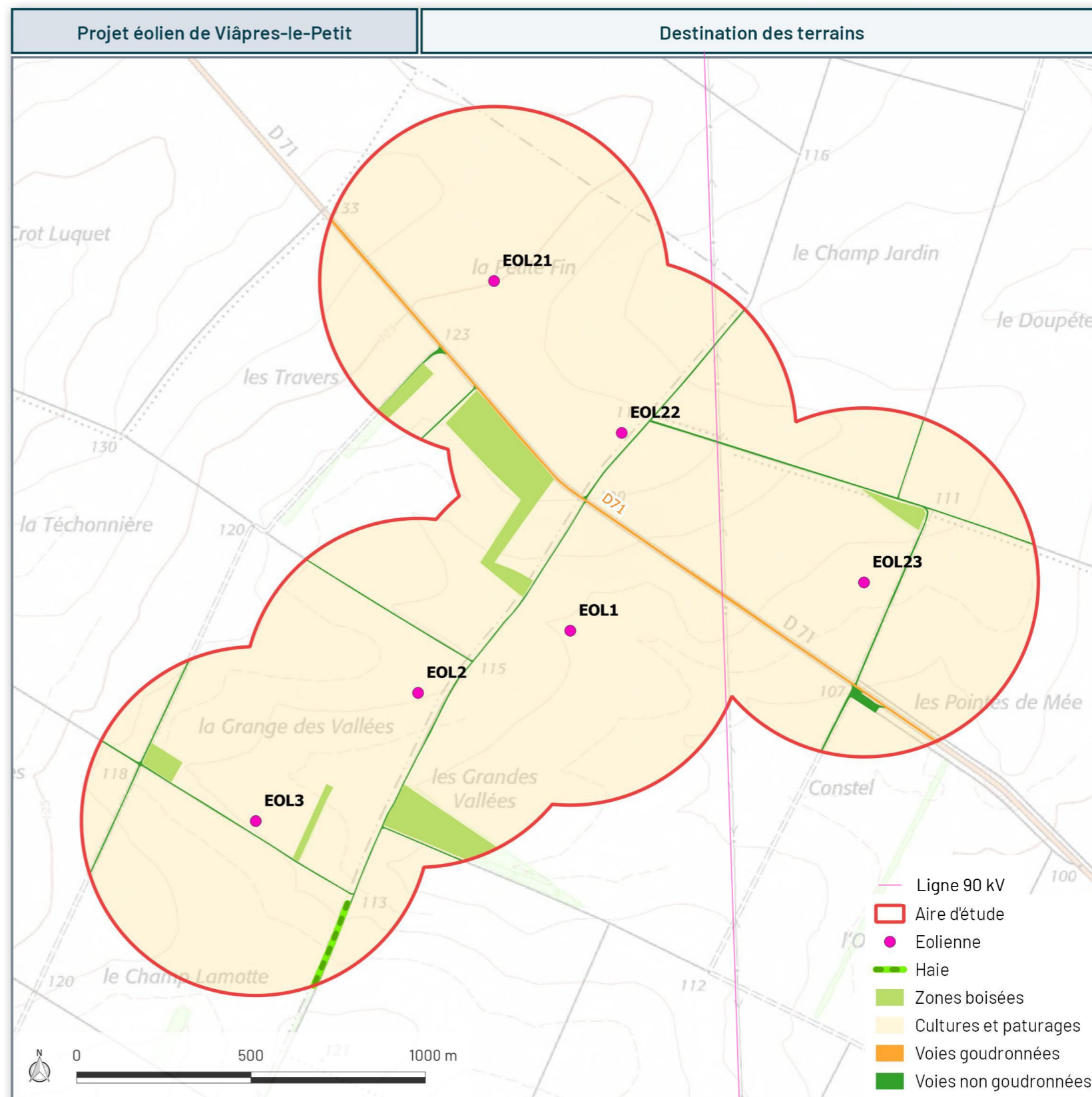
Pour chacune des voies de communication identifiées dans la zone d'étude, il est précisé la distance minimale par rapport à chaque éolienne, ainsi que sa caractérisation et le trafic journalier. Une distinction sera faite entre les routes structurantes (trafic supérieur à 2000 véhicules par jour) et les routes non structurantes.

Type de transport	Voie	Distance minimale à l'installation	Caractérisation	Trafic journalier
Routier	D71	220 m	Voie goudronnée	Route non structurante (688 véhicules/jour)

Tableau 3: Distances minimales des éoliennes aux voies de communication

A l'exception de routes et de chemins non goudronnés, aucune infrastructure de communication n'est recensée.





L'étude de dangers recense également les principales installations publiques non enterrées présentes dans les limites de la zone d'étude : transport d'électricité (lignes électriques haute et très haute tension, postes électriques), canalisations de transport (gaz combustibles, hydrocarbures liquides ou liquéfiés et produits chimiques), réseaux d'assainissement (stations d'épuration) et réseaux d'alimentation en eau potable (captages AEP, zones de protection des captages). Dans le cadre du projet éolien de Viâpres-le-Petit, seul une ligne électrique de 90 kV est mentionnée dans la zone d'études. Les distances maintenues entre les éoliennes et cette ligne correspondent aux préconisations de RTE, gestionnaire de cette ligne.

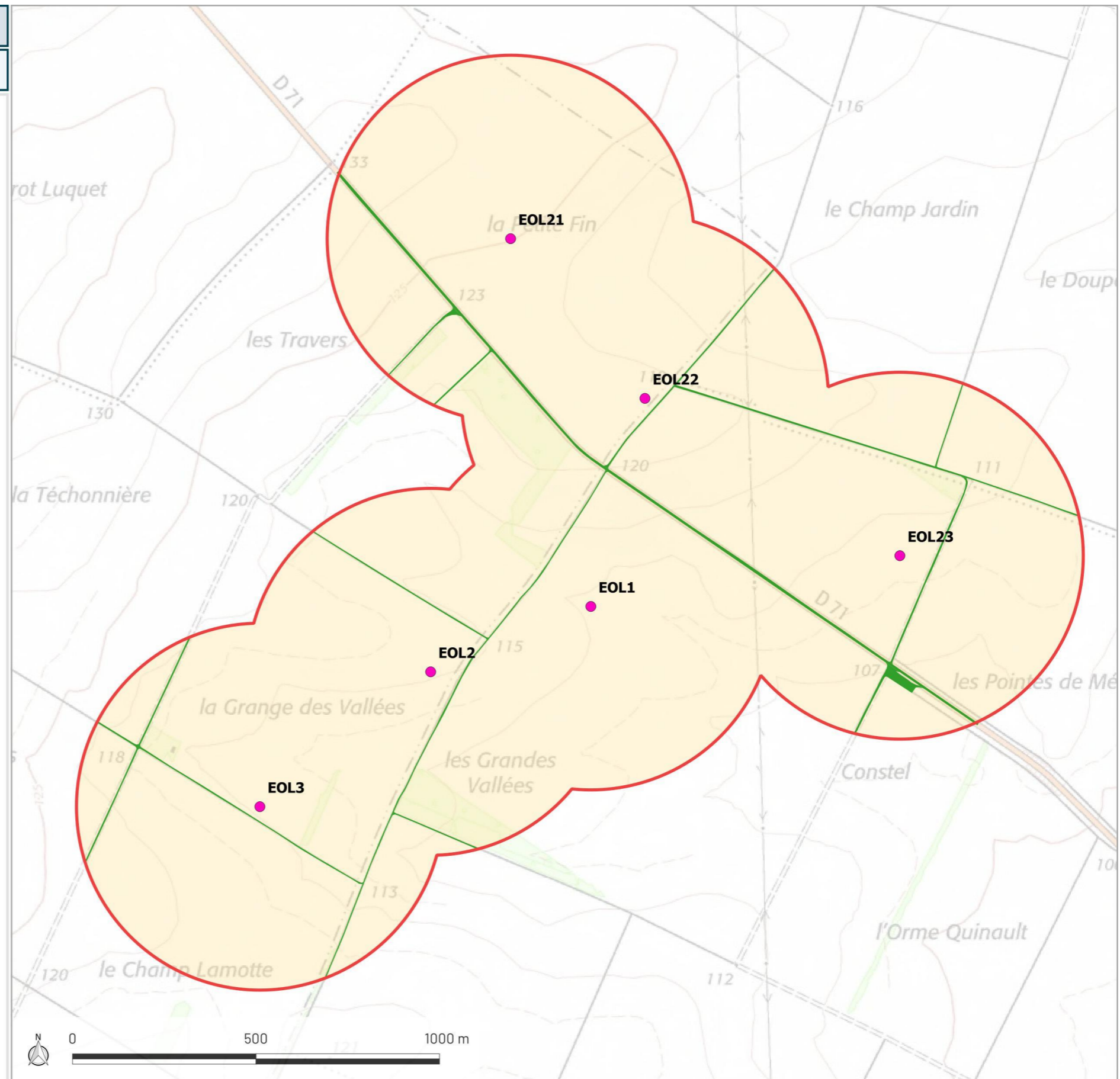


Carte 4: Cartographie de synthèse

Projet éolien de Viâpres-le-Petit

Classification des terrains

-  Aire d'étude
-  Eolienne
-  Terrain non aménagé (1 pers/100 ha)
-  Voie non structurante (1 pers/10 ha)



Carte 5 : Classification des terrains dans l'aire d'étude

4 EVALUATION DES PRINCIPAUX RISQUES LIES AU PARC EOLIEN

4.1 IDENTIFICATION DES POTENTIELS DE DANGERS DE L'INSTALLATION

Cette partie 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.

4.1.1 Potentiels de dangers liés aux produits

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

Les produits identifiés dans le cadre du parc éolien de Viâpres-le-Petit sont utilisés pour le bon fonctionnement des éoliennes, leur maintenance et leur entretien :

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

Aucun produit inflammable ou combustible n'est stocké dans les aérogénérateurs ou les postes de livraison.

Les risques associés aux différents produits concernant le site du parc éolien de Viâpres-le-Petit sont :

- **L'incendie** : des produits combustibles sont présents le site. Ainsi, la présence d'une charge calorifique peut alimenter un incendie en cas de départ de feu.
- **La toxicité** : Ce risque peut survenir suite à un incendie créant certains produits de décomposition nocifs, entraînés dans les fumées de l'incendie.
- **La pollution** : En cas de fuite sur une capacité de stockage, la migration des produits liquides dans le sol peut entraîner une pollution, également en cas d'entraînement dans les eaux d'extinction incendie.

4.1.2 Potentiels de dangers liés au fonctionnement de l'installation

Les dangers liés au fonctionnement du parc éolien de Viâpres-le-Petit 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).

4.2 ANALYSE DES RETOURS D'EXPERIENCE

A partir de l'ensemble des phénomènes dangereux qui ont été recensés, il est possible d'étudier leur évolution en fonction de la puissance raccordée.

La figure ci-dessous montre cette évolution et il apparaît clairement que le nombre d'incidents n'augmente pas proportionnellement à la puissance installée. 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.

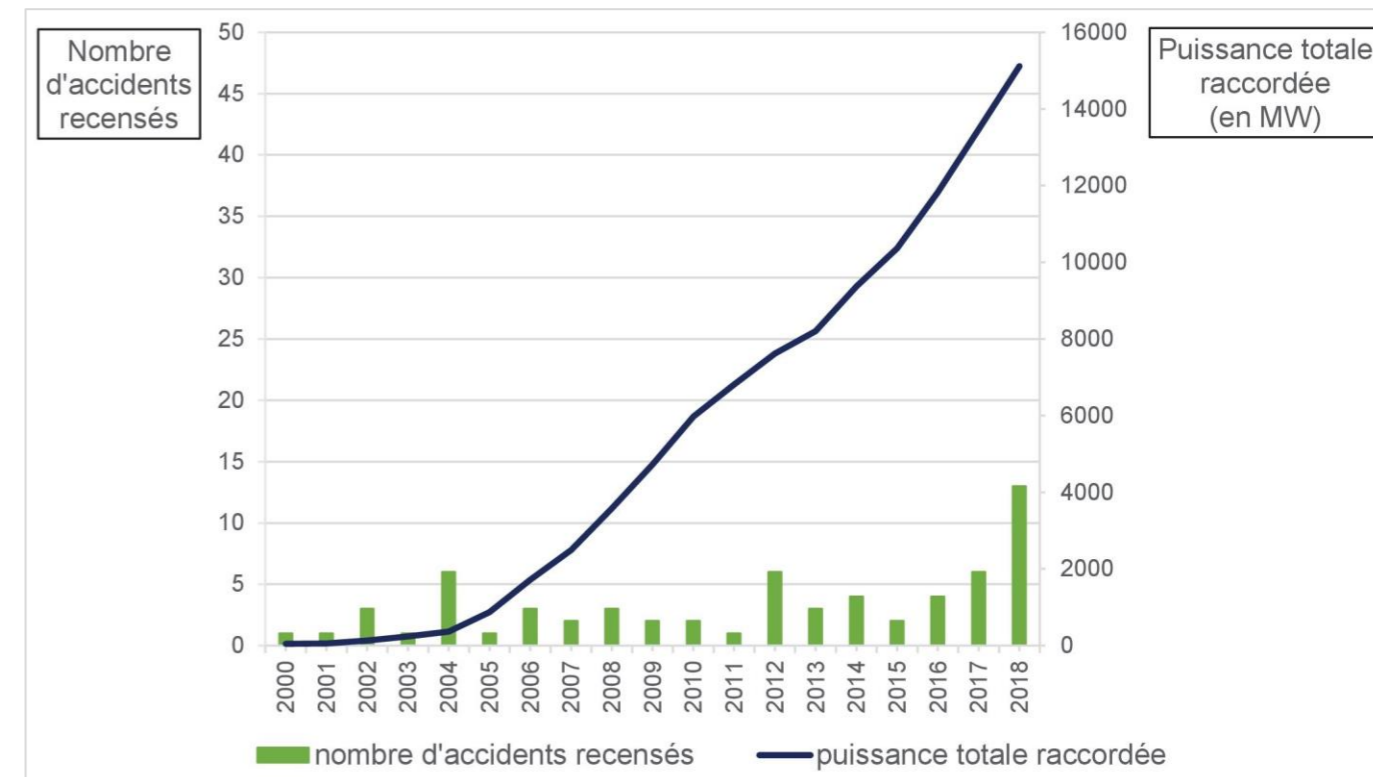


Figure 2 : Nombre d'incident en rapport avec la puissance éolienne installée en France

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

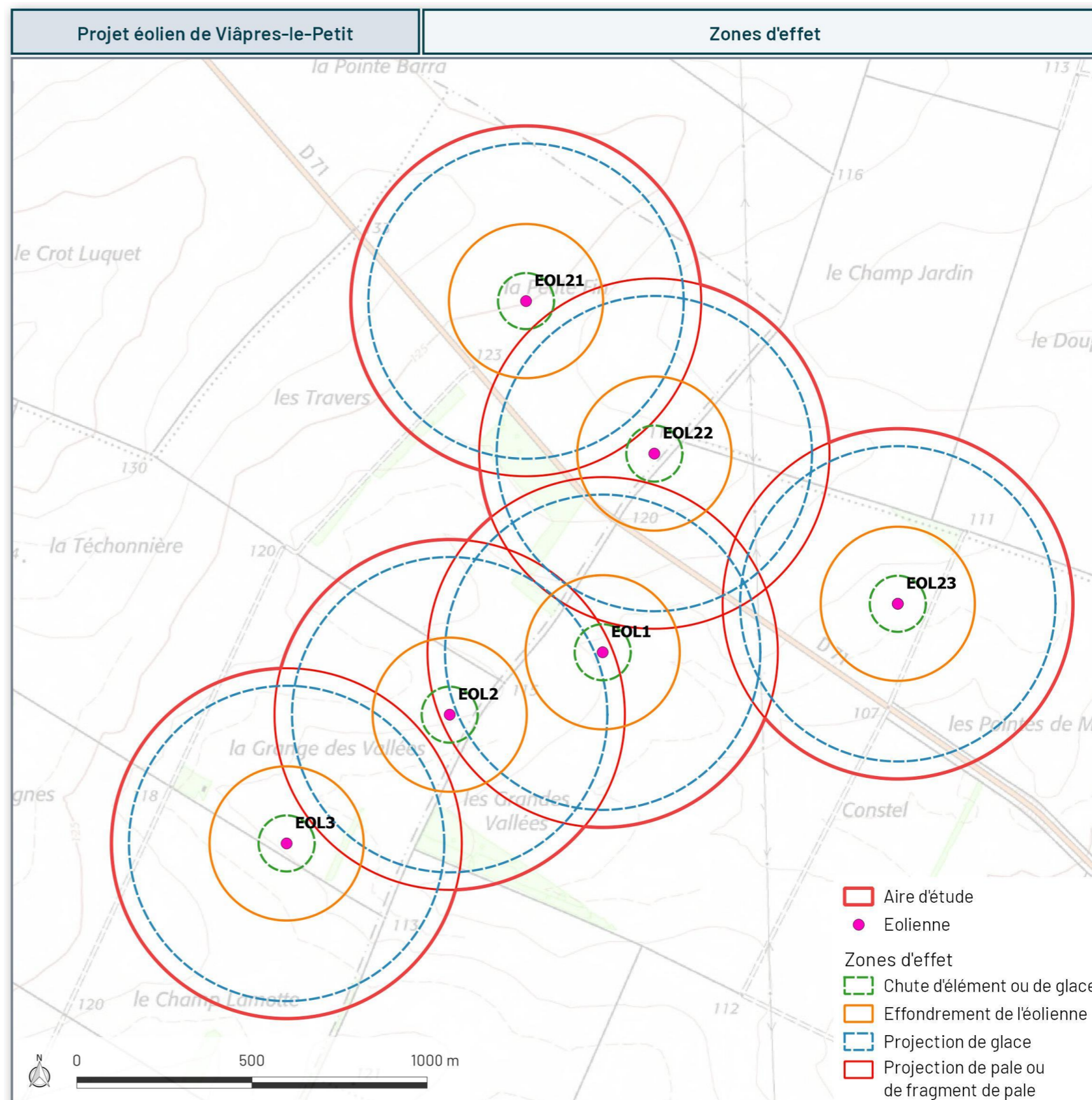
4.3 ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES

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. Les scénarios d'accident sont ensuite hiérarchisés en fonction de leur intensité et de l'étendue possible de leurs conséquences.

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

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

Les zones d'effets sont définies pour chaque événement accidentel comme la surface exposée à cet événement. La carte suivante illustre les différentes zones d'effet retenues.



Carte 6: Zones d'effet

5 PRINCIPAUX RESULTATS DE L'ETUDE DETAILLEES DES RISQUES

L'environnement du projet éolien est principalement composé de parcelles agricoles et boisées, ainsi que de voies de communication (routes goudronnées et chemins ruraux). Les risques concernent donc des personnes pouvant se trouver à proximité des éoliennes : agriculteur, marcheur, automobiliste, etc. De manière à caractériser les risques, deux critères sont utilisés : la probabilité et la gravité de chacun des événements redoutés.

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.	$P > 10^{-2}$ 1 événement tous les 100 ans
B	Probable : S'est produit et/ou peut se produire pendant la durée de vie des installations.	$10^{-3} < P \leq 10^{-2}$ 1 événement tous les 100 à 1 000 ans
C	Improbable : Evénement similaire déjà rencontré dans le secteur d'activité ou dans ce type d'organisation au niveau mondial, sans que les éventuelles corrections intervenues depuis apportent une garantie de réduction significative de sa probabilité.	$10^{-4} < P \leq 10^{-3}$ 1 événement tous les 1 000 à 10 000 ans
D	Rare : S'est déjà produit, mais a fait l'objet de mesures correctives réduisant significativement la probabilité.	$10^{-5} < P \leq 10^{-4}$ 1 événement tous les 10 000 à 100 000 ans
E	Extrêmement rare : possible, mais non rencontré au niveau mondial. N'est pas impossible au vu des connaissances actuelles.	$\leq 10^{-5}$ Moins d'un événement tous les 100 000 ans

Tableau 4 : Classe des probabilités des études de dangers

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, du retour d'expérience et 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).

Les seuils de gravité sont quant à eux déterminés en fonction du nombre équivalent de personnes permanentes dans chacune des zones d'effet identifiées. Cinq niveaux sont utilisés : « modéré », « sérieux », « important », « catastrophique » et « désastreux ».

Les risques sont un croisement de ces deux critères, permettant de définir trois niveaux :

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

L'évaluation détaillée est présentée dans le tableau suivant :

Scénario	Niveau de risque	Zone d'effet	Cinétique	Intensité	Probabilité	Gravité
Effondrement de l'éolienne	Très faible	Disque dont le rayon correspond à une hauteur totale de la machine en bout de pale (220 m)	Rapide	Exposition modérée	D - Rare (pour des éoliennes récentes)	Modérée pour toutes les éoliennes
Chute d'élément de l'éolienne	Très faible	Zone de survol des pales (80 m)	Rapide	Exposition modérée	C - Improbable	Modérée pour toutes les éoliennes
Chute de glace	Faible	Zone de survol des pales (80 m)	Rapide	Exposition modérée	A - Courant	Modérée pour toutes les éoliennes
Projection de pales	Très faible	500 m autour de l'éolienne	Rapide	Exposition modérée	D - Rare (pour des éoliennes récentes)	Modérée pour toutes les éoliennes
Projection de glace	Très faible	Disque dont le rayon est égal à $1,5 \times (H + 2R)$ (450 m)	Rapide	Exposition modérée	B - Probable	Modérée pour toutes les éoliennes
Incendie	Les scénarios d'incendie ne conduisent pas à des risques importants, car les effets thermiques sont très limités spatialement.					
Fuite	Les scénarios de fuite d'huile dans l'environnement ne sont pas significatifs en raison des faibles volumes mis en jeu. L'étude d'impact sur l'environnement présente les moyens mis en œuvre pour limiter ce risque.					

Tableau 5 : Evaluation détaillée des risques

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.

Le tableau suivant récapitule les niveaux de risques identifiés pour le parc éolien de Viâpres-le-Petit.

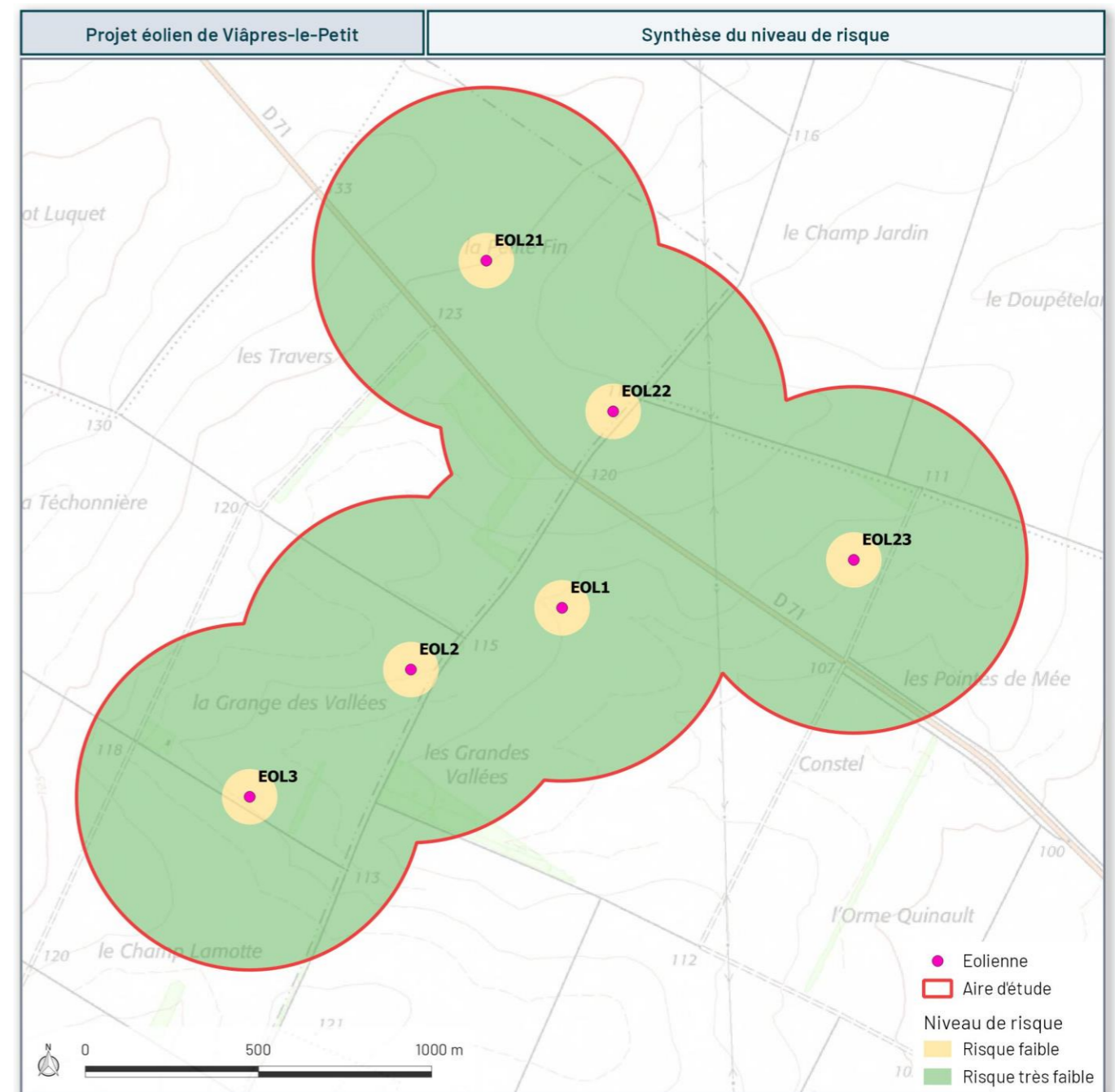
Récapitulatif					
Gravité (traduit l'intensité et le nombre de personnes exposées)	Classe de Probabilité				
	E	D	C	B	A
Désastreux					
Catastrophique					
Important					
Sérieux		EE1 EE2 EE3 EE21 EE22 EE23			
Modérée		FP1 FP2 FP3 FP21 FP22 FP23	CE1 CE2 CE3 CE21 CE22 CE23	PG1 PG2 PG3 PG21 PG22 PG23	CG1 CG2 CG3 CG21 CG22 CG23

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

EE : effondrement de l'éolienne
 CE : chute d'élément de l'éolienne
 CG : chute de glace
 PG : projection de glace
 FP : projection de fragment de pale

Il apparaît au regard de la matrice ainsi complétée que :

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



Carte 7 : Synthèse du niveau de risque

Projet éolien de Viâpres-le-Petit

Niveaux de risque associés à l'éolienne EOL1

● Eolienne

Zones d'effet

■ Chute de glace :

- Zone d'effet : 80 m
- Nombre de personnes exposées : <1 personne
- Probabilité : A
- Gravité : Modérée
- Niveau de risque : faible

■ Chute d'élément d'éolienne :

- Zone d'effet : 80 m
- Nombre de personnes exposées : <1 personne
- Probabilité : C
- Gravité : Modérée
- Niveau de risque : très faible

■ Effondrement de l'éolienne :

- Zone d'effet : 220 m
- Nombre de personnes exposées : <1 personne
- Probabilité : D
- Gravité : Sérieux
- Niveau de risque : très faible

■ Projection de glace :

- Zone d'effet : 450 m
- Nombre de personnes exposées : <1 personne
- Probabilité : B
- Gravité : Modérée
- Niveau de risque : très faible

■ Projection de pale :

- Zone d'effet : 500 m
- Nombre de personnes exposées : <1 personne
- Probabilité : D
- Gravité : Modérée
- Niveau de risque : très faible



Carte 8: Niveau de risque pour l'éolienne EOL1

Projet éolien de Viâpres-le-Petit

Niveaux de risque associés à l'éolienne EOL2

● Eolienne

Zones d'effet

■ Chute de glace :

- Zone d'effet : 80 m
- Nombre de personnes exposées : <1 personne
- Probabilité : A
- Gravité : Modérée
- Niveau de risque : faible

■ Chute d'élément d'éolienne :

- Zone d'effet : 80 m
- Nombre de personnes exposées : <1 personne
- Probabilité : C
- Gravité : Modérée
- Niveau de risque : très faible

■ Effondrement de l'éolienne :

- Zone d'effet : 220 m
- Nombre de personnes exposées : <1 personne
- Probabilité : D
- Gravité : Sérieux
- Niveau de risque : très faible

■ Projection de glace :

- Zone d'effet : 450 m
- Nombre de personnes exposées : <1 personne
- Probabilité : B
- Gravité : Modérée
- Niveau de risque : très faible

■ Projection de pale :

- Zone d'effet : 500 m
- Nombre de personnes exposées : <1 personne
- Probabilité : D
- Gravité : Modérée
- Niveau de risque : très faible



Carte 9: Niveau de risque pour l'éolienne EOL2

Projet éolien de Viâpres-le-Petit

Niveaux de risque associés à l'éolienne EOL3

● Eolienne

Zones d'effet

■ Chute de glace :

- Zone d'effet : 80 m
- Nombre de personnes exposées : <1 personne
- Probabilité : A
- Gravité : Modérée
- Niveau de risque : faible

■ Chute d'élément d'éolienne :

- Zone d'effet : 80 m
- Nombre de personnes exposées : <1 personne
- Probabilité : C
- Gravité : Modérée
- Niveau de risque : très faible

■ Effondrement de l'éolienne :

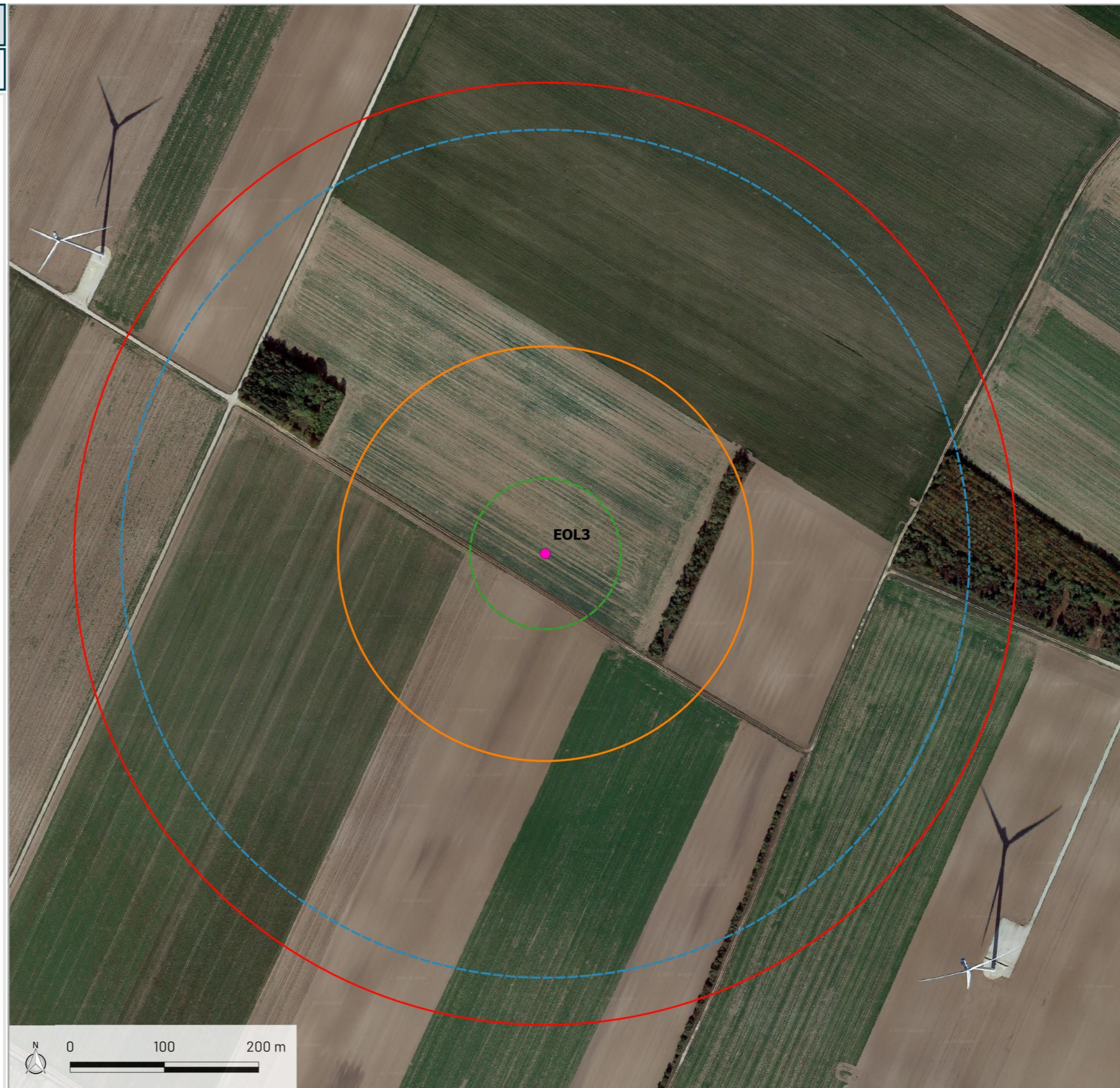
- Zone d'effet : 220 m
- Nombre de personnes exposées : <1 personne
- Probabilité : D
- Gravité : Sérieux
- Niveau de risque : très faible

■ Projection de glace :

- Zone d'effet : 450 m
- Nombre de personnes exposées : <1 personne
- Probabilité : B
- Gravité : Modérée
- Niveau de risque : très faible

■ Projection de pale :

- Zone d'effet : 500 m
- Nombre de personnes exposées : <1 personne
- Probabilité : D
- Gravité : Modérée
- Niveau de risque : très faible



Carte 10: Niveau de risque pour l'éolienne EOL3

Projet éolien de Viâpres-le-Petit

Niveaux de risque associés à l'éolienne EOL21

● Eolienne

Zones d'effet

■ Chute de glace :

- Zone d'effet : 80 m
- Nombre de personnes exposées : <1 personne
- Probabilité : A
- Gravité : Modérée
- Niveau de risque : faible

■ Chute d'élément d'éolienne :

- Zone d'effet : 80 m
- Nombre de personnes exposées : <1 personne
- Probabilité : C
- Gravité : Modérée
- Niveau de risque : très faible

■ Effondrement de l'éolienne :

- Zone d'effet : 220 m
- Nombre de personnes exposées : <1 personne
- Probabilité : D
- Gravité : Sérieux
- Niveau de risque : très faible

■ Projection de glace :

- Zone d'effet : 450 m
- Nombre de personnes exposées : <1 personne
- Probabilité : B
- Gravité : Modérée
- Niveau de risque : très faible

■ Projection de pale :

- Zone d'effet : 500 m
- Nombre de personnes exposées : <1 personne
- Probabilité : D
- Gravité : Modérée
- Niveau de risque : très faible



Carte 11 : Niveau de risque pour l'éolienne E21

Projet éolien de Viâpres-le-Petit

Niveaux de risque associés à l'éolienne EOL22

● Eolienne

Zones d'effet

■ Chute de glace :

- Zone d'effet : 80 m
- Nombre de personnes exposées : <1 personne
- Probabilité : A
- Gravité : Modérée
- Niveau de risque : faible

■ Chute d'élément d'éolienne :

- Zone d'effet : 80 m
- Nombre de personnes exposées : <1 personne
- Probabilité : C
- Gravité : Modérée
- Niveau de risque : très faible

■ Effondrement de l'éolienne :

- Zone d'effet : 220 m
- Nombre de personnes exposées : <1 personne
- Probabilité : D
- Gravité : Sérieux
- Niveau de risque : très faible

■ Projection de glace :

- Zone d'effet : 450 m
- Nombre de personnes exposées : <1 personne
- Probabilité : B
- Gravité : Modérée
- Niveau de risque : très faible

■ Projection de pale :

- Zone d'effet : 500 m
- Nombre de personnes exposées : <1 personne
- Probabilité : D
- Gravité : Modérée
- Niveau de risque : très faible



Carte 12 : Niveau de risque pour l'éolienne E22

Projet éolien de Viâpres-le-Petit

Niveaux de risque associés à l'éolienne EOL23

● Eolienne

Zones d'effet

■ Chute de glace :

- Zone d'effet : 80 m
- Nombre de personnes exposées : <1 personne
- Probabilité : A
- Gravité : Modérée
- Niveau de risque : faible

■ Chute d'élément d'éolienne :

- Zone d'effet : 80 m
- Nombre de personnes exposées : <1 personne
- Probabilité : C
- Gravité : Modérée
- Niveau de risque : très faible

■ Effondrement de l'éolienne :

- Zone d'effet : 220 m
- Nombre de personnes exposées : <1 personne
- Probabilité : D
- Gravité : Sérieux
- Niveau de risque : très faible

■ Projection de glace :

- Zone d'effet : 450 m
- Nombre de personnes exposées : <1 personne
- Probabilité : B
- Gravité : Modérée
- Niveau de risque : très faible

■ Projection de pale :

- Zone d'effet : 500 m
- Nombre de personnes exposées : <1 personne
- Probabilité : D
- Gravité : Modérée
- Niveau de risque : très faible



Carte 13 : Niveau de risque pour l'éolienne E23

6 MESURES DE MAITRISE DES RISQUES

Malgré un risque acceptable pour l'ensemble des éoliennes du projet éolien de Viâpres-le-Petit, différentes fonctions de sécurité sont présentes sur les machines Enercon pour réduire les probabilités d'occurrence d'un accident :

1. Système de détection ou de déduction de la formation de glace sur les pales de l'aérogénérateur entraînant la mise à l'arrêt de la machine ;
2. Panneautage en pied de machine du risque de chute de glace ;
3. Capteurs de température des pièces mécaniques détectant l'échauffement significatif des pièces mécaniques entraînant l'arrêt de la machine en cas de surchauffe ;
4. Détection de survitesse permettant d'empêcher l'emballement de l'éolienne par un système de freinage aérodynamique et/ou mécanique ;
5. Coupure de la transmission électrique en cas de fonctionnement anormal d'un composant électrique permettant de prévenir un court-circuit ;
6. Mise à la terre et protection des éléments de l'aérogénérateur grâce à des parafoudres ;
7. Capteurs de températures et systèmes de détection d'incendie entraînant l'arrêt de l'éolienne et le déclenchement d'une alarme pour l'intervention des services de secours et de techniciens ;
8. Détecteurs de niveau d'huile, systèmes d'étanchéité et dispositifs de collecte et de récupération permettant d'éviter le risque de fuite de produits dans l'environnement ;
9. Surveillance des vibrations et contrôles réguliers des fondations et des différentes pièces d'assemblage pour prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage ;
10. Mise en place de procédures de maintenance pour prévenir des erreurs de maintenance ;
11. Choix du type de machine adapté aux conditions de vent sur le site et système de détection de vents forts entraînant l'arrêt automatique de la machine pour prévenir des risques de dégradation de l'éolienne ;
12. Détection des défaillances du réseau électrique, système de batteries et système d'alimentation sans coupure permettant d'empêcher la perte de contrôle de l'éolienne en cas de défaillance réseau.

7 CONCLUSION

Les mesures de maîtrise des risques mises en place par le constructeur Enercon et par l'exploitant du parc éolien permettent de prévenir et de limiter les risques pour la sécurité des personnes et des biens sur la zone d'implantation du projet éolien de Viâpres-le-Petit. De plus, le caractère très peu aménagé et peu fréquenté du site, ainsi que la distance par rapport aux premiers enjeux humains permettent de limiter la probabilité et la gravité des accidents majeurs, qui sont tous acceptables pour l'ensemble du parc éolien.

Un événement présente un risque faible d'atteindre des personnes :

- La chute de glace ou d'élément. Ce cas concerne une personne non abritée située sous une éolienne, soit un rayon de 80 m autour du mât. Ce risque correspond à un degré d'exposition « modérée » (petits fragments de glace) et donc à une gravité « modérée », avec une probabilité d'occurrence de l'évènement supérieure à 10⁻² par éolienne et par an. Il faut noter que ces zones de survol des pales sont très peu fréquentées (moins d'une personne équivalente). De plus, conformément à l'annexe I, alinéa 3.8 de l'arrêté du 26 août 2011, un panneautage préventif informant des risques de chute de glace au pied des éoliennes sera mis en place afin de limiter les risques pour le public.

L'ensemble des autres événements présentent des niveaux de risque très faible.

Les accidents majeurs susceptibles de se produire sur le parc éolien de Viâpres-le-Petit présentent tous des niveaux de risque acceptables au vu de l'analyse menée dans la présente étude de dangers.