PROJET DE PARC EOLIEN DE LOCMÉLAR

Commune de Locmélar

Département du Finistère (29)

Dossier de Demande d'Autorisation Environnementale

- Lettre de demande
- Tome 1 : Cartographie
- Tome 2 : Étude d'impact – Annexes - Résumé non technique
- Tome 3 : Étude de dangers (incluant son Résumé non technique)
- Note de présentation non-technique



VERSION	RÉDACTEUR		VALIDEUR	
V1	Date : Février 2026	Visa : Tatiana SEVERIN	Date : Février 2026	Visa: Elodie VALLEREY

SOMMAIRE

1 Résumé non technique....6
1.1 Environnement du site....6
1.2 Composition de l'installation....6
1.3 Analyse des risques....6
1.4 Evaluation des conséquences....7
1.5 Evaluation de la probabilité – gravité – cinétique....8
1.6 Mesure de maitrise de risque....10
1.6.1 Description des moyens techniques....10
1.6.2 Description des moyens d'intervention....11
1.6.3 Description des moyens organisationnels....11
2 Préambule....13
2.1 Objectif de l'étude de dangers....13
2.2 Contexte législatif et réglementaire....13
2.3 Nomenclature des installations classées....14
2.4 Identité du rédacteur de l'étude de dangers....14
3 Informations générales concernant l'installation....15
3.1 Renseignements administratifs....15
3.1.1 Identité du porteur de projet....15
3.1.2 Identité de l'exploitant du parc....15
3.1.3 Identité de la société mère....15
3.2 Localisation du site....16
3.3 Définition de l'aire d'étude....16
4 Description de l'environnement de l'installation....17
4.1 Environnement physique et naturel....17
4.2 Environnement humain....18
4.3 Cartographie de synthèse....19
5 Description de l'installation....20
5.1 Caractéristiques de l'installation....20
5.1.1 Caractéristiques générales d'un parc éolien....20
5.1.2 Activité de l'installation....21
5.1.3 Composition de l'installation....21
6 Fonctionnement de l'installation....24
6.1 Principe de fonctionnement d'un aérogénérateur....24
6.2 Sécurité de l'installation....24
6.2.1 Système de sécurité contre la survitesse....24
6.2.2 Systèmes de sécurité contre le risque électrique....25
6.2.3 Autres systèmes de sécurité....25
6.2.4 Surveillance et procédures d'arrêt....25
6.2.5 Moyens de prévention et lutte contre l'incendie....26
6.3 Garanties et conformité des machines....26
6.4 Conformité avec les prescriptions générales....26
6.5 Opérations de maintenance de l'installation....27
6.6 Stockage et flux de produits dangereux....28
6.7 Conformité des équipements électriques de l'installation hors éolienne....28
6.7.1 Fonctionnement et description de l'installation....28
6.7.2 Conformité de l'installation....29
6.7.3 Autres réseaux....29
7 Identification des potentiels dangers de l'installation....30
7.1 Potentiels de dangers liés aux produits....30
7.1.1 Composants de la structure....31
7.1.2 Lubrifiants et graisses (ordre de grandeur)....31
7.1.3 Stockage....31
7.1.4 Hexafluorure de soufre....31
7.1.5 Autres....31
7.1.6 Réflexion sur des produits de substitution....32
7.2 Potentiels de dangers liés au fonctionnement de l'installation....32
7.3 Réduction des potentiels de danger à la source....33
7.3.1 Principales actions préventives....33
7.3.2 Utilisation des meilleures techniques disponibles....33
8 Analyse des retours d'expérience....34
8.1 Inventaire des accidents et incidents en France....34
8.2 Inventaire des accidents et incidents à l'international....35
8.3 Synthèse des phénomènes dangereux redoutés issus du retour d'expérience....36
8.3.1 Analyse de l'évolution des accidents en France....36
8.3.2 Analyse des typologies d'accidents les plus fréquents....37

8.4 Limites d'utilisation de l'accidentologie 37
9 Analyse des risques 38
9.1 Objectif de l'analyse préliminaire des risques 38
9.2 Recensement des événements initiateurs exclus de l'analyse des risques 38
9.3 Recensement des agressions externes potentielles 38
9.3.1 Agressions externes liées aux activités humaines 38
9.3.2 Agressions externes liées aux phénomènes naturels 40
9.4 Scénarios étudiés dans l'analyse préliminaire des risques 40
9.5 Effets dominos 42
9.6 Mise en place des mesures de sécurité 43
9.7 Formations et documents à disposition du personnel présent sur site 49
9.7.1 Personnel sur site 49
9.7.2 Documents 49
9.7.3 Affichage des consignes 50
9.7.4 Organisation de la sécurité 50
9.7.5 Organisation des premiers secours 50
9.7.6 Formation du personnel 51
9.8 Equipements de protection individuelle et collective 51
9.8.1 EPI du personnel du parc et des visiteurs 51
9.8.2 Protection collective 51
9.9 Conclusion de l'analyse préliminaire des risques 51
10 Etude détaillée des risques 53
10.1 Rappel des définitions 53
10.1.1 Cinétique 53
10.1.2 Intensité 53
10.1.3 Gravité 54
10.1.4 Probabilité 54
10.1.5 Acceptabilité 55
10.2 Caractérisation des scénarios retenus 56
10.2.1 Effondrement de l'éolienne 56
10.2.2 Chute de glace 58
10.2.3 Chute d'éléments de l'éolienne 59
10.2.4 Projection de pales ou de fragments de pales 61
10.2.5 Projection de glace 64
10.3 Synthèse de l'étude détaillée des risques 66
10.3.1 Tableau de synthèse des scénarios étudiés 66
10.3.2 Synthèse de l'acceptabilité des risques 66
11 Conclusion 73
12 Annexe 1 : Méthode de comptages des personnes pour la détermination de la gravité potentielle d'un accident à proximité d'une éolienne. 74
12.1 Terrains non bâtis 74
12.2 Voies de circulation 74
12.2.1 Voies de circulation automobiles 74
12.2.2 Voies ferroviaires 74
12.2.3 Voies navigables 74
12.2.4 Chemins et voies piétonnes 74
12.3 Logements 74
12.4 Etablissements recevant du public (ERP) 74
12.5 Zones d'activité 75
13 Annexe 2 : Tableau de l'accidentologie française 76
14 Annexe 3 : Scénarios génériques issus de l'analyse préliminaire des risques 91
14.1 Scénarios relatifs aux risques liés à la glace (G01 et G02) 91
14.1.1 Scénario G01 91
14.1.2 Scénario G02 91
14.1.3 Scénarios relatifs aux risques d'incendie (I01 à I07) 91
14.2 Scénarios relatifs aux risques de fuites (F01 à F02) 91
14.2.1 Scénario F01 92
14.2.2 Scénario F02 92
14.3 Scénarios relatifs aux risques de chute d'éléments (C01 à C03) 92
14.4 Scénarios relatifs aux risques de projection de pales ou de fragments de pales (P01 à P06) 92
14.4.1 Scénario P01 92
14.4.2 Scénario P02 92
14.4.3 Scénarios P03 92
14.4.4 Scénarios relatifs aux risques d'effondrement des éoliennes 92
15 Annexe 4 : Probabilité d'atteinte et risque individuel 93
16 Annexe 5 : Prévention des risques 94

16.1 Circulation sur le parc et accès aux installations....94
16.2 Conditions climatiques....94
16.3 Manipulation d'engins et outils spécifiques....94
16.4 Travail en hauteur....95
16.5 Produits utilisés....95
16.6 Installations électriques....95
16.7 Circuits d'évacuation en cas de sinistre....95
16.8 Consignes en cas d'incendie....96
16.9 Consignes en cas d'accident....96
16.10 Exemple de plan d'évacuation et de sauvetage....97
17 Annexe 6 : Glossaire....98
18 Annexe 7 : Bibliographie et références utilisées....100

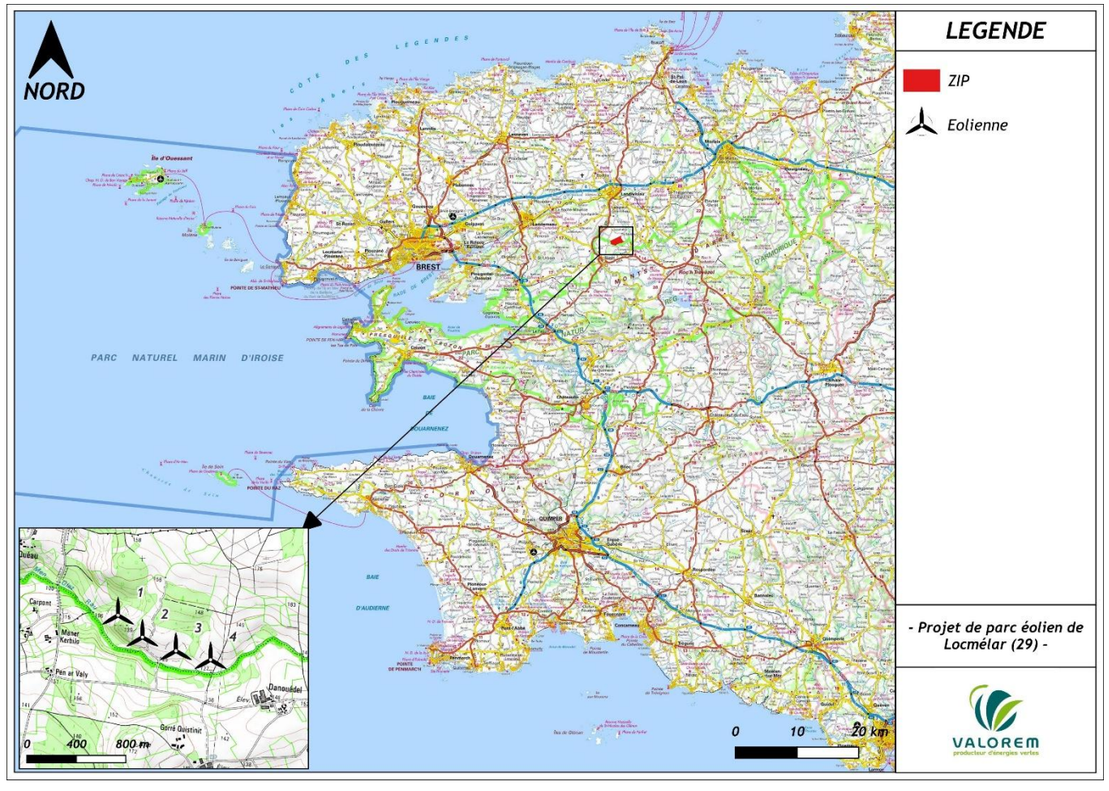
1 Résumé non technique

Cette partie constitue une synthèse de l'étude de dangers du dossier de Demande d'Autorisation d'Exploiter des Installations Classées pour la Protection de l'Environnement. (ICPE) Les informations détaillées sont contenues dans l'étude.

1.1 Environnement du site

Le projet de parc éolien de Locmélar, composé de 4 aérogénérateurs, est localisé sur la commune de Locmélar, membre de la Communauté de communes du Pays de Landivisiau, dans le département du Finistère. Ce site est localisé à environ 30 km à l'est de Brest, environ 25 km au sud-ouest de Morlaix.

La zone d'étude est localisée dans un paysage de semi-bocage. La zone d'étude est ainsi constituée majoritairement de terres agricoles et de quelques petits boisements. L'aire d'étude est également marquée par des routes, voies secondaires : routes départementales, routes communales, chemins, qui desservent des hameaux et lieux-dits présents sur le secteur d'étude.



Localisation du projet

1.2 Composition de l'installation

Les aérogénérateurs envisagés ne sont pas connus précisément (nom du fournisseur, puissance unitaire précise) à la date du dépôt du présent dossier. Cependant, les données de vent sur le site ainsi que les contraintes et servitudes ont permis de définir une enveloppe dimensionnelle maximale (gabarit) à laquelle répondront les aérogénérateurs qui seront installés sur les positions précises au préalable.

Ce gabarit correspond à des hauteurs maximales de 130 m en bout de pale et 83 m en haut de nacelle.

Le parc éolien de LOCMELAR Energies est composé de 4 aérogénérateurs et d'un poste de livraison. Le tableau suivant reprend les caractéristiques techniques générales du projet éolien dans sa globalité :

PARC EOLIEN DE LOCMELAR	
Hauteur maximal sommet de nacelle	83 m
Hauteur totale maximale (bout de pale)	130 m
Maître d'ouvrage	LOCMELAR ENERGIES
Bureaux d'études projet	VALOREM
Puissance totale maximale du parc (éolienne de 2,5 MW maximum)	10 MW
Production prévisionnelle	20 500 GWh/an
Montant total investissement estimé	15,75 M€

1.3 Analyse des risques

L'analyse des risques liés aux installations et équipements du site est basée sur un recensement des accidents possibles, sur de l'évaluation de leurs conséquences, de leur probabilité de se réaliser en prenant en compte les moyens de secours et de prévention adaptés notamment à la vitesse d'apparition de l'accident.

A l'issue de l'analyse détaillée des risques effectuée dans l'étude de dangers, les risques potentiels retenus pour les installations du site sont les suivants :

- Risques liés à l'effondrement de l'éolienne, la zone impactée correspondant à une surface dont le rayon est limité à la hauteur totale de l'éolienne en bout de pale ;
- Risques de projection d'objets et plus particulièrement de pales ou parties de pale avec une distance d'effet retenue de 500 mètres issue de l'accidentologie et d'études de risques ;
- Risque de projection de glace en période hivernale, la distance d'effet se calculant à l'aide d'une formule basée sur la hauteur et le diamètre de l'éolienne ;

- Risque de chute de morceaux de glace en période hivernale ou d'éléments d'éolienne, la zone impactée correspondant à la zone de survol des pales c'est-à-dire à un disque de rayon égal à un demi diamètre de rotor.

1.4 Evaluation des conséquences

L'examen de l'accidentologie et de l'analyse des risques permet de retenir des risques d'effondrement d'éoliennes, de chute et de projection d'éléments (de l'éolienne ou de glace). Le risque de projection de pales ou parties de pales apparaît comme le risque principal au niveau des installations.

Les catégories de scénarios retenus sont les suivants :

- **Effondrement de l'éolienne 1**
- **Chute de glace.....2**
- **Chute d'éléments de l'éolienne.....3**
- **Projection de tout ou une partie de pale 4**
- **Projection de glace 5**

Le tableau suivant récapitule, pour chaque événement redouté central retenu, les paramètres de risques : la cinétique, l'intensité, la gravité et la probabilité. Le tableau regroupe les éoliennes du parc éolien de Locmélar, qui ont toutes 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.

PARC EOLIEN DE LOCMELAR					
Scénario	**Zone d'effet**	**Cinétique**	**Intensité**	**Probabilité**	**Gravité**
1 Effondrement de l'éolienne	Disque dont le rayon correspond à une hauteur totale de la machine en bout de pale	Rapide	Exposition modérée	D	Modérée
2 Chute de glace	Zone de survol	Rapide	Exposition modérée	A	Modérée
3 Chute d'élément de l'éolienne	Zone de survol	Rapide	Exposition modérée	C	Modérée
4 Projection de pales	500 m autour de l'éolienne	Rapide	Exposition modérée	D	Sérieuse (E1 à E3) Importante (E4)
5 Projection de glace	1,5 x (H + 2R) autour de l'éolienne	Rapide	Exposition modérée	B	Sérieuse

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

Conséquence	Classe de Probabilité				
	E	D	C	B	A
Désastreux					
Catastrophique					
Importante		4 (E4)			
Sérieuse		4 (E1, E2, E3)		5	
Modérée		1	3		2

Légende de la matrice

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

1.5 Evaluation de la probabilité - gravité - cinétique

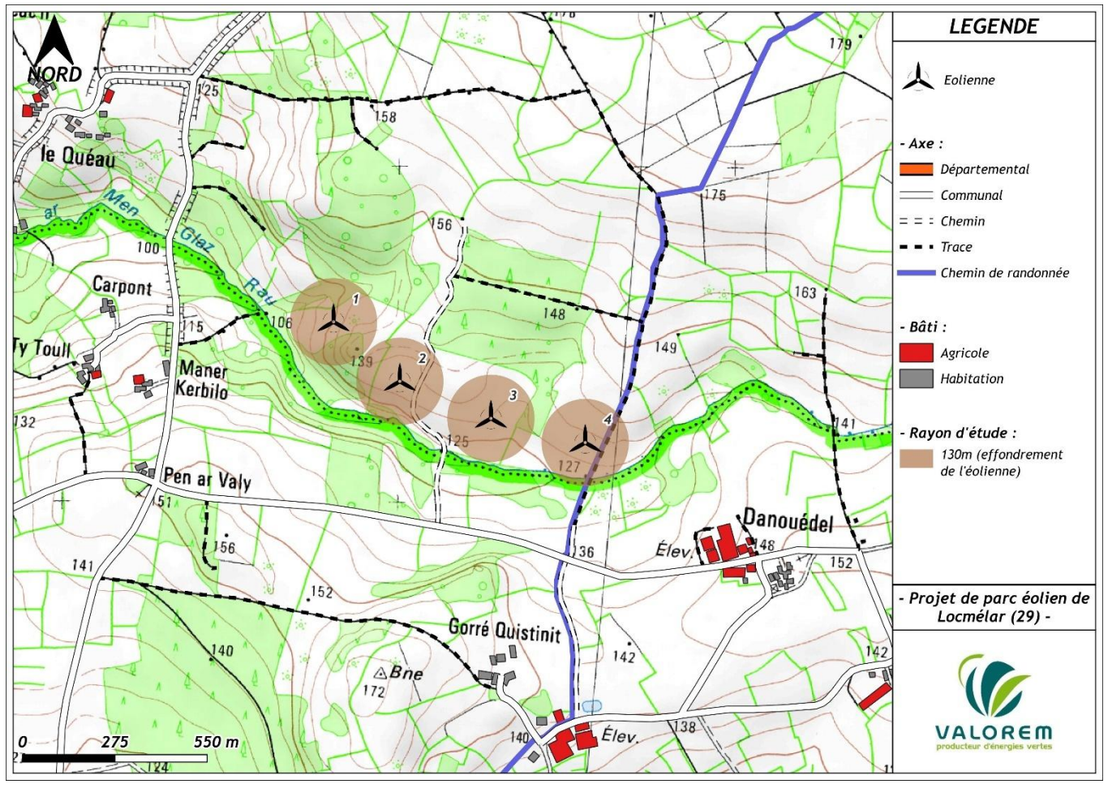
L'étude de dangers a mis en évidence que les risques associés aux scénarios étudiés sont modérés, sérieux voir importants, compte tenu des mesures de maîtrise du risque (moyens de prévention et de protection) mis en œuvre.

Il apparaît au regard de la matrice ainsi complétée que :

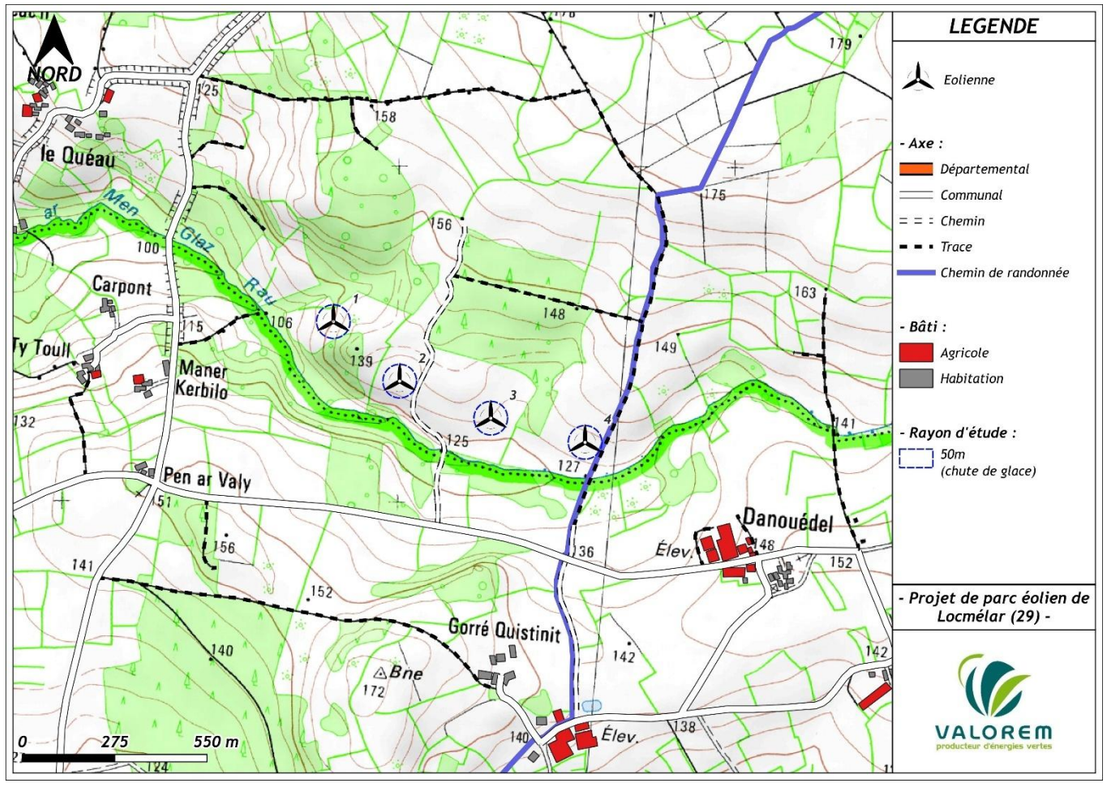
- **aucun accident n'apparaît dans les cases rouges de la matrice**
- **certains accidents figurent en case jaune. Pour ces accidents, il convient de souligner que les fonctions de sécurité détaillées dans la partie 9.6 de l'étude de dangers sont mises en place.**

D'après la matrice de criticité et les mesures de maîtrise des risques mises en place, on peut conclure que pour le parc éolien de Locmélar, les risques analysés sont minimes pour les personnes.

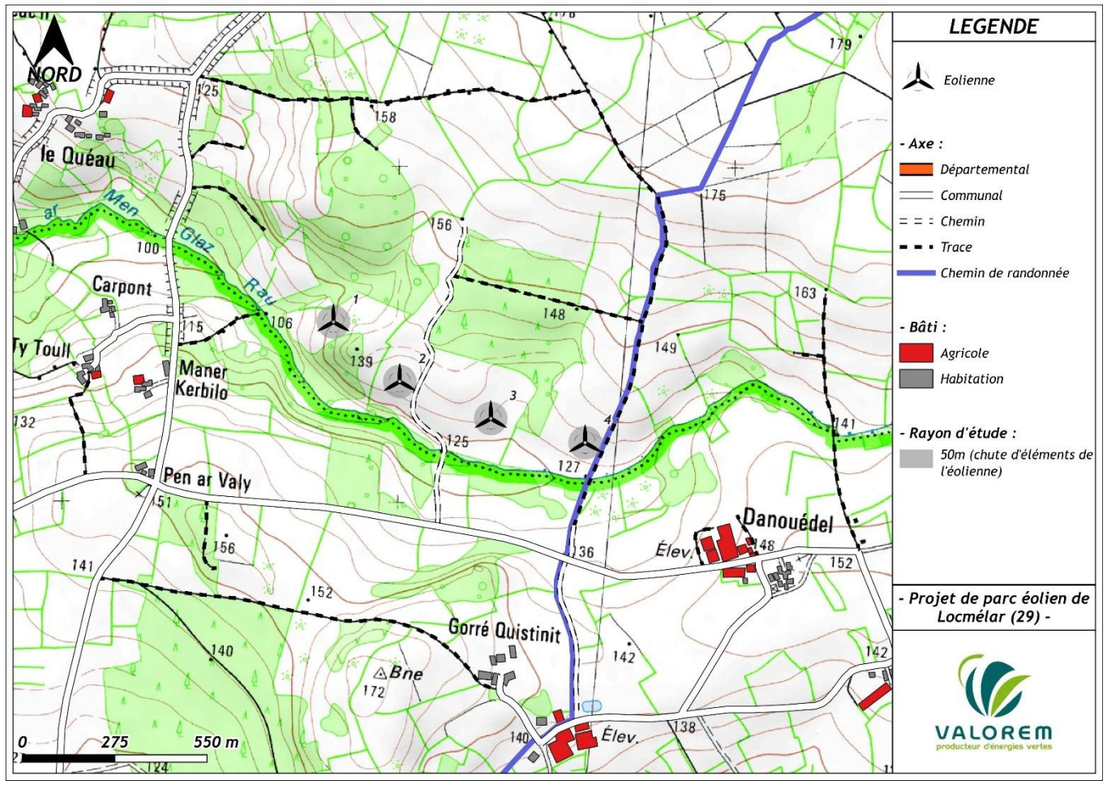
Des cartographies représentant les distances d'effets de projection et de chute d'éléments et d'effondrement des éoliennes sont présentées ci-après, les pistes piétonnes y étant représentées par des pointillés nommés « trace » dans la légende



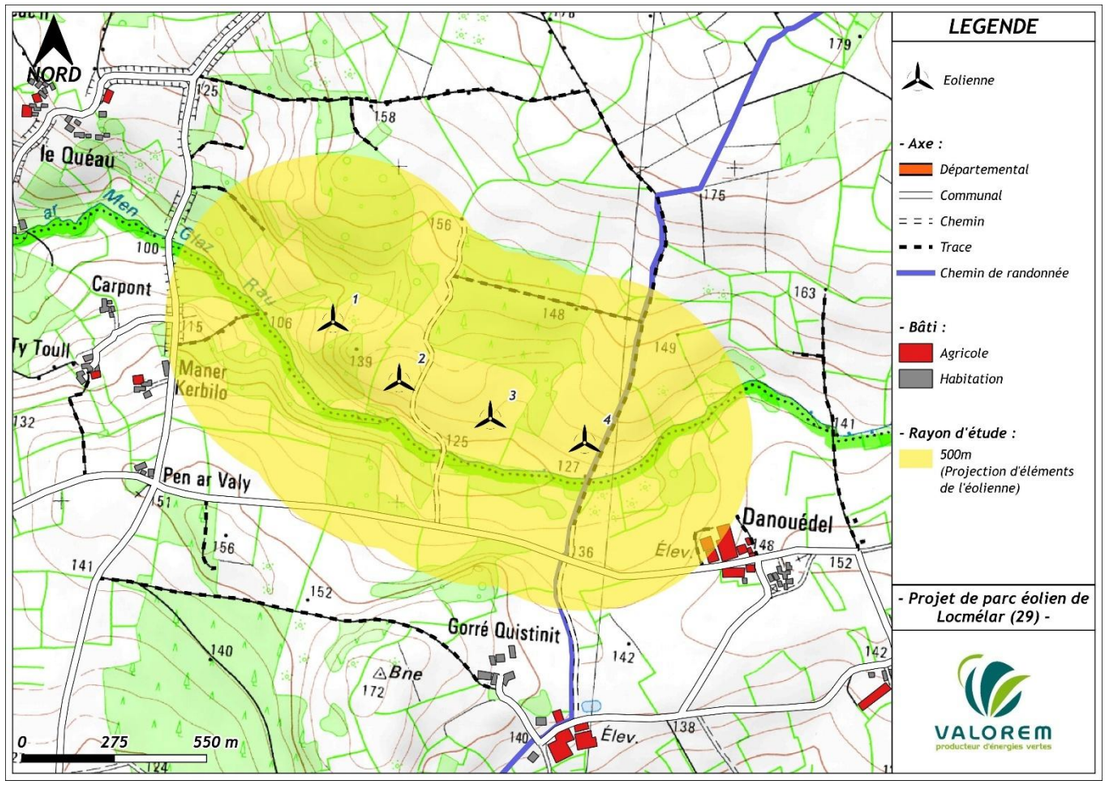
Zone d'effet du phénomène « Effondrement de l'éolienne »



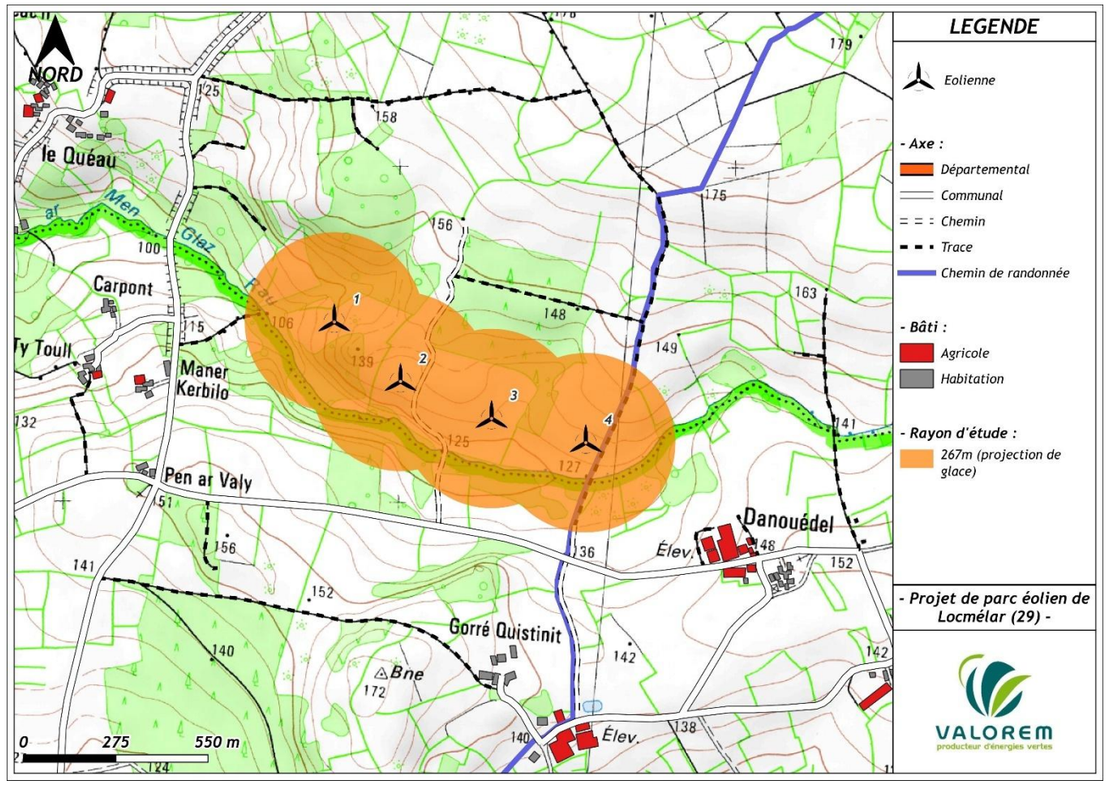
Zones d'effet du phénomène « Chute de glace »



Zone d'effet du phénomène « Chute d'éléments de l'éolienne »



Zone d'effet du phénomène « Projection de pales ou de fragments de pales »



Zone d'effet du phénomène « Projection de glace »

1.6 Mesure de maitrise de risque

1.6.1 Description des moyens techniques

Pour chaque éolienne, suite à des sondages géotechniques, les fondations seront dimensionnées pour supporter les charges fournies par le constructeur. Des contrôles seront réalisés dans les usines de fabrication des pièces (mât, pales…) puis au cours des différentes étapes de réalisation des fondations de l'assemblage des pièces des éoliennes.

Conformément à l'arrêté du 26 août 2011 modifié par arrêté du 22 juin 2020, avant la mise en service industrielle d'un aérogénérateur, l'exploitant réalise des essais permettant de s'assurer du bon fonctionnement de l'ensemble des équipements mobilisés pour mettre l'aérogénérateur en sécurité. Ces essais comprennent : un arrêt ; un arrêt d'urgence ; un arrêt depuis un régime de survitesse ou depuis une simulation de ce régime. Suivant une périodicité qui ne peut excéder 1 an, l'exploitant réalise des tests pour vérifier l'état fonctionnel des équipements de mise à l'arrêt, de mise à l'arrêt d'urgence et de mise à l'arrêt depuis un régime de survitesse en application des préconisations du constructeur de l'aérogénérateur. Les résultats de ces tests sont consignés dans le registre de maintenance visé à l'article 19 dudit arrêté. Avant la mise en service industrielle des aérogénérateurs et des équipements connexes, les installations électriques visées à l'article 10 sont contrôlées par une personne compétente. Par ailleurs elles sont entretenues, elles sont maintenues en bon état et elles sont contrôlées à fréquence annuelle après leur installation ou leur modification. L'objet et l'étendue des vérifications des installations électriques ainsi que le contenu des rapports de contrôle sont fixés par l'arrêté du 10 octobre 2000 et actualisé par l'arrêté de 22 juin 2020. Les rapports de contrôle des installations électriques sont annexés au registre de maintenance.

Trois mois, puis un an après leur mise en service industrielle, puis suivant une périodicité qui ne peut excéder trois ans, un contrôle des brides de fixations, des brides de mât, de la fixation des pales et un contrôle visuel du mât de chaque aérogénérateur sera réalisé. Le contrôle de l'ensemble des brides et des fixations de chaque aérogénérateur peut être lissé sur trois ans tant que chaque bride respecte la périodicité de trois ans. Selon une périodicité définie en fonction des conditions météorologiques et qui ne peut excéder 6 mois, l'exploitant procède à un contrôle visuel des pales et des éléments susceptibles d'être endommagés, notamment par des impacts de foudre, au regard des limites de sécurité de fonctionnement et d'arrêt spécifiées dans les consignes établies en application (arrêté du 22 juin 2020).

Les éoliennes seront équipées de systèmes instrumentés de sécurité, de détecteurs et de systèmes de détection destinés à identifier tout fonctionnement anormal de l'installation, notamment en cas d'incendie, de perte d'intégrité d'un aérogénérateur ou d'entrée en survitesse. Une liste de ces équipements de sécurité, précisant leurs fonctionnalités, leurs fréquences de tests et les opérations de maintenance destinées à garantir leur efficacité dans le temps.

Dès la première année, un contrôle des équipements de sécurité sera effectué afin de s'assurer de leur bon fonctionnent.

Un manuel d'entretien de l'installation dans lequel est précisées la nature et les fréquences des opérations de maintenance qui doivent être effectuées afin d'assurer le bon fonctionnement de l'installation, ainsi que les modalités de réalisation des tests et des contrôles de sécurité sera tenu à jour.

L'exploitant tient à jour, pour son installation, un registre dans lequel sont consignées les opérations de maintenance qui ont été effectuées, leur nature, les défaillances constatées et les opérations préventives et correctives engagées.

En phase d'exploitation, les éoliennes seront dotées d'équipements de sécurité permettant de prévenir notamment des risques d'effondrements, projection de pales ou incendie :

- Un détecteur des vents forts par éolienne entraînant la mise à l'arrêt de l'éolienne en cas de vents forts ou tempêtes.
- Un détecteur de survitesse des pales entraînant la mise à l'arrêt de l'éolienne.
- Des capteurs de température sur des équipements au sein de l'éolienne.
- Un parafoudre avec mise à la terre pour chaque éolienne.
- Un système de détection incendie dans chaque éolienne reliée à une alarme transmise à la salle de commande contrôle et à un centre de télésurveillance par ligne GSM.

- Un capteur de température et d'hygrométrie sur chaque nacelle d'éolienne pour détecter les conditions favorables à la formation de glace et provoquant l'arrêt de l'éolienne le cas échéant.

1.6.2 Description des moyens d'intervention

Les personnels intervenants sur les éoliennes, tant pour leur montage, que pour leur maintenance, sont des personnels du turbinier ou de sociétés de maintenance spécialisées, formés au poste de travail et informés des risques présentés par l'activité. Le personnel a les habilitations électriques nécessaires. Des moyens de prévention contre les risques électriques, contre les risques de survitesse et contre la foudre sont des moyens de prévention contre le risque d'incendie (voir les équipements associés).

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

- les procédures d'arrêt d'urgence et de mise en sécurité de l'installation ;

- les limites de sécurité de fonctionnement et d'arrêt (notamment pour les défauts de structures des pales et du mât, pour les limites de fonctionnement des dispositifs de secours notamment les batteries, pour les défauts de serrages des brides) ;

- les précautions à prendre avec l'emploi et le stockage de produits incompatibles ;

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

- le cas échéant, les informations à transmettre aux services de secours externes (procédures à suivre par les personnels afin d'assurer l'accès à l'installation aux services d'incendie et de secours et de faciliter leur intervention).

Les consignes de sécurité indiquent également les mesures à mettre en œuvre afin de maintenir les installations en sécurité dans les situations suivantes : survitesse, conditions de gel, orages, tremblements de terre, haubans rompus ou relâchés, défaillance des freins, balourd du rotor, fixations détendues, défauts de lubrification, tempêtes de sables, incendie ou inondation.

Lors du déclenchement des alarmes incendie de la machine, une information est envoyée vers le constructeur et l'exploitant au centre de télésurveillance qui peut alerter les secours, mise à l'arrêt de la machine. Deux extincteurs sont situés à l'intérieur des éoliennes, dans la nacelle et au pied de celles-ci.

1.6.3 Description des moyens organisationnels

Le fonctionnement des éoliennes est surveillé en permanence grâce à des systèmes de conduite et de contrôle. Ce système permet de connaître les conditions climatiques, d'agir sur le fonctionnement des éoliennes et de contrôler les éléments mécaniques et électriques (notamment la régulation de la production de la génératrice et de la production électrique délivrée sur le réseau public, ainsi que la supervision de l'angle des pales).

En parallèle de ces systèmes de conduite et de contrôle, les éoliennes sont équipées de dispositifs de sécurité afin de détecter tout début de dysfonctionnement et de limiter les risques liés à ceux-ci. L'objectif est de pouvoir stopper le fonctionnement de l'éolienne en toute sécurité, même en cas de défaillance du système de contrôle.

Une gestion rigoureuse et respectueuse du site passera par un entretien méticuleux des lieux et des matériels : contrôles des fuites d'huile, lavages, graissages et vidanges avec récupération des huiles et autres produits polluants.

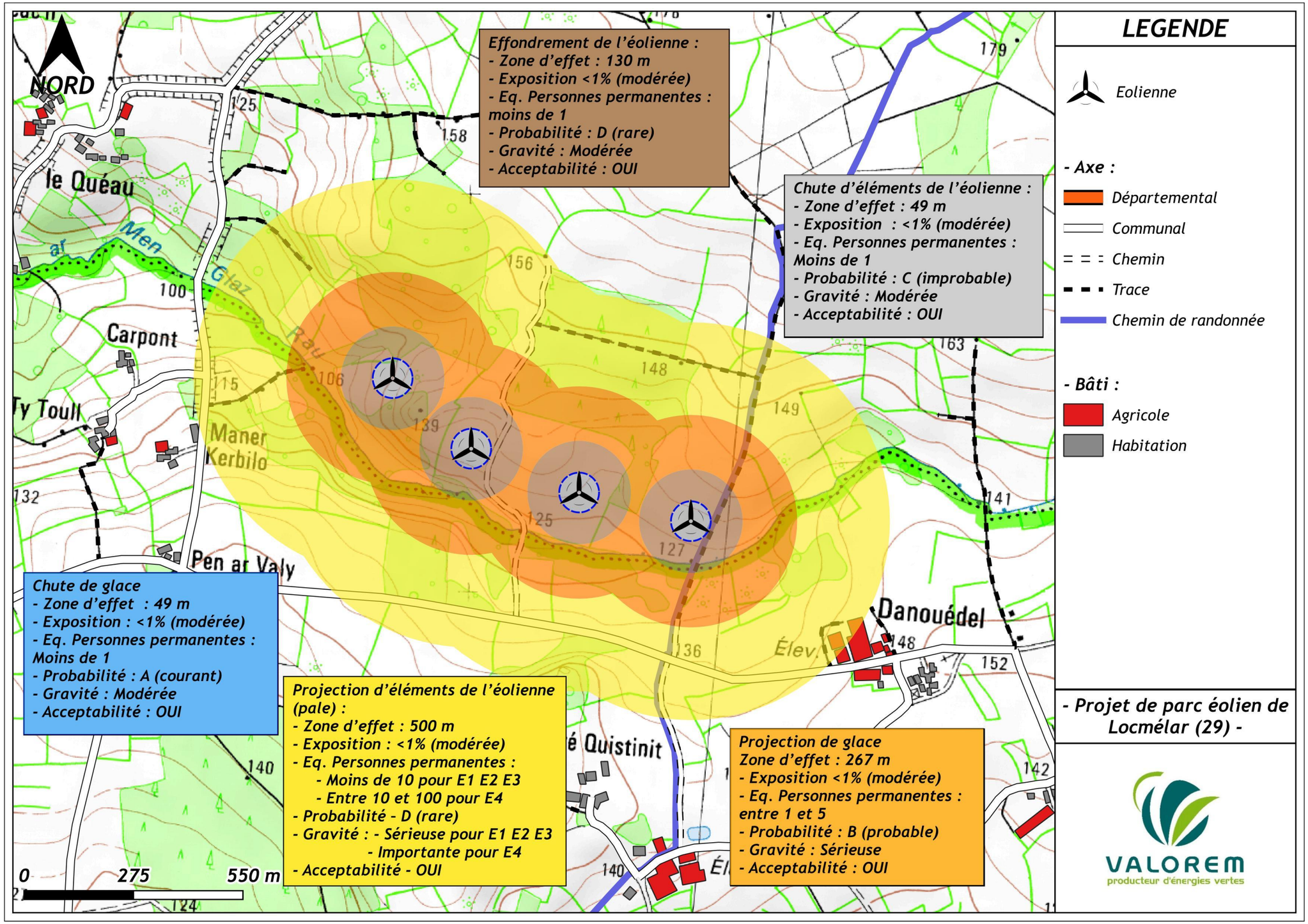
Parallèlement à cette maintenance permanente, une visite d'entretien s'effectue annuellement :

- vidange des fluides hydrauliques (les huiles usées sont récupérées et traitées ensuite dans des centres spécialisés),

- surveillance des points de graissage importants des aérogénérateurs (nettoyage et injection de graisse).

Les déchets non dangereux (définis à l'article R. 541-8 du code de l'environnement) et non souillés par des produits toxiques ou polluants sont récupérés, valorisés ou éliminés dans des installations autorisées.

La maintenance préventive et corrective sera réalisée selon les recommandations et les procédures établies par le constructeur, conformément aux obligations réglementaires applicables. Signalons qu'en dehors de l'entretien et de la maintenance des éoliennes, le maintien de la propreté des abords sera régulièrement assuré par la société d'exploitation du parc.



Cartographie de synthèse des risques

2 Préambule

2.1 Objectif de l'étude de dangers

La présente étude de dangers a pour objet de rendre compte de l'examen effectué par LOCMÉLAR ENERGIES pour caractériser, analyser, évaluer, prévenir et réduire les risques du parc éolien de Locmélar, 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 Locmélar. 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 Locmélar, 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.

Cette étude de dangers est construite sur la base des recommandations du guide technique SER-FEE/INERIS de mai 2012 « Elaboration de l'étude dangers dans le cadre des parcs éoliens ».

2.2 Contexte législatif et réglementaire

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

L'arrêté du 29 septembre 2005 relatif à l'évaluation et à la prise en compte de la probabilité d'occurrence, de la cinétique, de l'intensité des effets et de la gravité des conséquences des accidents potentiels dans les études de dangers des installations classés soumises à autorisation fournit un cadre méthodologique pour les évaluations des scénarios d'accidents 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 font 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.

L'article D181-15-2 alinéa III précise que « le contenu de l'étude de dangers doit être en relation avec l'importance des risques engendrés par l'installation, compte tenu de son environnement et de la vulnérabilité des intérêts mentionnés à l'article L. 181-3.

Cette étude précise, notamment, la nature et l'organisation des moyens de secours dont le pétitionnaire dispose ou dont il s'est assuré le concours en vue de combattre les effets d'un éventuel sinistre. Dans le cas des installations figurant sur la liste prévue à l'article L. 515-8, le pétitionnaire doit fournir les éléments indispensables pour l'élaboration par les autorités publiques d'un plan particulier d'intervention.

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

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

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

2.3 Nomenclature des installations classées

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

N°	A - Nomenclature des installations classées		
	Désignation de la rubrique	**A, E, D, S, C (1)**	**Rayon (2)**
2980	Installation terrestre de production d'électricité à partir de l'énergie mécanique du vent (ensemble des aérogénérateurs d'un site) 1. Comprenant au moins un aérogénérateur dont le mât a une hauteur supérieure ou égale à 50 m 2. Comprenant uniquement des aérogénérateurs dont le mât a une hauteur inférieure à 50 m et au moins un aérogénérateur dont le mât a une hauteur maximale supérieure ou égale à 12 m et pour une puissance totale installée a) supérieure ou égale à 20 MW..... b) inférieure à 20 MW.....	A A D	6 6

Le parc éolien de Locmélar comprend au moins un aérogénérateur dont le mât a une hauteur supérieure ou égale à 50 mètres : 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.

2.4 Identité du rédacteur de l'étude de dangers

L'étude de dangers du parc éolien de Locmélar a été conduite et rédigée par la société VALOREM pour le compte de la société de projet LOCMÉLAR ENERGIES :

Tatiana SEVERIN, Chargée d'études Environnement - Rédaction

Elodie VALLEREY, Cheffe de projets – Relecture

Juliette VERDIER, Coordonnatrice du pôle développement du service environnement- Validation

3 Informations générales concernant l'installation

3.1 Renseignements administratifs

3.1.1 Identité du porteur de projet

Dénomination ou raison sociale : LOCMÉLAR ENERGIES

Forme juridique : SAS, société par actions simplifiée

Adresse du siège social : 213, cours Victor Hugo – 33 130 BEGLES

Noms, prénoms et qualité du signataire de la demande pour VALOREM :

Jean-Yves GRANDIDIER : Président de la société AVENTO HOLDING

AVENTO HOLDING Président de VALOREM

Ou Monsieur Bertrand GUIDEZ, Directeur général adjoint VALOREM mandaté par LOCMELAR ENERGIES.

N° SIRET : 930 854 682 (R.C.S. BORDEAUX)

APE : 35.11Z Production d'électricité

Capital social : 1 000 €

Dans le cas de LOCMELAR ENERGIES, les 4 éoliennes et le poste de livraison sont rattachés à l'établissement portant le SIRET 930 854 682 (R.C.S. BORDEAUX), pour une puissance installée de 10 MW maximum.

3.1.2 Identité de l'exploitant du parc

La société de projet confiera l'exploitation du parc à l'entreprise VALEMO.

Dénomination sociale : VALEMO

Forme juridique : Société par actions simplifiée à associé unique

Adresse du siège social : 213, Cours Victor Hugo, 33 323 BEGLES CEDEX

Date d'immatriculation : 02/01/2006

N° SIRET : 487 803 777 00035

APE : 71.12B Ingénierie, études techniques

Capital social : 400 000,00 euros

Président : VALOREM

Directeur Général : Frédéric PREVOST

VALEMO est une société filiale à 100 % de la société mère VALOREM.

3.1.3 Identité de la société mère

La société de projet LOCMELAR ENERGIES est détenue par trois actionnaires :

- VALOREM : 60 %
- SEML Energies en Finistère : 30 %
- Commune de Locmélar : 10 %

• Dénomination sociale : VALOREM

Forme juridique : Société par Action Simplifiée (SAS)

Adresse du siège social : 213, Cours Victor Hugo, 33 323 BEGLES

Date d'immatriculation : 12/07/1994

N° SIRET : 395 388 739 00108

APE : 7112B – ingénierie, études techniques

Capital social : 11 236 100,00 €

Président : AVENTO HOLDING

Directrice Générale : Corentin SIVY

• Dénomination sociale : SEML Energies en Finistère

Forme juridique : SA d'économie mixte à conseil d'administration

Adresse du siège social : 9 Allée SULLY, 29000 QUIMPER

Date d'immatriculation : 01/06/2018

N° SIRET : 839 362 415 00011

APE : 35.11Z (Production d'électricité)

Capital social : 11 000 000,00 €

Président : SYNDICAT DEPARTEMENTAL D'ENERGIE ET D'EQUIPEMENT DU FINISTERE (SDEF)

• Dénomination sociale : Commune de Locmélar

Forme juridique : Commune et commune nouvelle

Adresse du siège social : 1 PLACE SAINT MELAR, 29400 LOCMELAR

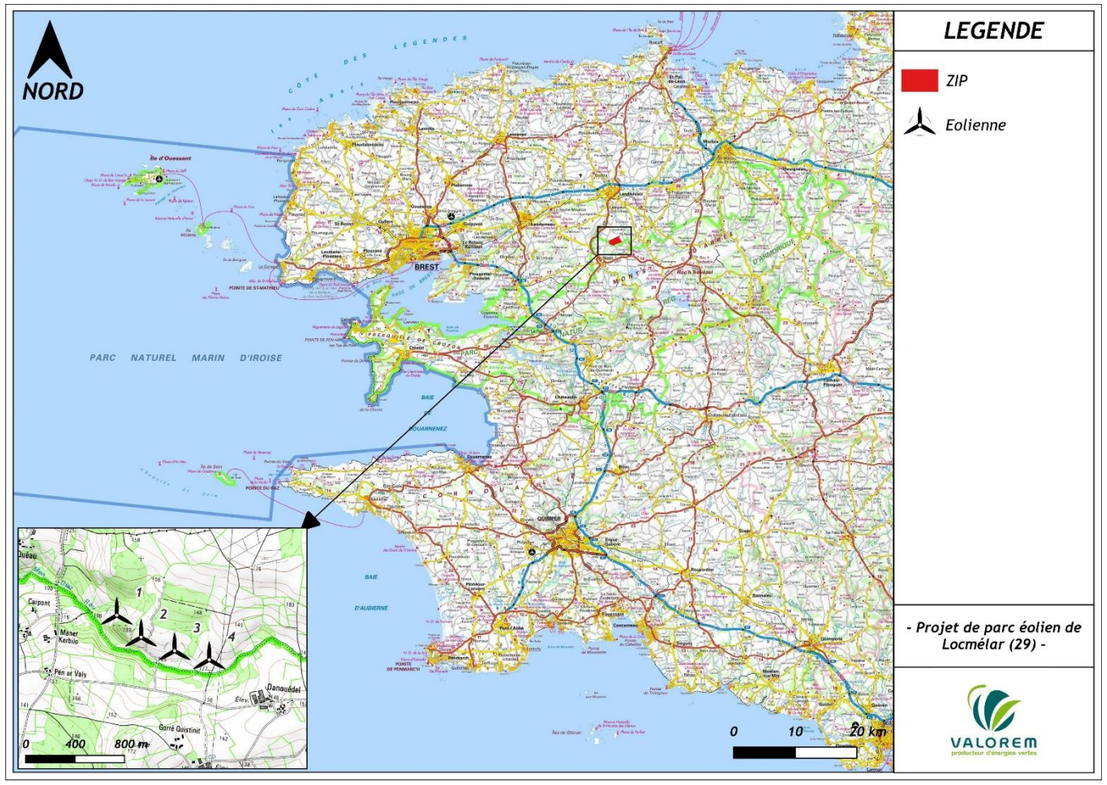
N° SIRET : 212 901 318 00015

APE : 84.11Z (Administration publique générale)

Numéro de TVA : FR94212901318

3.2 Localisation du site

Le projet de parc éolien de Locmélar, composé de 4 aérogénérateurs, est localisé sur la commune de Locmélar, membre de la Communauté de communes du Pays de Landivisiau. Ce site est localisé à environ 30 km à l'est de Brest, et à environ 25 km au sud-ouest de Morlaix.



Localisation du projet

3.3 Définition de l'aire d'étude

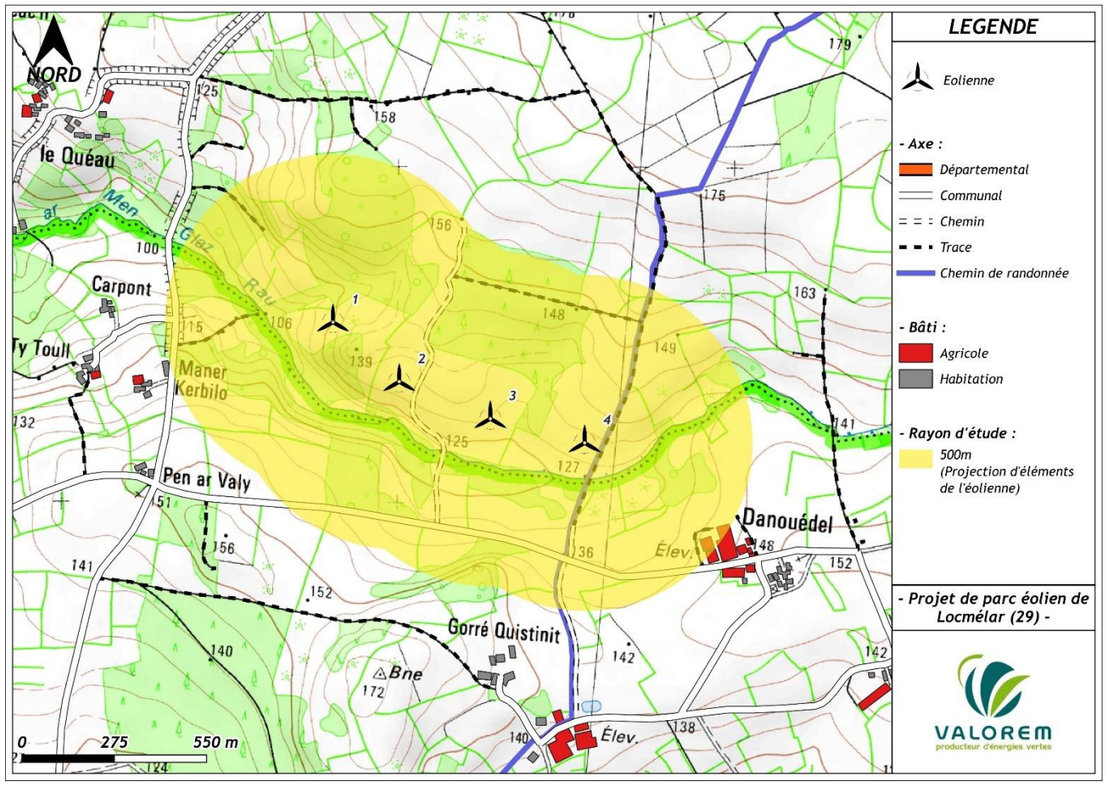
Compte tenu des spécificités de l'organisation spatiale d'un parc éolien, composé de plusieurs éléments disjoints, la zone sur laquelle porte l'étude de dangers est constituée d'une aire d'étude par éolienne.

Chaque aire d'étude correspond à l'ensemble des points situés à une distance inférieure ou égale à 500 mètres à partir de l'emprise du mât de l'aérogénérateur. Cette distance équivaut à la distance d'effet retenue pour les phénomènes de projection.

La zone d'étude n'intègre pas les environs du poste de livraison électrique (PDL). Les expertises réalisées dans le cadre du guide INERIS/SER-FEE de mai 2012 ont en effet montré l'absence d'effet à l'extérieur du poste de transformation pour chacun des phénomènes dangereux potentiels pouvant l'affecter. Les ouvrages appartenant au réseau public de distribution ne seront pas traités ici.

Dans le cas du parc éolien de Locmélar, l'aire d'étude de l'étude de dangers est en grande partie englobée dans les Zones d'Implantation Potentielles (ZIP) des éoliennes, correspondant à l'aire d'étude immédiate de l'étude d'impact sur l'environnement.

Cette superposition des aires d'étude permet ainsi d'extraire de l'étude d'impact de nombreuses informations sur l'environnement décrit dans l'aire d'étude immédiate.



Aire d'étude de l'étude de dangers du parc éolien de Locmélar

4 Description de l'environnement de l'installation

Les informations présentées dans ce chapitre sont extraites de l'étude d'impact sur l'environnement du projet.

4.1 Environnement physique et naturel

Thème	Sous-thème	Enjeu identifié	Niveau d'enjeu	Recommandation d'implantation
MILIEU PHYSIQUE	Relief	La commune de Locmélar est intégrée dans le Pays de Léon. Plus précisément, elle se situe au pied des Monts d'Arrée, qui sont caractérisés par un relief accidenté permettant l'ouverture sur des vues lointaines et des panoramas. Elle se caractérise par des altitudes variant de 116 à 183 m avec une pente moyenne de 4%, pouvant atteindre 24%, orientée du nord-est vers le sud-ouest.	MODÉRÉ	/
	Hydrographie	La zone d'implantation potentielle des éoliennes dépend du SDAGE Loire-Bretagne 2022-2027, et du SAGE du bassin de l'Elorn révisé en 2016. Le ruisseau Dour ar Men Glaz et 3 de ses affluents sont présents sur ou en limite de la ZIP. Aucun cours d'eau important ne se situe au sein de l'aire d'étude immédiate.	MODÉRÉ	/
	Géologie	Au droit du projet, les formations rencontrées sont principalement celles des schistes et quartzites de Plougastel (Pridoli-Lochkovien). Dans un temps géologique plus ou moins long, le relief et les failles du territoire rendent plausible un rejeu néotectonique. Toutefois, il est à noter que le projet se trouve en zone de sismicité faible. Le secteur d'étude du projet est situé principalement sur des sols de types Brunisols. Aucune carrière, en activité ou fermée, ne se situe sur l'emprise du projet.	FAIBLE	/
	Hydrogéologie et usage de l'eau	Une nappe est présente dans le sous-sol au droit du site du projet. Une extrapolation des données piézométriques à proximité ont permis d'établir que cette nappe serait affleurante en limite sud-ouest de la ZIP, au niveau du ruisseau Dour ar Men Glaz, et qu'elle se situerait à environ 10 m de profondeur au nord-est de la ZIP. La ZIP se situe en dehors d'un éventuel périmètre de protection de captage	MODÉRÉ	Prendre les mesures nécessaires pour protéger la nappe contre le risque de pollution.
	Risques naturels	La zone d'implantation potentielle des éoliennes s'inscrit globalement en dehors des principaux risques naturels du territoire (inondation, mouvement de terrain). Elle est cependant concernée par débordements de nappe et inondations de caves (aléa modéré) et présente un aléa moyen au risque incendie	MODÉRÉ	Le projet éolien sera tenu de prendre en compte ces risques lors de sa conception. Eviter l'implantation d'éoliennes sur les zones potentiellement sujettes aux débordements de nappe.
	Climatologie	La ZIP se situe dans la région climatique Finistère nord qui est caractérisée par une climat océanique marquée une pluviométrie élevée, des températures douces en hiver, fraîches en été et des vents forts. Le projet se trouve en zone pouvant subir de fortes rafales de vent lors des tempêtes exceptionnelles.	MODÉRÉ	Les systèmes constructifs des éoliennes sont adaptés à l'environnement climatique du secteur et aux phénomènes climatiques plus exceptionnels. Aucune adaptation du projet n'est nécessaire.
	Qualité de l'air	La qualité de l'air sur le secteur d'étude est conforme aux valeurs limites pour l'ensemble de polluants réglementés et pour les métaux lourds.	TRÈS FAIBLE	L'implantation d'éoliennes contribue à la production d'énergie propre sans émissions de polluants. Aucune adaptation du projet n'est nécessaire. Des mesures devront être envisagées en phase chantier pour éviter l'émission de poussières.
	Potentiel éolien	Les caractéristiques climatiques du secteur d'étude sont ainsi favorables à l'exploitation de la ressource en vent et donc au développement d'un projet de parc éolien.	POSITIF	Valoriser la ressource en vent en optimisant l'implantation des éoliennes perpendiculairement au sens du vent et en recherchant un rendement énergétique maximum.

4.2 Environnement humain

Thème	Sous-thème	Enjeu identifié	Niveau d'enjeu	Recommandation d'implantation
MILIEU HUMAIN	Population et habitat	L'aire d'étude immédiate est située dans un contexte rural à habitat dispersé. Sur la période 1968 - 2021, la commune de Locmélar a connu une augmentation globale de sa population. L'évolution de la population de Locmélar apparaît dépendante des arrivées et départs sur le territoire. Le solde naturel assure toutefois une stabilité permettant une croissance régulière de la population. L'emprise du projet se situe à proximité de bâtiments à usage résidentiel, à un peu plus de 500 m.	MODÉRÉ	/
	Voies de communication	Le secteur de ZIP est accessible par des chemins communaux, notamment depuis la commune voisine de Sizun. La route départementale la plus proche est la D18 située à environ 1,5 km à l'est de la ZIP. Le GR de Pays des Monts d'Arrée (anciennement GR380) passe par la ZIP, ainsi que le circuit de randonnée de Pen ar Prat.	FORT	
	Ambiance acoustique	Les niveaux sont globalement compris entre 19 et 46 dB(A) la nuit et entre 35 et 51 dB(A) le jour, pour des vents compris entre 3 et 9 m/s à 10 m de hauteur.	MODÉRÉ	Eloigner au maximum les éoliennes des lieux de vie les plus proches de façon à respecter les seuils d'émergence.
	Activités économiques	Le secteur d'activité principale de la commune est le « commerce de gros et de détail, transports, hébergement et restauration ». En 2021, les emplois sont principalement liés à l'agriculture. Au niveau de la zone d'implantation potentielle et ses abords, seule l'activité agricole est recensée.	FAIBLE	/
	Agriculture	Locmélar est une commune rurale où l'agriculture représente une part importante de l'économie. Les cultures majoritairement représentées sont celles des céréales (blé tendre, maïs). De nombreuses prairies sont également présentes. On retrouve ces exploitations à proximité du secteur de projet. En 2020, Locmélar comptait 10 exploitations agricoles.	FAIBLE	Limiter les emprises sur les parcelles agricoles en optimisant la disposition des aménagements annexes aux éoliennes.
	Sylviculture	Des parcelles boisées ont été recensées au sein de la ZIP. Elles présentent certains enjeux pour la biodiversité, mais n'ont pas d'intérêt pour la sylviculture. Aucun espace boisé classé (EBC) n'a été répertorié.	FORT	
	Risques industriels et technologiques	L'aire d'étude immédiate ne fait pas l'objet de risques industriels ou technologiques recensés. L'ICPE la plus proche est située à 400 au sud de la ZIP.	TRÈS FAIBLE	/
	Urbanisme	La zone d'implantation potentielle au sud du projet est essentiellement localisée en zone non-constructible ZnC de la carte communale. Le SCoT du Syndicat Mixte du Léon est favorable à l'implantation d'éoliennes dans la mesure qu'elle respecte les intérêts de la protection des milieux écologiques, des paysages et de l'habitat.	NUL	Respecter au minimum le recul règlementaire de 500 m de toute construction à usage d'habitation et zones destinées à l'habitat (Arrêté du 26/08/2011 modifié).
	Servitudes	La zone d'implantation potentielle est localisée dans le couloir de protection de 2 km de part et d'autre de l'itinéraire de vol à vue (REACTEURS) de l'aérodrome de Landivisiau. Celui-ci doit pouvoir être utilisé de jour et de nuit à une hauteur de 457 mètres, tout en respectant une marge de franchissement d'obstacles de 150 mètres de jour et de 300 mètres de nuit.	FORT	Respecter le plafond aéronautique lors du choix du gabarit des éoliennes (hauteur maximum en bout de pale).
		La zone d'implantation potentielle ne se trouve pas à proximité de radars, de contraintes liées à l'aviation civile. Elle est cependant longée à l'ouest par un réseau hertzien FH 32 Ghz, non résolu de Bouygues Telecom	MODÉRÉ	/
		La ZIP se situe en dehors d'un éventuel périmètre de protection de captage d'alimentation en eau potable.	FAIBLE	
	Entités archéologiques	En raison de la présence de sites dans l'emprise de l'aire d'étude ou à sa proximité immédiate, le Préfet de Région sera susceptible de prescrire la réalisation d'un diagnostic archéologique préalable aux travaux envisagés	FAIBLE	Réalisation de prescriptions archéologiques préventives en cas d'aménagement sur la zone d'implantation potentielle sud.
	Contexte éolien	Le SCoT du Syndicat Mixte du Léon est favorable à l'implantation d'éoliennes dans la mesure qu'elle respecte les intérêts de la protection des milieux écologiques, des paysages et de l'habitat. Seul un parc est recensé au sein du territoire d'étude : le parc de Dirinon situé à plus de 15 km à l'ouest du projet.	FAIBLE	

4.3 Cartographie de synthèse

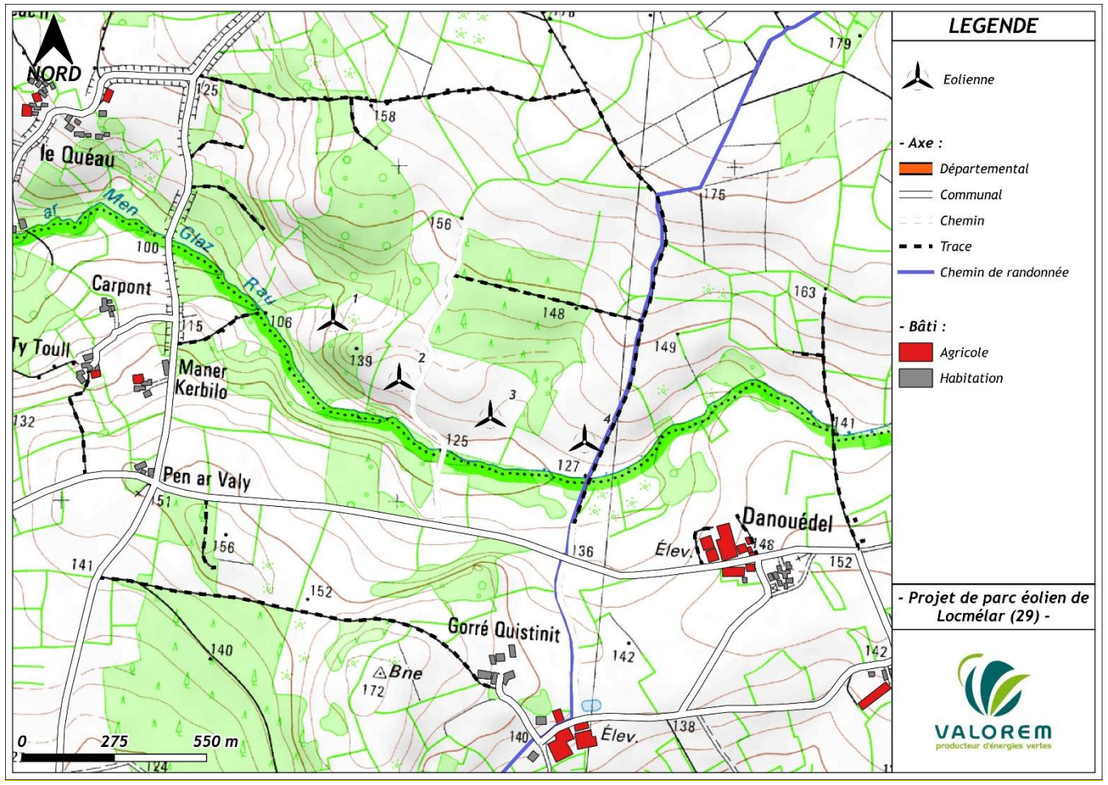
La carte ci-après permet d'identifier géographiquement les enjeux présents sur le site de Locmélar.

Les éléments à protéger dans la zone d'étude sont :

- La localisation du bâti avec la présence d'un bâtiment agricole à l'est de E4
- Les chemin et pistes d'accès, ainsi que le chemin de randonnée (« tracé ») à l'est de E4

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

- Terrains non aménagés et très peu fréquentés (champs, prairies, forêts, friches, marais...) : compter 1 personne par tranche de 100 hectares (ha).
- Terrains aménagés mais peu fréquentés (voies de circulation non structurantes, chemins agricoles, plateformes de stockage, vignes, jardins et zones horticoles, gares de triage...) : compter 1 personne par tranche de 10 hectares.
- Voies de circulation structurantes (dont le trafic est supérieur à 2000 véhicules par jour) : compter 0,4 personne permanente par kilomètre exposé par tranche de 100 véhicules par jour



Cartographie des principales contraintes liées aux axes et bâtis

5 Description de l'installation

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

5.1 Caractéristiques de l'installation

5.1.1 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) :

- Plusieurs éoliennes fixées sur une fondation adaptée, accompagnée d'une aire stabilisée appelée « plateforme » ou « aire de grutage ».
- Un réseau de câbles électriques HTA enterrés permettant d'évacuer l'électricité produite par chaque éolienne vers le ou les poste(s) de livraison électrique (appelé « réseau inter-éolien »).
- Un ou plusieurs poste(s) de livraison électrique, collectant l'énergie produite par les éoliennes et servant d'interface avec le réseau public de distribution.
- 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.

Nota Bene : Selon la réglementation, une installation soumise à la rubrique 2980 des installations classées correspond à un parc éolien exploité par un seul et même exploitant. Dans un souci de simplification, nous emploierons indifféremment les termes « parc éolien » ou « installation » dans le présent document.

❖ **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, modifié par l'arrêté du 22 juin 2020, les aérogénérateurs (ou éoliennes) sont définis comme un dispositif mécanique destiné à convertir l'énergie du vent en électricité, composé des principaux éléments suivants : un mât, une nacelle, le rotor auquel sont fixées les pales, ainsi que, le cas échéant, un transformateur.

Les aérogénérateurs se composent de trois principaux éléments :

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

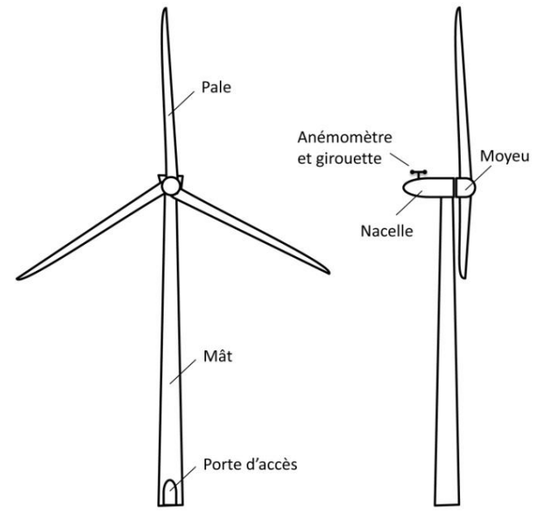


Schéma simplifié d'un aérogénérateur

❖ **Emprise au sol**

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

- La surface de chantier est une surface temporaire, durant la phase de construction, destinée aux manœuvres des engins et au stockage au sol des éléments constitutifs des éoliennes.

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

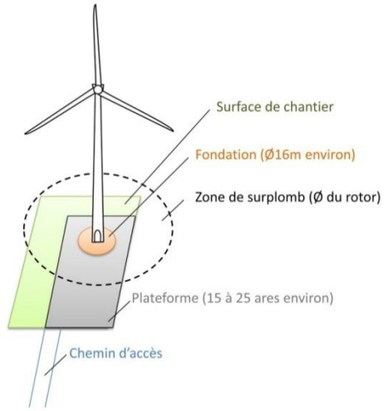


Illustration des emprises au sol d'une éolienne

(Les dimensions sont données à titre d'illustration pour une éolienne d'environ 150 m de hauteur totale)

❖ **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 construction 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 constituants les éoliennes et leurs annexes.

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

5.1.2 Activité de l'installation

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

5.1.3 Composition de l'installation

Les aérogénérateurs envisagés ne sont pas connus précisément (nom du fournisseur, puissance unitaire précise) à la date du dépôt du présent dossier. Cependant, les données de vent sur le site ainsi que les contraintes et servitudes ont permis de définir une enveloppe dimensionnelle maximale (gabarit) à laquelle répondront les aérogénérateurs qui seront installés sur les positions précises au préalable.

Ce gabarit correspond à une hauteur maximale de 130 m en bout de pale et de 83 m en haut de nacelle.

Le parc éolien de Locmélar est composé de 4 aérogénérateurs et d'un poste de livraison.

Le tableau suivant reprend les caractéristiques techniques générales du projet éolien dans sa globalité :

PARC EOLIEN DE LOCMELAR	
Hauteur maximal sommet de nacelle	83 m
Hauteur totale maximale (bout de pale)	130 m
Maître d'ouvrage	LOCMELAR ENERGIES
Bureaux d'études projet	VALOREM
Puissance totale maximale du parc (éolienne de 2,5 MW maximum)	10 MW
Production prévisionnelle	20 500 GWh/an
Montant total investissement estimé	15,75 M€

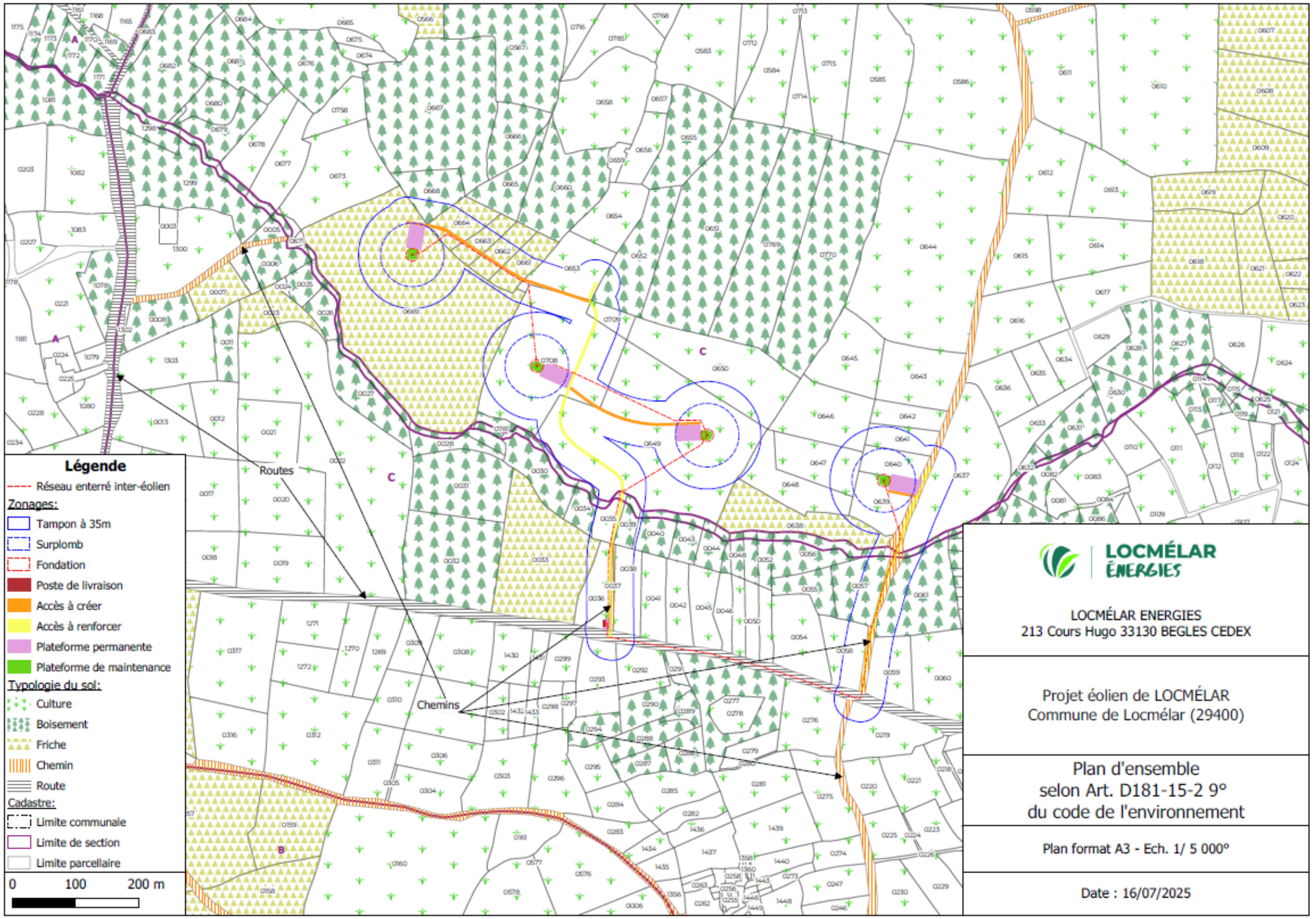
Le tableau suivant indique les coordonnées géographiques des aérogénérateurs dans le système de coordonnées, Lambert 93, Lambert II étendu et UTM WGS 84 :

Installation	Coordonnées en Lambert 93		Coordonnées en Lambert II Étendu		Coordonnées en WGS 84	
	X (m)	Y (m)	X (m)	Y (m)	Longitude (ouest)	Latitude (nord)
Eol 1	178065	6838178	126646	2400925	004°03'55.85''	48°26'00.92''
Eol 2	178263	6838001	126845	2400749	004°03'45.51''	48°25'55.78''
Eol 3	178534	6837891	127117	2400641	004°03'31.88''	48°25'53.01''
Eol 4	178815	6837819	127399	2400571	004°03'17.96''	48°25'51.50''
PDL	178371	6837590	126957	2400339	004°03'38.50''	48°25'42.83''

Coordonnées géographiques des éoliennes du parc éolien de Locmélar

Installation	Z (altitude NGF)	
	Pied de l'éolienne	Bout de pale maximum
Eol 1	126,7	256,7
Eol 2	132,6	262,6
Eol 3	130,2	260,2
Eol 4	132,8	262,8
PDL	132	135,3

Altitudes des éoliennes du parc éolien de Locmélar



L'implantation du projet éolien

6 Fonctionnement de l'installation

6.1 Principe de fonctionnement d'un aérogénérateur

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

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

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

Pour un aérogénérateur de 2,5 MW par exemple, la puissance électrique atteint 2 500 kW dès que le vent atteint environ 50 km/h. La génératrice délivre un courant alternatif en basse tension. Un transformateur permet ensuite d'élever la tension à celle du réseau public de distribution en HTA.

Lorsque la mesure de vent, indiquée par l'anémomètre, atteint des vitesses de plus de 100 km/h (variable selon le type d'éoliennes), l'éolienne cesse de fonctionner pour des raisons de sécurité. Deux systèmes de freinage permettront d'assurer la sécurité de l'éolienne :

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

Le fonctionnement d'un parc éolien est présenté dans l'étude d'impact, notamment dans le « Chapitre 1 – Présentation du site » qui consacrent 5 paragraphes à la présentation des caractéristiques techniques du projet (éoliennes, postes de livraison ou armoire de coupure manuelle, raccordement des éoliennes au poste source par un réseau électrique enterré, phasage du chantier).

6.2 Sécurité de l'installation

Un modèle type d'éolienne est décrit dans ce chapitre et correspond aux critères techniques principaux retenus.

Le choix définitif des éoliennes (modèle et constructeur) sera fait dans cette gamme de matériel (taille, puissance, performance, aspect et production sonore) pour combiner un parc répondant à toutes les exigences de l'ensemble des études présentées dans ce dossier.

Les dimensions des éléments constituant l'éolienne choisie pourront s'écarter de celui de l'éolienne type sans dépasser toutefois la hauteur maximale de 130 mètres.

Le modèle d'éolienne retenu répondra à toutes les exigences de l'ensemble des études présentées dans ce dossier. Le type d'éolienne envisagé est issu de la gamme standard de différents constructeurs. On peut citer pour exemple les constructeurs d'éoliennes VESTAS, NORDEX, GAMESA, ENERCON, GENERAL ELECTRIC, SENVION, etc. La puissance unitaire maximale de chaque machine sera de 2,5 MW maximum.

Les caractéristiques des éoliennes qui seront implantées sur le site sont présentées dans les paragraphes suivants.

6.2.1 Système de sécurité contre la survitesse

Chaque éolienne est équipée d'un système de détection de fonctionnement anormal de l'installation, en cas d'entrée en survitesse de la machine.

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

Bien qu'une seule pale en drapeau (frein aérodynamique) suffise à stopper l'éolienne, cette dernière possède 3 freins aérodynamiques indépendants (un frein par pale).

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

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

6.2.2 Systèmes de sécurité contre le risque électrique

Les parties électriques de la turbine disposent de nombreux systèmes de protection.

Protection des systèmes électriques :

- Système de contrôle de la génératrice ;
- Refroidissement du générateur par un système forcé de circulation d'air ;
- Transformateurs de courant et relais de protection pour détecter les courants de défaut ;
- Disjoncteurs BT et HTA pour couper les courants de défaut ;
- Système de contrôle de la rotation de la nacelle pour éviter la torsion du câble électrique ;
- Mise à la terre du châssis et des équipements.

A noter que la turbine est une machine certifiée CE et dispose à ce titre d'un certificat de conformité CE.

6.2.3 Autres systèmes de sécurité

Balisage aéronef : Chaque éolienne est balisée avec un système visuel lumineux pour les aéronefs, conformément aux dispositions prises en application des articles L.6351-6 et L.6352-1 du Code des Transports et des articles R.243-1 et R.244-1 du Code de l'Aviation Civile. L'alimentation principale du balisage lumineux est donnée par le réseau électrique. En cas de panne, une armoire d'alimentation de secours est prévue au pied des éoliennes. Le circuit électronique du chargeur de batteries comporte des relais d'alarmes permettant de prévenir l'utilisateur de défauts pouvant survenir dans le fonctionnement du balisage, notamment en cas de coupure de l'alimentation générale ou encore de dysfonctionnement du chargeur. L'autonomie en cas de panne du réseau est au minimum de 12 heures.

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

Systèmes de refroidissement : La nacelle, le moyeu, le générateur et le transformateur sont refroidis par circulation d'air. L'huile de lubrification du multiplicateur et le liquide à base d'eau glycolée du convertisseur sont refroidis par un échangeur air/huile & air/eau situé sur le toit de la nacelle.

Equipement contre la foudre : Un paratonnerre est installé sur la nacelle. Les pales sont protégées par des tresses en cuivre qui font contact avec des balais au niveau des parties tournantes et acheminent le courant vers la terre. L'équipement électrique et hydraulique qui se trouve à l'intérieur du moyeu est entièrement protégé par la cage de Faraday du moyeu même. Le système de mise à la terre de la tour est assuré par un ensemble de câblettes de terres individuelles, intégrées dans les fondations et connecté à la barre de terre au bas de la tour conformément à l'arrêté du 26 août 2011 modifié.

Système de détection du givre : La commande de l'éolienne mesure, à l'aide de deux sondes de température indépendantes, la température de l'air sur la nacelle et en pied du mât, afin de détecter si les conditions sont propices à la formation de givre. Lorsque la température dépasse +2°C sur la nacelle, les rapports de fonctionnement spécifiques à l'éolienne (vent/puissance/angle des pales) sont identifiés comme étant des valeurs moyennes à long terme. Pour des températures inférieures à +2°C (conditions de givre), les données de fonctionnement mesurées sont comparées aux valeurs moyennes à long terme. Pour cela, une plage de tolérance, déterminée de manière empirique, est définie autour de la courbe de puissance et de la courbe d'angle de pale. Celle-ci se base sur des simulations, des essais et plusieurs années d'expérience sur un grand nombre d'éoliennes de types variés. Si les données de fonctionnement concernant la puissance ou l'angle de pale sont hors de la plage de tolérance, l'éolienne est stoppée.

6.2.4 Surveillance et procédures d'arrêt

Le système de contrôle général est composé de plusieurs processeurs.

Différents détecteurs mesurent certains paramètres qui sont surveillés par les microprocesseurs :

- Vitesse du vent ;
- Angle des pales ;
- Vitesse de rotation de l'arbre rapide et de l'arbre lent ;
- Température extérieure, intérieure et de certains équipements ;
- Vibration de la nacelle ;
- Pression d'huile hydraulique et d'huile de lubrification ;
- Détecteur de niveau bas dans les circuits liquides ;
- Détecteurs d'arc électrique dans le local transformateur et dans l'armoire du jeu de barres.

Une procédure de mise à l'arrêt de la machine est programmée par différentes actions : commande manuelle en pied de tour et détection d'anomalie par les microprocesseurs. La mise en défaut de l'un des paramètres induit la mise en sécurité (arrêt) de la machine.

Aucun personnel n'est affecté exclusivement à la surveillance permanente du site, toutefois un système de surveillance à distance du fonctionnement des éoliennes permet de prendre connaissance de toute anomalie du fonctionnement des installations.

Une équipe de maintenance est d'astreinte 7j/7 et intervient en cas de dysfonctionnement de l'éolienne notamment en cas de défaillance des capteurs. Les moyens de détections (capteurs redondants ou complémentaires) sont multiples et permettent donc de déduire un dysfonctionnement de ces derniers. La défaillance ainsi constatée par l'automatisme de la turbine, la met automatiquement à l'arrêt et l'équipe est prévenue.

L'intégralité des obligations qui incombent à l'exploitant (telles que citées dans l'arrêté ministériel du 26 août 2011 modifié) sont rétrocédés à l'opérateur de maintenance via un contrat. Des contrôles réguliers des installations sont effectués par les chargés d'exploitation, les chargés de maintenance et le correspondant local.

Les mesures envisagées afin de mettre en œuvre, en cas de fonctionnement anormal, les procédures d'arrêt d'urgence mentionnées aux articles 22 à 25 de l'arrêté ministériel du 26/08/2011 modifié dans un délai de soixante minutes sont les suivantes :

Dès l'entrée en mode anormal de la turbine, celle-ci se stoppe automatiquement et envoie une alerte aux opérateurs du turbinier et de l'exploitant.

- En cas de survitesse, la turbine se stoppe et l'information est relayée au niveau des deux opérateurs instantanément. L'exploitant, qui dispose au préalable des informations météo (prévision à 96 h), s'assure dans un délai de 15 minutes maximum que la turbine est à l'arrêt via l'outil informatique (SCADA) connecté avec le site. Dans le cas contraire, instantanément il a la possibilité de la mettre à l'arrêt manuellement depuis le centre de supervision et peut empêcher un redémarrage en automatique. Il prévient également une équipe de maintenance qui se rend sur site pour contrôler l'état de la turbine. Un redémarrage est envisageable si aucun disfonctionnement n'est constaté et si les conditions météo le permettent.

- En cas de départ de feu, la turbine se stoppe et l'information est relayée au niveau des deux opérateurs instantanément. L'exploitant, s'assure dans un délai de 15 minutes maximum que la turbine est déconnectée du réseau via l'outil informatique (SCADA) et lance l'alerte auprès des services de secours. Un périmètre de sécurité est mis en place par ces derniers et le représentant de l'exploitant (correspondante ou intervenant local) se rend sur site. Dans le cas contraire, instantanément il a la possibilité de la déconnecter du réseau depuis le centre de supervision. Il prévient également le centre de conduite du distributeur du réseau pour faciliter l'intervention des services de secours. La turbine n'est redémarrée qu'après le passage d'un expert habilité.

Nota : La prise en compte du risque d'incendie dans la nacelle lors d'une intervention est spécifiée dans le manuel d'évacuation et de sauvetage, de plus des manœuvres sont réalisées chaque année avec les services de secours (réalisation en commun des fiches réflexes).

6.2.5 Moyens de prévention et lutte contre l'incendie

Les personnels intervenants sur les éoliennes, tant pour leur montage, que pour leur maintenance, sont des personnels du turbinier ou de sociétés de maintenance spécialisée, formés au poste de travail et informés des risques présentés par l'activité.

Le personnel a les habilitations électriques nécessaires.

Des moyens de prévention contre les risques électriques, contre les risques de survitesse et contre la foudre sont des moyens de prévention contre le risque d'incendie (voir les équipements associés).

Lors du déclenchement des alarmes incendie de la machine, une information est envoyée vers le constructeur et l'exploitant au centre de télésurveillance qui peut alerter les secours, mise à l'arrêt de la machine.

Deux extincteurs sont situés à l'intérieur des éoliennes, dans la nacelle et au pied de celles-ci.

6.3 Garanties et conformité des machines

Les éoliennes qui seront installées seront des machines conformes à la directive 06/42/CE qui définit les objectifs ou "exigences essentielles" en matière de sécurité et de santé auxquels doivent répondre, lors de leur fabrication et avant leur mise sur le marché, les machines et les composants de sécurité.

Conformément à l'article 8 de l'arrêté du 26 août 2011 modifié, elles disposent d'un certificat de conformité aux dispositions de la norme NF EN 61 400-1 ou CEI 61 400-1 dans leur version en vigueur à la date du dépôt du dossier de demande d'autorisation environnementale (soit en octobre 2025) ou toute norme équivalente en vigueur dans l'Union européenne.

De plus, les installations électriques à l'intérieur de l'éolienne sont conformes aux dispositions de la directive européenne du 17 mai 2006 relative aux machines. Les installations électriques extérieures à l'éolienne sont conformes aux normes NFC 15-100, NFC 13-100 et NFC 13-200 dans leur version en vigueur à la date du dépôt du dossier de demande d'autorisation environnementale (soit en octobre 2025).

Enfin, un rapport de contrôle d'un organisme compétent atteste de la conformité de chaque aérogénérateur de l'installation avant leur mise en service industrielle. En outre l'exploitant dispose des justificatifs démontrant que chaque aérogénérateur de l'installation est conforme aux dispositions de l'article R. 111-38 du code de la construction et de l'habitation.

6.4 Conformité avec les prescriptions générales

Le parc éolien de Locmélar respecte la réglementation en vigueur en matière de sécurité en étant conforme aux prescriptions de l'arrêté ministériel relatif aux installations soumises à autorisation au titre de la rubrique 2980 des installations classées relatives à la sécurité de l'installation.

Les mesures préventives mises en place sur le parc éolien de Locmélar sont récapitulées dans le tableau ci-après. Les dispositions préventives constructives et organisationnelles suffisent à garantir un niveau de sécurité optimal à l'installation.

Mesures préventives	Description des mesures	Article de l'arrêté du 26 août 2011 modifié
Dispositions préventives constructives et organisationnelles	Respect des distances minimales d'éloignement (habitations ou zones destinées à l'habitation, immeubles à destination de bureaux, installation nucléaire de base, ICPE SEVESO, radars et aides à la navigation)	Articles 3, 4 et 5
	Respect des recommandations du SDIS (notamment en termes d'accès)	Article 7
	Utilisation de matériel aux normes	Articles 8, 9, 10 et 11
	Conformité de chaque aérogénérateur avant la mise en service industrielle	Article 8
	Protection contre la foudre et contrôle de l'installation	Article 9
	Protection contre les risques électriques et contrôle de l'installation	Article 10
	Contrôle du balisage aéronautique et alimentation de secours indépendante	Article 11
	Interdiction d'accès à toute personne sans motif de service	Article 13
	Identification de chaque éolienne	Article 14
	Consignes de sécurité affichées au niveau du chemin d'accès de chaque éolienne et sur les postes de livraison	Article 14
	Fonctionnement de l'installation assuré par un personnel compétent et formé	Article 15
	Essais avant la mise en service (arrêt, arrêt d'urgence, arrêt depuis un régime de survitesse)	Article 17
	Contrôles réguliers de différentes pièces de l'installation (brides, fixations, pales, systèmes instrumentés de sécurité …)	Article 18
	Consignes de sécurité établies et portées à la connaissance du personnel en charge de l'exploitation et la maintenance	Article 22
	Système de détection d'un incendie ou d'entrée en survitesse	Article 23
	Moyens d'extinction (deux extincteurs par éolienne au minimum : un au pied et un dans la nacelle, extincteur au niveau des postes de livraison) vérifiés annuellement	Article 24
	Procédure de détection ou de déduction de formation de glace sur les pales ; procédure de redémarrage suite à un arrêt	Article 25
	Girouette et anémomètres présents sur la nacelle des éoliennes	
	Deux systèmes de freinage : freinage par calage variable des pales et aérofreins (freinage aérodynamique) et freinage à disque à l'intérieur de la nacelle sur l'arbre de transmission	
	Système d'orientation de l'éolienne actif par moteur électrique	
Prévention automatique	Détection des dysfonctionnements par dispositif de sécurité afin de stopper l'éolienne en toute sécurité, même en cas de défaillance du système de contrôle	Articles 23 et 24
	Détection de la présence de givre sur les éoliennes en fonctionnement ou à l'arrêt.	Article 25

6.5 Opérations de maintenance de l'installation

Le parc éolien de Locmélar respecte la réglementation en vigueur en matière d'exploitation en étant conforme aux prescriptions de l'arrêté ministériel du 26 août 2011, modifié par arrêté du 22 juin 2020. Le planning de maintenance proposé est le suivant :

Trois mois, puis un an après la mise en service industrielle, puis suivant une périodicité qui ne peut excéder trois ans, l'exploitant procède à un contrôle de l'aérogénérateur consistant en un contrôle des brides de fixations, des brides de mât, de la fixation des pales et un contrôle visuel du mât. Selon une périodicité qui ne peut excéder un an, l'exploitant procède à un contrôle des systèmes instrumentés de sécurité. Le contrôle de l'ensemble des brides et des fixations de chaque aérogénérateur peut être lissé sur trois ans tant que chaque bride respecte la périodicité de trois ans.

Selon une périodicité définie en fonction des conditions météorologiques et qui ne peut excéder 6 mois, l'exploitant procède à un contrôle visuel des pales et des éléments susceptibles d'être endommagés, notamment par des impacts de foudre, au regard des limites de sécurité de fonctionnement et d'arrêt spécifiées dans les consignes de sécurité.

L'installation est équipée de systèmes instrumentés de sécurité, de détecteurs et de systèmes de détection destinés à identifier tout fonctionnement anormal de l'installation, notamment en cas d'incendie, de perte d'intégrité d'un aérogénérateur ou d'entrée en survitesse.

L'exploitant tient à jour la liste de ces équipements de sécurité, précisant leurs fonctionnalités, leurs fréquences de tests et les opérations de maintenance destinées à garantir leur efficacité dans le temps. Selon une fréquence qui ne peut excéder un an, l'exploitant procède au contrôle de ces équipements de sécurité afin de s'assurer de leur bon fonctionnent. La liste des équipements de sécurité ainsi que les résultats de l'ensemble des contrôles prévus par le présent article sont consignés dans le registre de maintenance.

Toutes les interventions seront réalisées par des personnels dûment habilités pour des interventions dans un milieu électrique conformément à la norme NFC 18-510 » Opération sur les ouvrages et installations électriques et dans un environnement électrique- Prévention du risque électrique » Cette norme sera rigoureusement appliquée afin de prévenir le risque électrique. Les mesures préventives sont en conformité avec les prescriptions générales :

Mesures préventives	Description des mesures	Article de l'arrêté du 26 août 2011 modifié
Dispositions préventives constructives et organisationnelles	Sensibilisation et formation du personnel	Article 15
	Contrôle régulier des installations	Article 18
	Maintenance préventive et registre des opérations effectuées	Article 19
	Elimination des déchets issus des opérations de maintenance par des filières agréées	Articles 20 et 21
Surveillance (humaine ou automatique)	Contrôle visuel des pales et éléments susceptibles d'être impactés par la foudre lors de la maintenance	Article 18
	Contrôle des systèmes instrumentés de sécurité	Article 18
	Surveillance permanente du fonctionnement des éoliennes par télésurveillance (système de conduite et de contrôle) : connaissance des conditions climatiques, contrôle des éléments mécaniques et électriques, actions sur le fonctionnement des éoliennes	Article 23
Prévention automatique	Détection des dysfonctionnements par dispositif de sécurité afin de stopper l'éolienne en toute sécurité, même en cas de défaillance du système de contrôle	Articles 23 et 24
	Détection de la présence de givre sur les éoliennes en fonctionnement ou à l'arrêt	Article 25

6.6 Stockage et flux de produits dangereux

Conformément à l'article 16 de l'arrêté du 26 août 2011 modifié, aucun produit dangereux ne sera stocké dans les éoliennes du parc éolien de Locmélar.

6.7 Conformité des équipements électriques de l'installation hors éolienne

6.7.1 Fonctionnement et description de l'installation

L'électricité est délivrée par la génératrice en basse tension, puis relevée en moyenne tension par un transformateur. Un tableau HTA situées en pied de mât permet de distribuer le courant sur le réseau inter-éolien. Ce tableau comporte un disjoncteur protégeant le transformateur et des interrupteurs sectionneurs permettant d'isoler les tronçons entre les éoliennes en cas de travaux.

Les postes de livraison ont pour fonction de collecter l'énergie électrique de chaque circuit HTA et servent d'interface entre le réseau public de distribution HTA et le réseau HTA privée de l'installation. Chaque poste de livraison est composé de plusieurs éléments :

- Une interface avec ERDF type C13-100
  - o Cellule IS arrivée ERDF
  - o Cellule TM mesure ERDF
  - o Cellule DM disjoncteur générale et protection

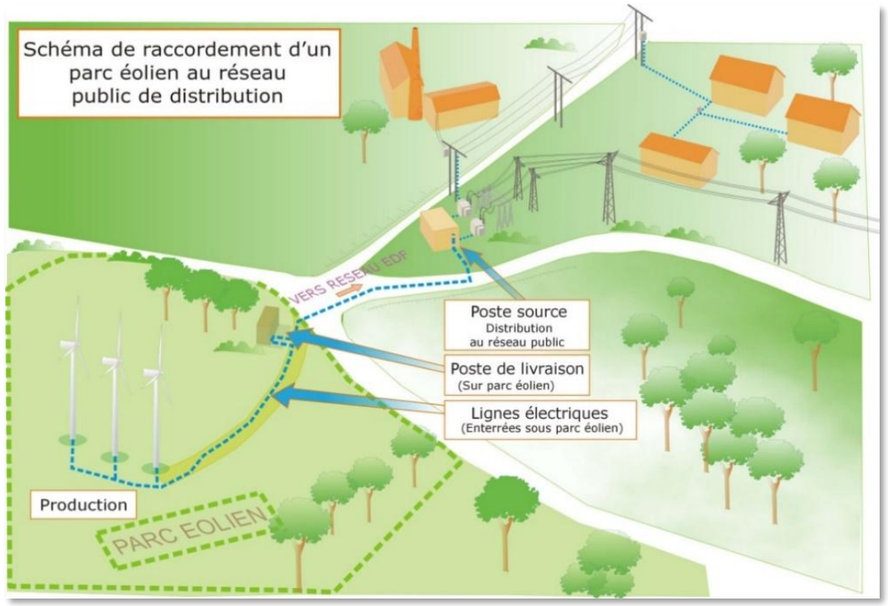
- Si requis par le gestionnaire de réseau
  - o Un filtre TCFM
  - o Une cellule IS départ filtre TCFM
  - o Une cellule IS arrivée filtre TCFM

- Pour l'alimentation des auxiliaires
  - o Une cellule IS fusible : départ transformateur des auxiliaires
  - o Un transformateur HTA/BT alimentant les auxiliaires du PDL de puissance 50 à 100kVA

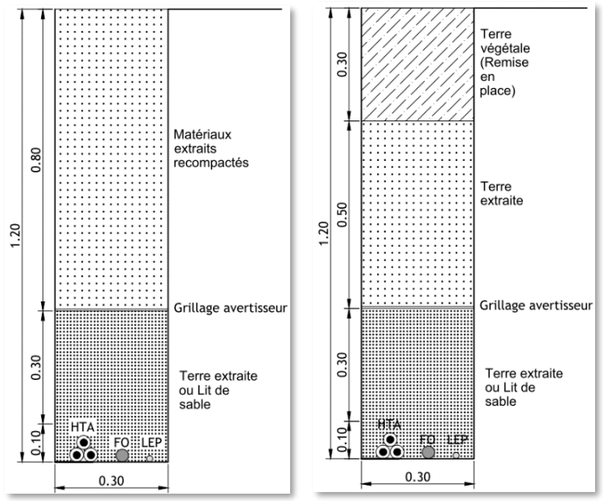
- Par circuit HTA inter-éolien
  - o Une cellule IS motorisé départ éolien vers les éoliennes

Les postes de livraison abritent également leur système de contrôle commande et celui des éoliennes et disposent d'une alimentation secourue.

Le réseau inter-éolien sera constitué de câble HTA en canalisation souterraine. Conformément à la règlementation en vigueur, un grillage avertisseur sera mis en place au-dessus du(des) câble(s).



Composants du parc éolien (Source : ADEME)



Exemple de coupe de tranchées (sous chemin avec un circuit, à gauche et en plein champ, à droite)

6.7.2 Conformité de l'installation

L'installation et les ouvrages électriques seront conformes à la réglementation en vigueur notamment aux regards des normes NF C13-100, NF C13-200, NF C15-100 et NF C15-400.

Ainsi par exemple : les postes de livraison et les parties HTA des éoliennes seront équipés des accessoires de sécurité (type Equipement de Protection Individuelle) et de la signalétique adéquate pour avertir des risques électriques et de la présence de SF6.

Avant la mise sous tension et la mise en service, l'installation fera l'objet de visites régulières d'un bureau de contrôle génie électrique en vue d'obtenir un certificat de conformité conformément au Décret n°72-1120 du 14 décembre 1972 relatif au contrôle et à l'attestation de la conformité des installations électriques intérieures aux règlements et normes de sécurité en vigueur.

Les travaux seront réalisés conformément à l'Arrêté du 17 mai 2001 fixant les conditions techniques auxquelles doivent satisfaire les distributions d'énergie électrique et à la norme NFC 11-201 : Réseau de Distribution Publique d'Energie.

De manière générale, pour les travaux réalisés à proximité d'autre réseau, l'arrêté du 17 mai 2001 « fixant les conditions techniques auxquelles doivent satisfaire les distributions d'énergie électrique » et précisant les distances minimales à respecter au voisinage, avec ou sans croisement, d'un autre câble électrique, ou câble de télécommunications ou conduite d'eau, d'hydrocarbure, de gaz, d'air comprimé ou de vapeur sera respecté, notamment l'Article 37 qui fixe les distances minimales observables entre 2 ouvrages HTA, BT ou de télécommunication.

Les travaux engagés à proximité d'ouvrage électrique seront réalisés conformément à l'Article R4534-107 du Code du Travail.

6.7.3 Autres réseaux

Le parc éolien de Locmélar 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.

7 Identification des potentiels 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.

7.1 Potentiels de dangers liés aux produits

La production d'électricité par les éoliennes ne consomme pas de béton en matières premières, ni de produits pendant la phase d'exploitation. De même, elle 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 Locmélar sont utilisés pour le bon fonctionnement des éoliennes, leur maintenance et leur entretien :

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

Conformément à l'article 16 de l'arrêté du 26 août 2011 modifié, aucun produit n'est stocké dans les aérogénérateurs ou les postes de livraison.

Les risques associés aux différents produits concernant le site du parc éolien de Locmélar 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.

Lieu de lubrification	Lubrifiant	Quantité	Classe de matière dangereuse
Système de refroidissement Génératrice/Convertisseur	Liquide de refroidissement	env. 70 l	Xn
Roulements de la génératrice	Graisse	env. 10 kg	-
Multiplicateurs, circuits de refroidissement inclus	Huile minérale Huile synthétique	450 à 650 l	-
Système Hydraulique	Huile minérale	env. 25 l	-
Palier de rotor	Graisse	env. 30 kg	-
Roulement d'orientation de pale /Voie de roulement	Graisse	3 x 5 kg	-
Engrenage	Graisse	env. 0,5 kg	-
Engrenage (orientation de pale)	Huile synthétique	3 x 10 l	-
Engrenage de système d'orientation	Huile synthétique	3/4 x 20 l	-
Roulements de système d'orientation /Voie de roulement	Graisse	4 kg	-
Engrenage	Graisse	env. 0,5 kg	-
Transformateur	-	-	-

Nota : Graisse = lubrifiant solide ; huile = lubrifiant liquide.

Produits sortants de l'installation (ordres de grandeur)

7.1.1 Composants de la structure

Chaque éolienne se compose des éléments suivants :

- les fondations sont en béton (environ 700 m^3),
- le mât est en acier,
- la nacelle est composée d'un châssis métallique et d'une coque en fibres de verre renforcées,
- les pales en matériaux composites.

7.1.2 Lubrifiants et graisses (ordre de grandeur)

- **Huile hydraulique pour graissage du multiplicateur** (environ 450 et 650 litres) : Les huiles pour graissage nécessaires au fonctionnement des multiplicateurs sont des lubrifiants de synthèse avec additifs. Des bacs de rétentions d'une capacité suffisante sont situés directement sous le multiplicateur. De plus, la partie inférieure de la nacelle a été conçue de telle sorte que la capacité maximum de rétention soit équivalente à la contenance du multiplicateur (différent selon le type d'éolienne). En fonctionnement normal, il n'y a pas de fuite vers le milieu extérieur. Néanmoins, un déversement accidentel peut être envisagé si l'éolienne est endommagée. Une pollution du sol et des eaux est alors possible.

- **Graisse lubrifiante des différents engrenages** (environ 150 kg) : Les graisses servant à la lubrification des différents engrenages sont des graisses synthétiques multiservice avec lubrifiants et additifs. La localisation des huiles / graisses lubrifiantes dans la machine (dans la tour sous la nacelle) ainsi que le volume maximum total est telle qu'un écoulement extérieur venant souiller le sol environnant en fonctionnement normal n'est pas possible. Néanmoins, un déversement accidentel peut être envisagé si l'éolienne est endommagée. Une pollution du sol et des eaux est alors possible.

- **Fluides nécessaires au fonctionnement du système hydraulique** (volume total 25 litres) : Les fluides nécessaires au fonctionnement du système hydraulique sont des mélanges de composants biologiques éthers dégradable avec additifs. La localisation des fluides dans la machine (dans le système hydraulique situé sous la nacelle, au niveau du yaw[1]) ainsi que le volume maximum total (25 litres max) est telle qu'un écoulement extérieur venant souiller le sol environnant est impossible, sauf en cas de déversement lors de l'endommagement de l'éolienne.

- **L'eau glycolée** (mélange d'eau et d'éthylène glycol), qui est utilisée comme liquide de refroidissement, dont le volume total de la boucle est de 120 litres.

Les lubrifiants et graisses nécessaires au bon fonctionnement de l'éolienne ne sont pas considérées comme substance dangereuse au titre de la Directive Européenne 1999/45/CE modifiée et adaptée, relative à la classification des substances dangereuses. Enfin, leurs propriétés physico-chimiques font qu'à température ambiante la viscosité est élevée ce qui rend cette graisse très épaisse, limitant ainsi les risques d'écoulement à l'intérieur de l'éolienne.

La localisation des huiles / graisses lubrifiantes dans la machine ainsi que le volume maximum total est telle qu'un écoulement extérieur venant souiller le sol environnant en fonctionnement normal n'est pas possible. Néanmoins, un déversement accidentel peut être envisagé si l'éolienne est endommagée. Une pollution du sol et des eaux est alors possible.

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

7.1.3 Stockage

Les volumes d'huile et de graisses nécessaires au bon fonctionnement des moteurs, roulements et pompes ainsi que les fluides du système hydraulique ne sont pas considérés comme du stockage dans la mesure où ils sont intégrés à la machine et sont nécessaires à son bon fonctionnement.

Aucun produit n'est stocké dans les machines :

- ni les produits d'entretien / de nettoyage
- de tout ou partie de la machine elle-même
- des outils nécessaires aux maintenances
- ni les produits employés pour les maintenances
- ni les déchets issus de la maintenance (même dans le cas où une maintenance dure plusieurs jours).

Quelle que soit la situation, l'ensemble des produits employés pour la maintenance ainsi que les éventuels déchets dangereux générés par le travail effectué sont remportés par les équipes intervenantes, et ne sont jamais laissés dans l'éolienne.

7.1.4 Hexafluorure de soufre

L'hexafluorure de soufre (SF6) est le gaz utilisé comme milieu isolant pour les cellules de protection électrique (situées en pied de machine). La quantité présente varie entre 1,5 kg et 2,15 kg. C'est un gaz à effet de serre, possédant un potentiel de réchauffement global très important. Il est également non toxique pour l'homme à condition de rester dans certaines limites de mélange SF6 – air (80% - 20%). La présence de ce composé dans une atmosphère confinée peut entraîner un risque d'asphyxie par diminution de la teneur en oxygène. C'est un gaz non inflammable.

7.1.5 Autres

L'ensemble des substances et produits utilisés répondent aux exigences de la Directive Européenne relative à la classification, l'emballage et l'étiquetage des substances dangereuses (Directive 67/548/CEE du

[1] Yaw : mécanisme de rotation de la nacelle

Conseil, du 27 juin 1967, concernant le rapprochement des dispositions législatives, réglementaires et administratives relatives à la classification, l'emballage et l'étiquetage des substances dangereuses ; modifiée par le nouveau règlement (CE) N° 1272/2008 et la création de l'Agence Européenne des produits chimiques).

Aucune substance ou produit utilisé ne sont classifiés comme CMR (Cancérogène, Mutagène, Repro-toxique) au sens de l'article R4411-1 et suivants du code du travail.

7.1.6 Réflexion sur des produits de substitution

Les produits présents sur chaque éolienne (huile, fluide de refroidissement, graisse) sont des produits classiques utilisés dans ce type d'activité. Ils ne présentent pas de caractère dangereux marqué. Une rétention permet de maintenir un risque acceptable. Il n'est donc pas envisagé de produits de substitution.

7.2 Potentiels de dangers liés au fonctionnement de l'installation

Les dangers liés au fonctionnement du parc éolien de Locmélar sont de quatre types :

- Chute d'éléments de l'aérogénérateur (boulons, morceaux d'équipements, etc.)
- Projection d'éléments (morceau de pale, brides de fixation, etc.)
- Effondrement de tout ou partie de l'aérogénérateur
- Incendie aérogénérateur ou poste de livraison.

Ces dangers potentiels sont recensés dans le tableau suivant :

Installation ou système	Fonction	Phénomène redouté	Danger potentiel	Prévention
Système de transmission	Transmission d'énergie mécanique	Survitesse	Incendie	Système de maintenance prédictive
Pale	Prise au vent	Bris de pale ou chute de pale	Projection de pales ou débris	Système d'orientation
Aérogénérateur	Production d'énergie électrique à partir d'énergie éolienne	Effondrement	Energie cinétique de chute	Système de maintenance prédictive
Poste de livraison, intérieur de l'aérogénérateur	Réseau électrique	Court-circuit interne	Incendie / électrisation	
Nacelle	Protection des équipements destinés à la production électrique	Chute d'éléments	Energie cinétique de chute	
Rotor	Transformer l'énergie éolienne en énergie mécanique	Projection d'objets	Energie cinétique de projection	
Nacelle	Protection des équipements destinés à la production électrique	Chute de nacelle	Energie cinétique de chute	
Câble HTA souterrain	Distribution de l'énergie entre les éoliennes jusqu'au poste de livraison	Court-circuit	Incendie/électrisation	

7.3 Réduction des potentiels de danger à la source

7.3.1 Principales actions préventives

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 sont les suivants :

- Choix de l'emplacement des installations par rapport aux enjeux potentiels et notamment éloignement de plus de 500 mètres de toute habitation, absence de servitudes environnementales ou réglementaires rédhibitoires ;
- Choix des caractéristiques des éoliennes selon les spécificités du site, notamment classe de vent de l'éolienne et longueur des pales pour un meilleur rendement ; mesures de réduction à la source des potentiels de dangers (choix du matériel certifié, maintenance des équipements, formation du personnel…) permettent autant que possible de réduire les dangers.

Les potentiels de dangers associés aux phénomènes extérieurs au site (formation de givre et circulation routière) ne sont pas maîtrisables par le Maître d'Ouvrage. Dès lors une réduction à la source de ces potentiels n'est pas possible.

7.3.2 Utilisation des meilleures techniques disponibles

L'Union Européenne a adopté un ensemble de règles communes au sein de la directive 2010/75/UE relative aux émissions industrielles, appelée directive IED (elle annule et remplace la directive 96/61/CE du 24 septembre 1996, dite directive IPPC : « Integrated Pollution Prevention and Control »), afin d'autoriser et de contrôler les installations industrielles.

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

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

8 Analyse des retours d'expérience

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'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 9 pour l'analyse détaillée des risques.

8.1 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 Locmélar. Cet inventaire se base sur le retour de la base de données accidentologie de la filière éolienne (IRIS), disponible à compter de mars 2020.

La filière éolienne française dispose aujourd'hui d'un retour d'expérience consistant des accidents et incidents. Ils sont pour la quasi-totalité recensés au sein de la base de données ARIA, mise à jour tous les 6 mois environ par le Bureau d'Analyse des Risques et Pollutions Industrielles (BARPI) du Ministère pour la Transition écologique. La base de données ARIA, très complète, permet de connaître l'ensemble des éléments suivants :

- 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 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.

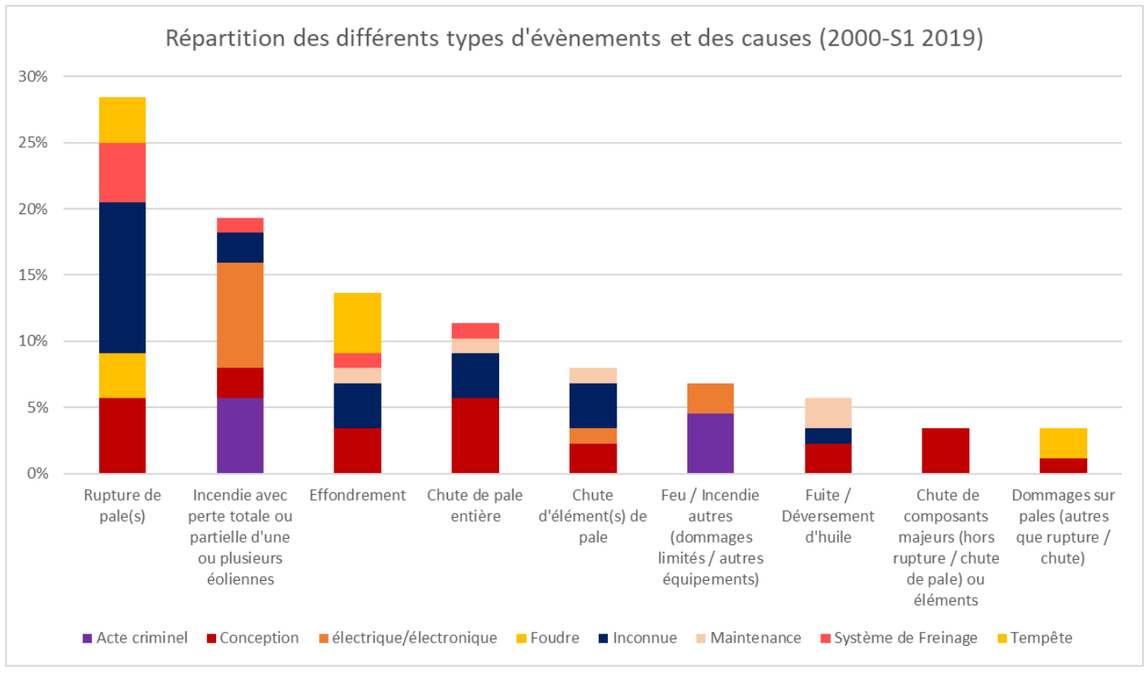
Dans l'état actuel, la base de données ARIA IRIS apparaît comme représentative des incidents majeurs ayant affecté le parc éolien français depuis l'année 2000. L'ensemble de ces sources permet d'arriver à un inventaire aussi complet que possible des incidents survenus en France. Un total de 88 incidents (hors accident du travail et presqu'incidents) est recensé entre 2000 et début 2019. 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 le premier semestre 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, fuite, chute de pale entière, d'éléments de pale, de composants majeurs, et incendie par rapport aux causes identifiées (acte criminel, Inconnue, foudre, tempête, électrique, maintenance, conception).

- La répartition des différents types d'événements (rupture de pale, incendie, effondrement, chute de pale, chute d'élément, etc.) par rapport à la totalité des accidents observés en France.

- 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.



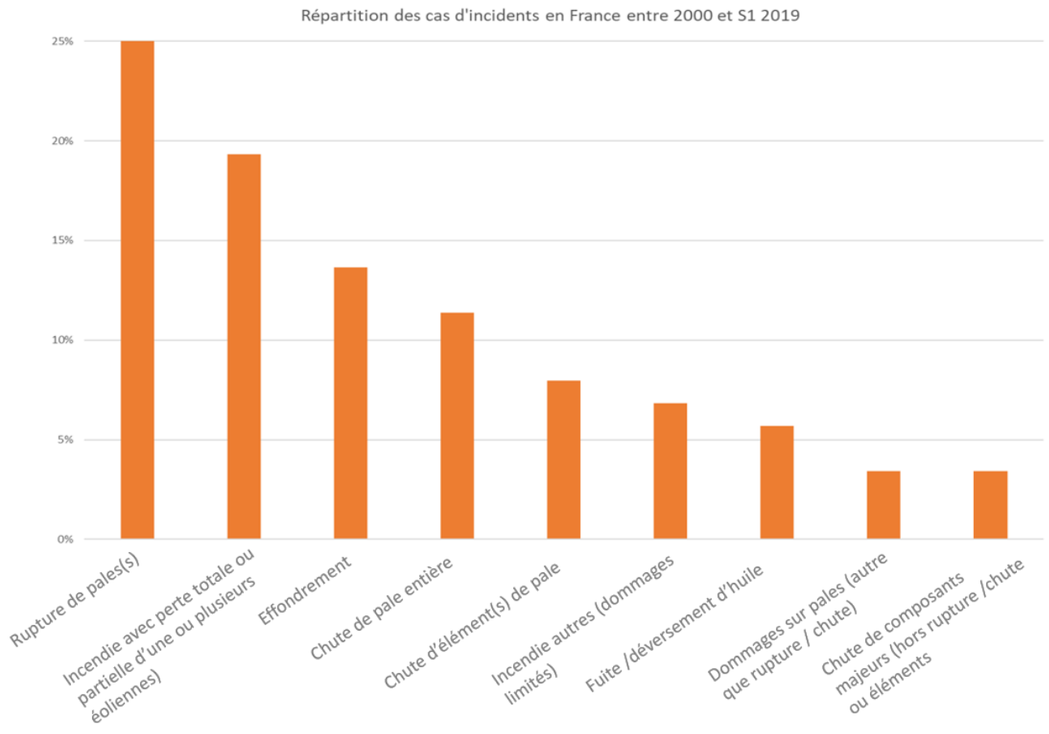
Par ordre d'importance, les accidents les plus recensés sont les ruptures de pales, les effondrements, les incendies, les chutes de pale et les chutes des autres éléments de l'éolienne. La principale cause de ces accidents est les tempêtes.

8.2 Inventaire des accidents et incidents à l'international

Un inventaire des incidents et accidents à l'international a également été réalisé. Il se base lui aussi sur le retour d'expérience de la filière éolienne entre 2000 et début 2019.

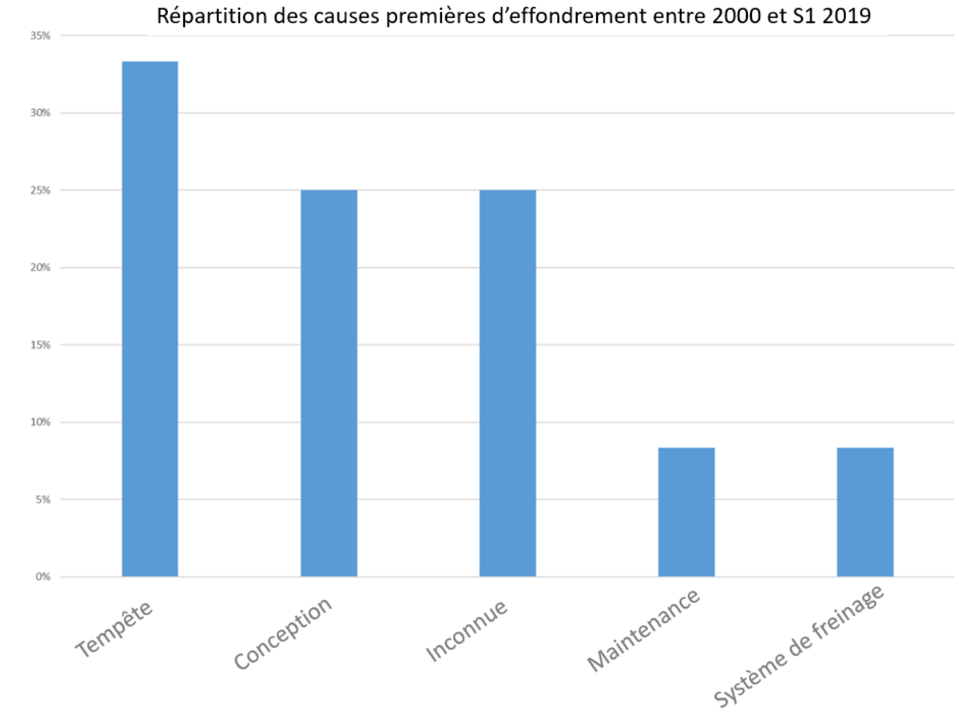
La synthèse ci-dessous provient de l'analyse de la base de données réalisée par l'association Caithness Wind Information Forum (CWIF). Sur les 994 accidents décrits dans la base de données au moment de sa consultation par le groupe de travail précédemment mentionné, seuls 236 sont considérés comme des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

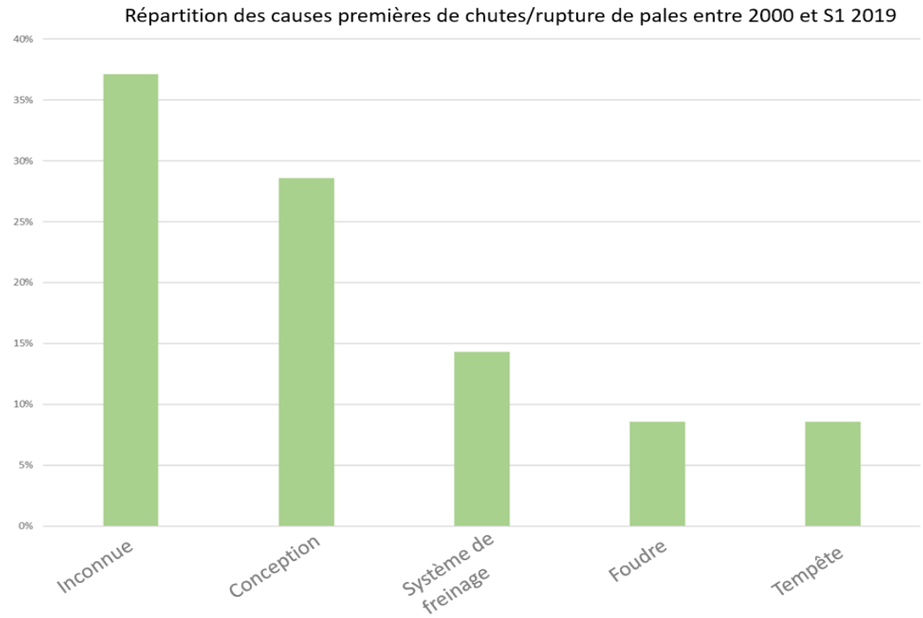
Le graphique suivant montre la répartition des événements accidentels par rapport à la totalité des accidents analysés.

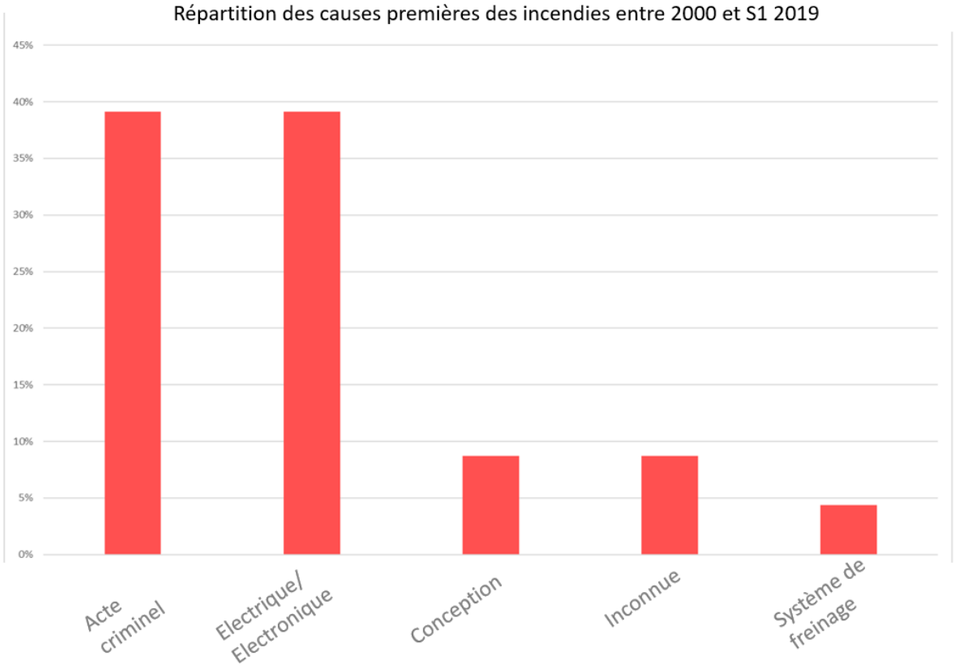


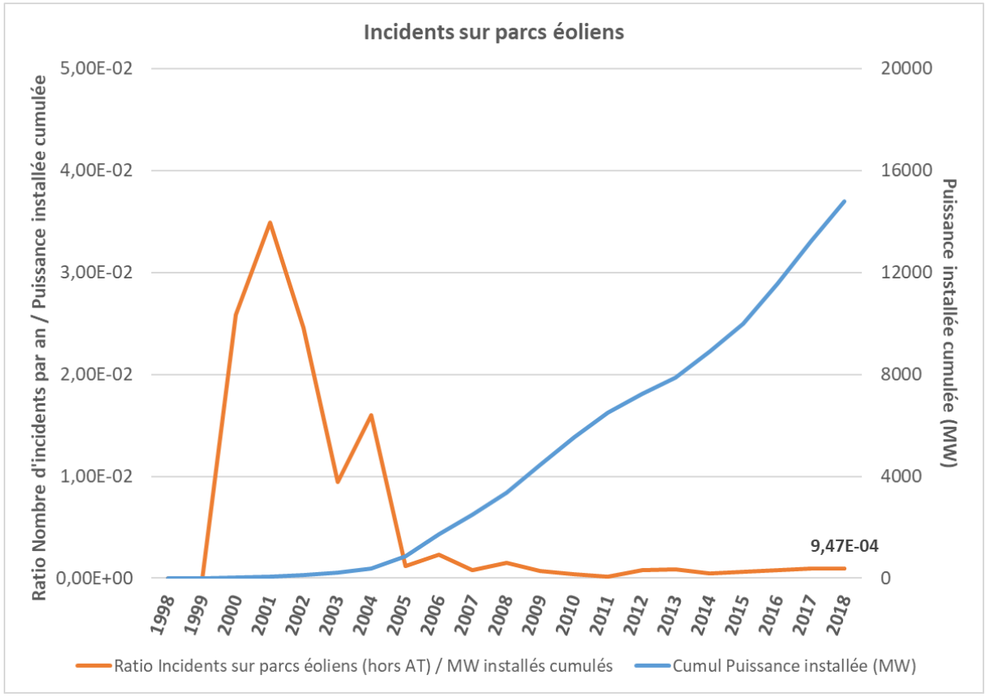
Ci-après, est présenté le recensement des causes premières pour chacun des événements accidentels recensés (données en répartition par rapport à la totalité des accidents analysés) (source FEE à paraitre).

Tout comme pour le retour d'expérience français, ce retour d'expérience montre l'importance des causes « tempêtes et vents forts » dans les accidents pour l'effondrement.









8.3 Synthèse des phénomènes dangereux redoutés issus du retour d'expérience

8.3.1 Analyse de l'évolution des accidents en France

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

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

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

Evolution du nombre d'incidents annuels en France et nombre d'éoliennes installées (source France Renouvelables à paraitre)

On note bien l'essor de la filière française à partir de 2005, alors que le nombre d'accident reste relativement constant. **Il convient aussi de noter qu'à ce jour, en France et dans le monde, aucun accident n'a entraîné la mort d'une personne tierce (promeneurs, riverains) du fait de l'effondrement d'éoliennes, de bris de pales ou de projections de fragment de pales (source France Renouvelables à paraitre).**

Pour rappel, un total de 37 incidents a pu être recensé entre 2000 et début 2012, soit en moyenne 3 accidents par an. Entre 2012 et 2019, 71 accidents ont été recensés dans la base de données ARIA, soit environ 8 accidents par an.

De la même manière pour la période 2020 - 2023, le nombre d'occurrence d'accidents est restée stable. La base de données ARIA recense en effet 11 accidents, soit une moyenne de 3,6 accidents par an.

Ainsi, nous pouvons affirmer que même en constatant un nombre de turbines installées en nette croissance, le nombre d'accident tend à s'accroitre de manière moins significative. Cela est dû notamment aux progrès technologiques, l'amélioration des maintenances préventives et la prise en compte des retours d'expérience.

8.3.2 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
- Incendies

8.4 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.

9 Analyse des risques

Les outils d'analyse des risques sont nombreux (ex : AMDEC, APR, HAZOP, etc).

L'utilisation de la méthode APR est retenue dans la présente étude de dangers, car elle est souple d'utilisation, adaptée et plus facile à mettre en œuvre et à instruire dans le contexte des éoliennes.

9.1 Objectif de l'analyse préliminaire des risques

L'analyse des risques a pour objectif principal d'identifier les scénarios d'accident majeurs et les mesures de sécurité qui empêchent ces scénarios de se produire ou en limitent les effets. 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.

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

Plusieurs événements initiateurs peuvent être exclus de l'analyse préliminaire des risques, soit parce que ces exclusions sont prévues dans la circulaire du 10 mai 2010 relative à la méthodologie applicable aux études de dangers, soit parce que les conséquences de cet événement seront largement supérieures aux conséquences de l'accident qu'il entraînerait sur l'éolienne. Ainsi, 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 suraccident 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.

9.3 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.

9.3.1 Agressions externes liées aux activités humaines

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

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

Infrastructure	Fonction	Evènement redouté	Danger potentiel	Rayon	Distance par rapport au mât des éoliennes (en m)
Voies de circulation	Transport	Accident entraînant la sortie de voie d'un ou plusieurs véhicules	Energie cinétique des véhicules et flux thermiques	200 m	Aucune voie de circulation autour des éoliennes
Aérodrome	Transport aérien	Chute d'aéronef	Energie cinétique de l'aéronef, flux thermique	2000 m	Aucun aérodrome dans un rayon de 2000 mètres autour des éoliennes
Ligne THT	Transport d'électricité	Rupture de conducteur	Arc électrique, surtensions	200 m	Aucune ligne électrique TNT ou 90 kV dans un rayon de 200 mètres autour des éoliennes
Autres aérogénérateurs	Production d'électricité	Accident générant des projections d'éléments	Energie cinétique des éléments projetés	500 m	Aucun aérogénérateur dans un rayon de 2000 mètres autour des éoliennes



Vue depuis la route communale de Locmélar sur la ZIP

9.3.2 Agressions externes liées aux phénomènes naturels

Le tableau ci-dessous synthétise les principales agressions externes liées aux phénomènes naturels auxquelles les aérogénérateurs sont soumis :

Agression externe	Intensité
Vents et tempêtes	Le site d'implantation des éoliennes n'est pas compris dans une zone affectée par des cyclones tropicaux. Il se trouve toutefois en zone pouvant subir de fortes rafales de vent lors des tempêtes exceptionnelles. Des machines adaptées aux conditions seront installées
Foudre	L'éolienne retenue respecte la norme IEC 61 400-24 (Juin 2010)
Glissement de sols/ affaissement miniers	Le site d'implantation des éoliennes n'est pas concerné par des signes d'instabilité.

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.

9.4 Scénarios étudiés dans l'analyse préliminaire des risques

Après avoir recensé, dans un premier temps, les potentiels de danger des installations, qu'ils soient constitués par des substances dangereuses ou des équipements dangereux, l'APR doit identifier l'ensemble des séquences accidentelles et phénomènes dangereux associés pouvant déclencher la libération du danger.

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

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

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

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

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

N°	Evènement initiateur	Evènement intermédiaire	Evènement redouté central	Fonction de sécurité (intitulé générique)	Phénomène dangereux	Qualification de la zone d'effet
G01	Conditions climatiques favorables à la formation de glace	Dépôt de glace sur les pales, le mât et la nacelle	Chute de glace lorsque les éoliennes sont arrêtées	Prévenir l'atteinte des personnes par la chute de glace (N°2)	Impact de glace sur les enjeux	1
G02	Conditions climatiques favorables à la formation de glace	Dépôt de glace sur les pales	Projection de glace lorsque les éoliennes sont en mouvement	Prévenir la mise en mouvement de l'éolienne lors de la formation de la glace (N°1)	Impact de glace sur les enjeux	2
I01	Humidité / Gel	Court-circuit	Incendie de tout ou partie de l'éolienne	Prévenir les courts-circuits (N°5)	Chute/projection d'éléments enflammés - Propagation de l'incendie	2
I02	Dysfonctionnement électrique	Court-circuit	Incendie de tout ou partie de l'éolienne	Prévenir les courts-circuits (N°5)	Chute/projection d'éléments enflammés - Propagation de l'incendie	2
I03	Survitesse	Echauffement des parties mécaniques et inflammation	Incendie de tout ou partie de l'éolienne	Prévenir l'échauffement significatif des pièces mécaniques (N°3) - Prévenir la survitesse (N°4)	Chute/projection d'éléments enflammés - Propagation de l'incendie	2
I04	Désaxage de la génératrice / Pièce défectueuse / Défaut de lubrification	Echauffement des parties mécaniques et inflammation	Incendie de tout ou partie de l'éolienne	Prévenir l'échauffement significatif des pièces mécaniques (N°3)	Chute/projection d'éléments enflammés Propagation de l'incendie	2
I05	Conditions climatiques humides	Surtension	Court-circuit	Prévenir les courts-circuits (N°5) - Protection et intervention incendie (N°7)	Incendie poste de livraison (flux thermiques + fumées toxiques SF6) - Propagation de l'incendie	2
I06	Rongeur	Surtension	Court-circuit	Prévenir les courts-circuits (N°5) - Protection et intervention incendie (N°7)	Incendie poste de livraison (flux thermiques + fumées toxiques SF6) Propagation de l'incendie	2
I07	Défaut d'étanchéité	Perte de confinement	Fuites d'huile isolante	Prévention et rétention des fuites (N°8)	Incendie au poste de transformation - Propagation de l'incendie	2
F01	Fuite système de lubrification Fuite convertisseur Fuite transformateur	Ecoulement hors de la nacelle et le long du mât, puis sur le sol avec infiltration	Infiltration d'huile dans le sol	Prévention et rétention des fuites (N°8)	Pollution environnement	1
F02	Renversement de fluides lors des opérations de maintenance	Ecoulement	Infiltration d'huile dans le sol	Prévention et rétention des fuites (N°8)	Pollution environnement	1
C01	Défaut de fixation	Chute de trappe	Chute d'élément de l'éolienne	Prévenir les erreurs de maintenance (N°10)	Impact sur cible	1
C02	Défaillance fixation anémomètre	Chute anémomètre	Chute d'élément de l'éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction - exploitation) (N° 9)	Impact sur cible	1
C03	Défaut fixation nacelle - pivot central - mât	Chute nacelle	Chute d'élément de l'éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction - exploitation) (N° 9)	Impact sur cible	1
P01	Survitesse	Contraintes trop importante sur les pales	Projection de tout ou partie pale	Prévenir la survitesse (N°4)	Impact sur cible	2
P02	Fatigue Corrosion	Chute de fragment de pale	Projection de tout ou partie pale	Prévenir la dégradation de l'état des équipements (N°11)	Impact sur cible	2

N°	Evènement initiateur	Evènement intermédiaire	Evènement redouté central	Fonction de sécurité (intitulé générique)	Phénomène dangereux	Qualification de la zone d'effet
P03	Serrage inapproprié Erreur maintenance – desserrage	Chute de fragment de pale	Projection de tout ou partie pale	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9)	Impact sur cible	2
E01	Effets dominos autres installations	Agression externe et fragilisation structure	Effondrement éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9)	Projection/chute fragments et chute mât	2
E02	Glissement de sol	Agression externe et fragilisation structure	Effondrement éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9)	Projection/chute fragments et chute mât	2
E05	Crash d'aéronef	Agression externe et fragilisation structure	Effondrement éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9)	Projection/chute fragments et chute mât	2
E07	Effondrement engin de levage travaux	Agression externe et fragilisation structure	Effondrement éolienne	Actions de prévention mises en œuvre dans le cadre du plan de prévention (N°13)	Chute fragments et chute mât	2
E08	Vents forts	Défaillance fondation	Effondrement éolienne	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N° 9) Prévenir les risques de dégradation de l'éolienne en cas de vent fort (N°12) ; Dans les zones cycloniques, mettre en place un système de prévision cyclonique et équiper les éoliennes d'un dispositif	Projection/chute fragments et chute mât	2
				d'abattage et d'arrimage au sol (N°13)		
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. Des précisions sur les différents scénarios décrits dans ce tableau sont disponibles en annexe 3.

9.5 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. Le parc éolien de Locmélar n'est donc pas concerné.

9.6 Mise en place des mesures de sécurité

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

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

Un principe clé du processus d'élaboration d'une étude de dangers est qu'elle doit être proportionnelle au niveau de risques engendrés par les éoliennes sur leur environnement. Dans ce cadre, cette étape consiste à conduire une description simple des mesures de sécurité mises en œuvre sur leurs machines, et de leurs critères de défaillance. En particulier, il n'est pas demandé de conduire les analyses poussées demandées aux installations classées soumises à Autorisation avec Servitudes (AS).

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

- Fonction de sécurité : il est proposé ci-dessous un tableau par fonction de sécurité. Cet intitulé décrit l'objectif de la ou des mesure(s) de sécurité : il s'agira principalement de « empêcher, éviter, détecter, contrôler ou limiter » et sera en relation avec un ou plusieurs événements conduisant à un accident majeur identifié dans l'analyse des risques. Plusieurs mesures de sécurité peuvent assurer une même fonction de sécurité.
- Numéro de la fonction de sécurité : ce numéro vise à simplifier la lecture de l'étude de dangers en permettant des renvois à l'analyse de risque par exemple.
- Mesures de sécurité : cette ligne permet d'identifier les mesures assurant la fonction concernée. Dans le cas de systèmes instrumentés de sécurité, tous les éléments de la chaîne de sécurité sont présentés (détection + traitement de l'information + action).

Note 1 : Il n'est pas demandé de décrire dans le détail la marque ou le fonctionnement de l'équipement considéré, simplement de mentionner leur existence.

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

Note 2 : 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 3 : 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	Système de détection ou de déduction de la formation de glace sur les pales de l'aérogénérateur. Procédure adéquate de redémarrage.		
Description	Système de détection du givre (par exemple, analyse des données de fonctionnement) permettant, en cas de détection ou de déduction de présence de glace, une mise à l'arrêt rapide de l'aérogénérateur. Le redémarrage peut ensuite se faire soit automatiquement après disparition des conditions de givre, soit manuellement après inspection visuelle sur site.		
Indépendance	Non Les systèmes traditionnels s'appuient généralement sur des fonctions et des appareils propres à l'exploitation du parc. En cas de danger particulièrement élevé sur site (survol d'une zone fréquentée sur site soumis à des conditions de gel importantes), un système de détection redondant peut être envisagé (système de mesure des oscillations et vibrations, détection de balourd, capteur dédié ...).		
Temps de réponse	Envoi de l'alerte en temps réel par un système de communication redondant (GSM + Ethernet) Quelques minutes (<60 min.) conformément à l'article 25 de l'arrêté du 26 août 2011 modifié		
Efficacité	100 %		
Tests	Tests menés par le concepteur au moment de la construction de l'éolienne		
Maintenance	Vérification du système au bout de 3 mois de fonctionnement puis contrôle durant la maintenance préventive et remplacement en cas de dysfonctionnement de l'équipement		

Fonction de sécurité	Prévenir l'atteinte des personnes par la chute de glace	N° de la fonction de sécurité	2
Mesures de sécurité	Panneautage à l'entrée des plates-formes Eloignement des zones habitées et fréquentées En zone fortement impactée, mise en place de barrière sur le chemin d'accès		
Description	Mise en place de panneaux informant de la possible formation de glace et conduites à tenir (conformément à l'article 14 de l'arrêté du 26 août 2011 modifié).		
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 ; Systèmes de refroidissement indépendants pour le multiplicateur et la génératrice		
Description	Tous les principaux composants sont équipés de capteurs de température. Un certain nombre de seuils sont prédéfinis dans le système de contrôle de l'éolienne. 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 automatiquement 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.		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	NA		
Efficacité	100 %		
Tests	Contrôle mensuel des températures maximales par l'exploitant et changement du capteur, en cas d'écart conséquent		
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 modifié. Maintenance de remplacement en cas de dysfonctionnement de l'équipement.		

Fonction de sécurité	Prévenir la survitesse	N° de la fonction de sécurité	4
Mesures de sécurité	Détection de survitesse et système de freinage. Eléments du système de protection contre la survitesse conformes aux normes IEC 61508 (SIL 2) et EN 954-1		
Description	Systèmes de coupure s'enclenchant en cas de dépassement des seuils de vitesse prédéfinis, indépendamment du système de contrôle commande. Le système de freinage comprend un frein aérodynamique principal et un frein mécanique auxiliaire. Le frein aérodynamique est assuré par trois pales de l'éolienne, chacune équipée de contrôleurs indépendants, de moteurs de calage et d'alimentation de secours, assurant un niveau élevé de redondance. Le freinage aérodynamique devient effectif en pivotant les pales jusqu'à la position dite en drapeau, avec la possibilité d'obtenir différentes vitesses de calage pour éviter les efforts trop importants. Chaque système de calage est complètement indépendant. En cas de perte de réseau, les moteurs de calage sont alimentés par des jeux d'accumulateurs. La force de freinage liée au réglage d'une seule pale est suffisante pour ralentir l'éolienne à une vitesse sécurisée. Le système de freinage est donc trois fois redondant. Le système de freinage du rotor mécanique est installé sur l'arbre rapide. Il est activé en cas de défaillance partielle ou totale des systèmes de sécurité principaux et arrête le rotor conjointement au système de réglage des pales. Il est également utilisé pour immobiliser le rotor une fois celui-ci arrêté par le système de freinage aérodynamique afin de sécuriser les opérations de maintenance. Le système de freinage est conçu pour remplir la fonction « fail safe ». Cela signifie qu'en cas de dysfonctionnement d'un composant du système, l'éolienne est arrêtée en toute sécurité. Des systèmes de coupure au niveau du rotor et au niveau du multiplicateur s'enclenchant en cas de dépassement de seuils de vitesse prédéfinis sont directement intégrés à la chaîne de sécurité de l'aérogénérateur. La chaîne de sécurité de l'aérogénérateur est un circuit à câblage direct dans lequel tous les contacts sont couplés en série pour déclencher un arrêt d'urgence, indépendamment du bon fonctionnement du système de contrôle commande. Lorsque la chaîne de sécurité est interrompue, l'éolienne s'arrête immédiatement. La remise en marche n'est admissible que si la cause qui a entrainé son déclenchement a été éliminée.		
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 26/08/2011 modifié.		
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 17 de l'arrêté du 26 août 2011 modifié.		
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 modifié (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 courts-circuits	N° de la fonction de sécurité	5
Mesures de sécurité	Coupure du courant de défaut en cas de fonctionnement anormal d'un composant électrique.		
Description	Les organes et armoires électriques de l'éolienne sont équipés de dispositifs de coupures et de protection adéquats et correctement dimensionnés. Tout fonctionnement anormal des composants électriques est suivi d'une coupure de l'alimentation électrique et à la transmission de l'information vers l'exploitant qui prend alors les mesures appropriées.		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	Inférieur à 250 ms		
Efficacité	100 %		
Tests	/		
Maintenance	Des vérifications de tous les composants électriques ainsi que des mesures d'isolement et de serrage des câbles sont intégrées dans la plupart des mesures de maintenance préventive mises en œuvre. Les installations électriques sont contrôlées avant la mise en service du parc conformément à l'article 10 de l'arrêté du 26 août 2011 modifié.		

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	L'éolienne est pourvue d'une installation de protection anti-foudre et satisfait au degré de protection défini dans la norme internationale IEC 61 400 – 24. La foudre est capturée par des récepteurs dans les pales du rotor et déviée depuis le rotor vers le mât via des contacts glissants et des éclateurs au niveau du moyeu et du châssis de la nacelle. Le courant de foudre est ainsi évacué dans le sol via des prises de terre de fondation. Des parasurtenseurs sont présents sur les circuits électriques BT. La valeur de mise à la terre est contrôlée avant mise en service (<2 Ohm en standard, et dans tous les cas <10 Ohm).		
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 18 de l'arrêté du 26 août 2011 modifié. Contrôle de l'état de l'installation de mise à la terre dans le mât à chaque maintenance préventive		

Fonction de sécurité	Protection et intervention incendie	N° de la fonction de sécurité	7
Mesures de sécurité	Capteurs de températures sur les principaux composants de l'éolienne pouvant permettre, en cas de dépassement des seuils, la mise à l'arrêt de la machine Système de détection incendie relié à une alarme temps réel transmise à un poste de contrôle Intervention des services de secours		
Description	Le design global de l'éolienne est fait pour minimiser les risques d'incendie : - utilisation de transformateurs secs dans un compartiment dédié et condamné, en pied de tour - transport de l'énergie produite par l'éolienne entre nacelle et pied de mât par gaine –barres, afin d'assurer une protection optimale en cas de court-circuit, - capteurs de températures sur les principaux composants de l'éolienne agissant si nécessaire, en cas de dépassements de seuils, sur le fonctionnement de la machine (bridage voire mise à l'arrêt automatique et envoi d'alarme via le système SCADA). - utilisation de moteur non hydraulique pour l'orientation des pales et le contrôle de l'azimut (moteurs électriques). En outre, un système de détection incendie relié à une alarme est mis en œuvre : des détecteurs sont placés au voisinage des principaux composants électriques (transformateur, convertisseur, génératrice) et permettent, en cas de détection - d'arrêter l'éolienne - d'émettre une alarme sonore afin d'informer les éventuelles équipes de maintenance en cours d'intervention dans l'éolienne - d'émettre une alarme informant immédiatement de la survenance de l'incendie, ce qui peut lui permettre d'informer les services de secours. En effet, si un incendie se déclare en nacelle ou dans le mât, le système de freinage principal de l'éolienne (frein aérodynamique par pitch) reste fonctionnel et permet la mise en arrêt de l'éolienne. Si un incendie se déclare dans le moyeu, il est considéré comme improbable qu'il entraîne simultanément, sans défaillance préalable et sans signe avant-coureur la mise hors d'état des trois systèmes autonomes et indépendants de pitch. De plus, le système de freinage secondaire d'urgence par le frein mécanique sur l'arbre du rotor ne pourrait être affecté instantanément par un incendie dans le moyeu. Par conséquent, quelle que soit la situation, une éolienne à l'intérieur de laquelle un incendie se déclarerait serait arrêtée et mise en position de sécurité, sans redémarrage incontrôlé possible. 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.		
Efficacité	100 %		
Tests	/		
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 modifié. Le matériel incendie (type extincteurs) est contrôlé périodiquement par le fabriquant du matériel ou un organisme extérieur.		

	Maintenance curative suite à une défaillance du matériel.

Fonction de sécurité	Prévention et rétention des fuites	N° de la fonction de sécurité	8
Mesures de sécurité	Détecteurs de niveau d'huiles Procédure d'urgence Kit antipollution		
Description	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 vidange font l'objet de procédures spécifiques. Dans tous les cas, le transfert des huiles s'effectue de manière sécurisée via un système de tuyauterie et de pompes directement entre l'élément à vidanger et le camion de vidange. Des kits de dépollution d'urgence composés de grandes feuilles de textile absorbant pourront être utilisés afin : – de contenir et arrêter la propagation de la pollution ; – d'absorber jusqu'à 20 litres de déversements accidentels de liquides (huile, eau, alcools ...) et produits chimiques (acides, bases, solvants ...) ; – de récupérer les déchets absorbés. Si ces kits de dépollution s'avèrent insuffisants, une société spécialisée récupérera et traitera le gravier souillé via les filières adéquates, puis le remplacera par un nouveau revêtement.		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	Dépendant du débit de fuite		
Efficacité	100 %		
Tests	/		
Maintenance	Inspection des niveaux d'huile 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 nez, les fondations et la tour répondent au standard IEC 61 400-1. Les pales respectent le standard IEC 61 400-1 ; 12 ; 23. Les éoliennes sont protégées contre la corrosion due à l'humidité de l'air, selon la norme ISO 9223 (peinture et revêtement anti-corrosion). Les procédures de certification-type des aérogénérateurs, couplées aux procédures de qualification fournisseurs, contrôles qualité, respect scrupuleux des instructions de montage et maintenance des machines, permettent d'assurer un niveau de sécurité important
Indépendance	Oui
Temps de réponse	NA
Efficacité	100 %
Tests	NA
Maintenance	Les couples de serrage appliqués sur les boulons pour maintenir les éléments structurels 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 modifié.

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	Inspection périodique des installations par l'exploitant		
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 Arrêt automatique et diminution de la prise au vent de l'éolienne (mise en drapeau des pales) et transmission d'information vers le centre de conduite		
Description	L'éolienne est mise à l'arrêt si la vitesse de vent mesurée dépasse la vitesse maximale pour laquelle elle a été conçue. La procédure d'arrêt fera pivoter les pales en position drapeau et arrêtera l'éolienne en toute sécurité.		
Indépendance	Oui		
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.		
Tests	Contrôle mensuel du respect de la courbe de puissance et des vitesses anémométrique. Revient au test d'overspeed		
Maintenance	Contrôle durant les maintenances préventives du mât météo, des anémomètres et girouettes		

Fonction de sécurité	Actions de prévention mises en œuvre dans le cadre du plan de prévention	N° de la fonction de sécurité	12
Mesures de sécurité	Plan de prévention des risques, réalisé par l'exploitant en tant qu'entreprise utilisatrice, transmis à tous les intervenants sur le parc et aux services de secours		
Description	*Contenu précisé dans le paragraphe 8.7 suivant*		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	NA		
Efficacité	100 %		
Tests	NA		
Maintenance	NA		

L'ensemble des procédures de maintenance et des contrôles d'efficacité des systèmes sera conforme à l'arrêté du 26 août 2011 modifié par l'arrêté du 22 juin 2020.

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

9.7 Formations et documents à disposition du personnel présent sur site

9.7.1 Personnel sur site

Le personnel de la société d'exploitation (VALEMO) intervient sur site pour les visites d'exploitation bimensuelles, les visites de maintenance et si besoin, en intervention d'urgence.

De plus, des intervenants extérieurs sont amenés à se déplacer sur site :

- Naturalistes pour suivi environnemental,
- Acousticiens,
- Personnel d'entretien des aménagements extérieurs,
- Personnel d'entretien et/ou d'intervention du poste de livraison sous garantie,
- Correspondant local (visite une fois par semaine),
- Services de secours (SDIS, GRIMP),
- Personnel de maintenance (turbiniers),
- Personnel chargé du ré-enclenchement des cellules HTA,
- Bureau de contrôle (toujours accompagné d'un salarié de la société d'exploitation (VALEMO).

La plupart de ces intervenants extérieurs sont signataires du plan de prévention des risques.

9.7.2 Documents

9.7.2.1 Plan de prévention des risques

Pourquoi : Afin de limiter les risques de co-activités. Il est nécessaire dans 1 des 2 cas suivants :

1° dès lors que l'opération à réaliser par les entreprises extérieures, y compris les entreprises sous-traitantes auxquelles elles peuvent faire appel, représente un nombre total d'heures de travail prévisible égal au moins à 400 heures sur une période inférieure ou égale à douze mois, que les travaux soient continus ou discontinus. Il en est de même dès lors qu'il apparaît, en cours d'exécution des travaux, que le nombre d'heures de travail doit atteindre 400 heures ;

2° quelle que soit la durée prévisible de l'opération, lorsque les travaux à accomplir sont au nombre des travaux dangereux figurant sur une liste fixée, respectivement, par arrêté du ministre chargé du travail et par arrêté du ministre chargé de l'agriculture.

Où : signé lors de la visite préalable sur site de tous les signataires, puis archivé au siège de VALEMO.

Par qui : réalisé par la société d'exploitation (VALEMO), en tant qu'entreprise utilisatrice.

Pour qui : Transmis à tous les intervenants sur le parc et aux services de secours. On distingue les signataires de ce document, il s'agit des entreprises définies dans le paragraphe « pourquoi ».

Contenu : Il contient le plan détaillé du parc, les entreprises extérieures répertoriées, la liste des documents à remettre, l'analyse des risques et les mesures de prévention associées, le manuel d'utilisation des appareils, la feuille d'émargement de ce document et de la visite préalable, les procédures d'intervention dans l'éolienne et dans le post de livraison. En annexe figurent le manuel de secours, les consignes en cas d'incendie et d'accident, l'organisation générale des travaux, le modèle de fiche d'opération particulière, la notice d'utilisation des étiquettes de non-conformité.

Durée de validité : 1 an maximum. Il est signé à nouveau chaque année ; il doit être modifié et signé en cas modifications importantes (nouvelles entreprises ou nouveaux risques identifiés).

9.7.2.2 Registre de sécurité

Pourquoi : Pour avoir une trace de l'ensemble des actions faites sur le parc pendant toute sa phase d'exploitation.

Où : Présent dans le local technique du poste de livraison.

Par qui : le chargé d'exploitation de VALEMO.

Pour qui : A destination de toutes les entreprises agissant sur le parc.

Contenu : Inventaire du matériel et des machines du parc, des EPI et du matériel de contrôle, registre des contrôles réglementaires périodiques (date, entreprise, signature), registre des non conformités par éolienne et par local HTA, registre des visites de contrôle (inspection du travail, etc…), registre des exercices de sécurité réalisés par le SDIS (Service Départemental de l'Incendie et de Secours) et le GRIMP (Groupe de Reconnaissance et d'Intervention en Milieux Périlleux).

Durée de validité : durant toute la durée d'exploitation du parc.

9.7.2.3 Document Unique de l'évaluation des risques

Pourquoi : Pour répertorier l'ensemble des risques auxquels les salariés sont soumis. Ceci est fait par l'évaluation des risques de chaque poste de travail. Obligation règlementaire du code du travail : R 4121-1 issu du décret 2001-1016 du 5 novembre 2001.

Où : Au siège de la société d'exploitation (VALEMO).

Par qui : la société d'exploitation (VALEMO).

Pour qui : il est tenu à disposition des travailleurs, des membres du CHSCT, de la médecine du travail, des agents de l'inspection du travail, des agents des services de prévention des organismes de sécurité sociale, des agents des organismes professionnels de santé, de sécurité et des conditions de travail.

Contenu : une désignation des unités de travail, une grille de cotation des risques, l'analyse des risques de chaque unité de travail sur l'ensemble des risques professionnels définis, les mesures de prévention existantes.

Durée de validité : mis à jour tous les ans.

9.7.2.4 Manuel de secours

Pourquoi : Pour regrouper sur un seul document l'ensemble des informations nécessaires aux services de secours dont dépend le parc.

Où : annexé au plan de prévention des risques.

Par qui : le chargé d'exploitation de la société d'exploitation (VALEMO).

Pour qui : A destination des services de secours (SDIS et GRIMP) du département où est situé le parc.

Contenu : plan détaillé du parc, principales caractéristiques des machines, instruction en cas d'incendie ou d'accident. En annexe les manuels d'utilisation des différentes machines et systèmes de sécurité.

Durée de validité : durant toute la durée d'exploitation du parc. A mettre à jour si nécessaire (par exemple : évolution des systèmes de sécurité).

9.7.2.5 Carnet de terrain

Pourquoi : Pour que chaque salarié intervenant sur le parc dispose des informations indispensables des installations sur lui.

Où : sur soi dès qu'une personne est en intervention sur le site.

Par qui : le chargé d'exploitation de la société d'exploitation (VALEMO).

Pour qui : pour les salariés de la société d'exploitation (VALEMO) intervenants sur le parc.

Contenu : plan du parc, liste des contacts, plan d'évacuation de l'éolienne, instructions de sécurité, instructions de premiers secours, instruction de message d'alerte, liste des EPI, instruction en cas d'incendie ou d'accident.

Durée de validité : durant toute la durée d'exploitation du parc. A mettre à jour si nécessaire (par exemple : évolution des systèmes de sécurité).

9.7.2.6 Synthèse

Le tableau récapitulatif ci-dessous contient les principales informations relatives à la sécurité et présentes dans les différents documents mis à disposition des intervenants sur le site.

Document	N° d'urgence	Consignes de sécurité	Consignes d'intervention	Plan du parc éolien	Caractéristiques des machines	Mise à jour annuelle
Plan de Prévention des Risques	X	X	X	X	X	X
Registre de sécurité	X				X	
Manuel de secours	X	X		X	X	
Carnet de terrain	X	X		X		

9.7.3 Affichage des consignes

Les consignes de sécurité en cas d'incendie et en cas d'accident ainsi que le plan d'évacuation d'urgence et de sauvetage sont affichés sur le poste de livraison et dans chaque éolienne en pied de mât et dans la nacelle (cf. annexes).

De plus, en cas d'accident du travail et/ou d'accident corporel significatif, les consignes à tenir figurent dans le plan de prévention, le manuel de secours et le carnet de terrain.

9.7.4 Organisation de la sécurité

Les intervenants extérieurs ont pour consigne de prévenir le chargé d'exploitation de VALEMO avant toute visite sur site.

Toutes les sociétés extérieures travaillant sur site ont signé au préalable le plan de prévention.

L'ensemble du personnel de la société d'exploitation (VALEMO) effectue régulièrement des exercices incendie avec le SDIS ainsi que des exercices d'évacuation d'urgence avec le GRIMP.

Des contrôles réglementaires sont effectués par des bureaux de contrôle (mandatés par le turbinier généralement). VALEMO procède de manière systématique à la vérification de la bonne réalisation de ces contrôles et récupère l'ensemble des informations qui sont regroupées dans le registre unique de sécurité (présent au siège de VALEMO).

9.7.5 Organisation des premiers secours

Les services de secours sont informés par l'exploitant dans un délai de 15 minutes, en cas d'incendie ou de régime de survitesse. La mise en œuvre des procédures d'arrêt d'urgence dans un délai de 60 minutes en cas

d'incendie. Des trousses de premiers secours sont disponibles dans l'éolienne, dans le poste de livraison et dans le véhicule d'intervention.

9.7.6 Formation du personnel

Au siège de VALEMO est consigné un tableau de suivi de toutes les formations effectuées par le personnel :

- Formation aux premiers gestes de secours (SST) : session initiale + renouvellement tous les 2 ans + session spéciale sur site
- Habilitation électrique : tous les 3 ans
- Habilitation travail en hauteur : tous les 3 ans
- Formation incendie : dans le cadre des formations du groupe VALOREM
- Formation évacuation d'urgence : 1 fois par an avec le GRIMP sur un parc en exploitation.

9.8 Equipements de protection individuelle et collective

9.8.1 EPI du personnel du parc et des visiteurs

Toute personne présente sur le parc éolien doit obligatoirement porter les EPI suivants : un casque, des chaussures de sécurité et un gilet fluorescent.

Toute personne montant dans une éolienne doit obligatoirement porter les EPI suivants :

- un casque avec jugulaire
- des gants isolants
- des chaussures de sécurité
- un harnais 3 points
- une longe
- un système d'évacuation Milan avec sac de cordes (au minimum un système d'évacuation pour deux personnes)
- un système stop chute pour l'accès à des éoliennes sans élévateur

Toute personne travaillant sur du matériel électrique du parc doit obligatoirement porter les EPI suivants:

- un casque avec visière (lunette anti UV)
- des gants électriques adaptés à la tension électrique du matériel
- des chaussures de sécurité
- un VAT (Vérificateur d'Absence de Tension)

Un contrôle annuel de ces EPI est réalisé par un organisme habilité.

9.8.2 Protection collective

Dans le cadre de travaux électriques (dans le poste de livraison et/ou dans l'éolienne), le personnel dispose de tapis ou tabouret isolant et d'un vérificateur d'absence de tension (VAT).

De plus, des extincteurs sont disposés à l'intérieur des installations (au minimum 2 dans l'éolienne et 1 dans le poste de livraison).

9.9 Conclusion de l'analyse préliminaire 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/m² 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 modifié 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 inexistants 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 modifié [9] et impose le respect des normes NFC 15-100, NFC 13-100 et NFC 13-200)
Chute et projection de glace dans les cas particuliers où les températures hivernales ne sont pas inférieures à 0°C	Lorsqu'un aérogénérateur est implanté sur un site où les températures hivernales ne sont pas inférieures à 0°C, il peut être considéré que le risque de chute ou de projection de glace est nul. Des éléments de preuves doivent être apportés pour identifier les implantations où de telles conditions climatiques sont applicables.

Nom du scénario exclu	Justification
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 développé 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.

10 Etude détaillée des risques

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

10.1 Rappel des définitions

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.

10.1.1 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.

10.1.2 Intensité

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

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

Or, les seuils d'effets proposés dans l'arrêté du 29 septembre 2005 caractérisent des phénomènes dangereux dont l'intensité s'exerce dans toutes les directions autour de l'origine du phénomène, 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.

10.1.3 Gravité

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

Intensité / 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
« Importante »	Au plus 1 personne exposée	Entre 1 et 10 personnes exposées	Entre 10 et 100 personnes exposées
« Sérieuse »	Aucune personne exposée	Au plus 1 personne exposée	Moins de 10 personnes exposées
« Modérée »	Pas de zone de létalité en dehors de l'établissement	Pas de zone de létalité en dehors de l'établissement	Présence humaine exposée inférieure à « une personne »

La détermination du nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes) présentes dans chacune des zones d'effet est effectuée à l'aide d'une méthode basée 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.

10.1.4 Probabilité

L'annexe I de l'arrêté du 29 septembre 2005 définit les classes de probabilité qui doivent être utilisée 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** Evènement similaire déjà rencontré dans le secteur d'activité ou dans ce type d'organisation au niveau mondial, sans que les éventuelles corrections intervenues depuis apportent une garantie de réduction significative de sa probabilité.	$10^{-4} < P \leq 10^{-3}$
D	**Rare** S'est déjà produit mais a fait l'objet de mesures correctives réduisant significativement la probabilité.	$10^{-5} < P \leq 10^{-4}$
E	**Extrêmement rare** Possible mais non rencontré au niveau mondial. N'est pas impossible au vu des connaissances actuelles.	$\leq 10^{-5}$

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

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

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

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

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

P.accident = PERC x P.orientation x P.rotation x P.atteinte x P.présence

PERC = probabilité que l'événement redouté central (défaillance) se produise = probabilité de départ

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

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

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

P.présence = probabilité de présence d'un enjeu donné au point d'impact sachant que l'élément est projeté en ce point donné

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

10.1.5 Acceptabilité

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.

Gravité	Classe de Probabilité				
	E	D	C	B	A
Désastreux					
Catastrophique					
Important					
Sérieux					
Modéré					

Légende de la matrice

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

10.2 Caractérisation des scénarios retenus

Les dimensions retenues pour le calcul des zones d'effet et d'impact sont :

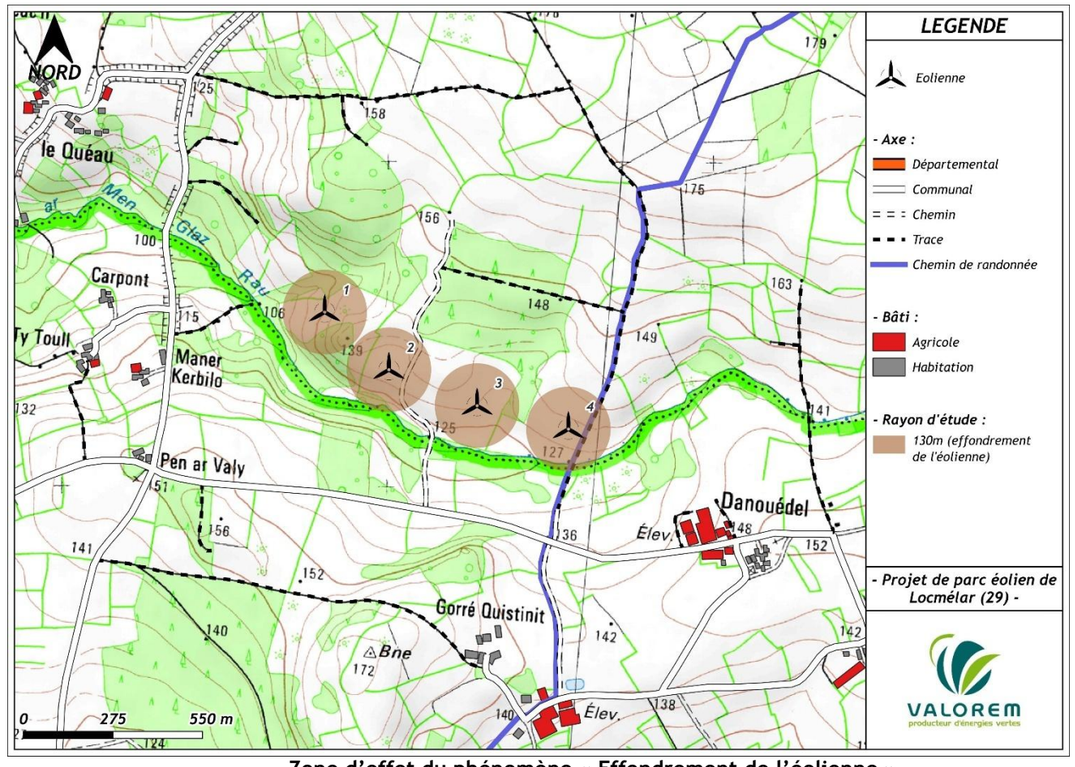
- **Hauteur hors tout de 130 m maximal,**
- **Hauteur maximale en sommet de nacelle de 83 m. Dans le cadre de l'évaluation des risques, cette hauteur de nacelle correspond aux caractéristiques du modèle le plus impactant pour une hauteur hors tout de 130 m.**

10.2.1 Effondrement de l'éolienne

10.2.1.1 Zone d'effet

La zone d'effet de l'effondrement d'une éolienne correspond à une surface circulaire de rayon égal à la hauteur maximale totale de l'éolienne en bout de pale, **soit 130 mètres dans le cas des éoliennes du parc éolien de Locmélar.**

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.



Zone d'effet du phénomène « Effondrement de l'éolienne »

10.2.1.2 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.

La zone d'effet de l'effondrement d'une éolienne correspond à la surface circulaire de rayon égal à la hauteur maximale totale de l'éolienne en bout de pale, soit 130 mètres dans le cas des éoliennes de Locmélar.

Le tableau ci-dessous permet d'évaluer l'intensité du phénomène d'effondrement de l'éolienne.

Effondrement de l'éolienne (dans un rayon inférieur ou égal à la hauteur totale de l'éolienne en bout de pale)			
Zone d'impact en m² $Z_I = (H) \times L + 3*R*LB/2$	**Zone d'effet du phénomène étudié en m²** $Z_E = \pi \times (\text{Hauteur bout de pale})^2$	**Degré d'exposition du phénomène étudié en %** $d=(Z_I/ZE)x100$	**Intensité**
La zone d'impact est de 432 m²	*La zone d'effet est de 52 279 m²*	*0,83 %* *(< 1 %)*	*Exposition modérée*

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

10.2.1.3 Gravité

En fonction de cette intensité et des définitions issues de l'arrêté du 29 septembre 2005 (voir paragraphe 9.1.3.), il est possible de définir les différentes classes de gravité pour le phénomène d'effondrement, dans le rayon inférieur ou égal à la hauteur totale de l'éolienne :

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

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

Il est à noter que pour la plupart des parcs éoliens, la zone de survol de l'éolienne est un terrain non aménagé et très peu fréquenté (1 personne pour 100 ha d'après la fiche n°1 de la circulaire du 10 mai 2010). **Dans le cas du parc éolien de Locmélar, la zone de survol de certaines éoliennes est également composée d'un chemin rural, une voix de circulation non structurante considérée comme un terrain aménagé mais peu fréquenté, ainsi que d'un chemin de randonnée. Au vu de la présence d'un chemin d'accès dans la zone de survol de E2, la fréquentation y est majorée en comptant 1 personne par 10 ha. Pour E4 dont la zone de survol est composée du chemin de randonnée GR de Pays des Monts d'Arrée (anciennement GR380) et d'une piste d'accès, la fréquentation est majorée en comptant 1 personne par 10 ha, ainsi que 2 personnes pour km de chemin de randonnée (ici 236 m de chemin passe dans la zone d'effet) par tranche de 100 promeneurs/jour en moyenne.** A noter que le chemin de randonnée n'étant pas équipé de compteur, la Fédération française de Randonnée Finistère ne connait pas la fréquentation de cet itinéraire. Une moyenne conservatrice a donc été utilisée.

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

Effondrement de l'éolienne (dans un rayon inférieur ou égal à la hauteur totale de l'éolienne en bout de pale)		
Eolienne	**Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)**	**Gravité**
E1 et E3	*0.05 équivalent personne permanente dans la zone d'effet*	*Modérée*
E2	*0.52 équivalent personne permanente dans la zone d'effet*	*Modérée*
E4	*0.99 équivalent personne permanente dans la zone d'effet*	*Modérée*

10.2.1.4 Probabilité

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

Source	Fréquence	Justification
Guide for risk based zoning of wind turbines [5]	$4,5 \times 10^{-4}$	Retour d'expérience
Specification of minimum distances [6]	$1,8 \times 10^{-4}$ (Effondrement de la nacelle et de la tour)	Retour d'expérience

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

Le retour d'expérience français montre également une classe de probabilité « C ». En effet, il a été recensé seulement 7 événements pour 15 667 années d'expérience[2] , soit une probabilité de 4,47 x 10-4 par éolienne et par an.

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

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

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

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

On note d'ailleurs, dans le retour d'expérience français, qu'aucun effondrement n'a eu lieu sur les éoliennes mises en service après 2005. De manière générale, le respect des prescriptions de l'arrêté du 26 août 2011 modifié 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 déjà produit mais a fait l'objet de mesures correctives réduisant significativement la probabilité ».

10.2.1.5 Acceptabilité

Dans le cas d'implantation d'éoliennes équipées des technologies récentes, compte tenu de la classe de probabilité d'un effondrement, on pourra conclure à l'acceptabilité de ce phénomène si moins de 10 personnes sont exposées.

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

[2] 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.

Effondrement de l'éolienne (dans un rayon inférieur ou égal à la hauteur totale de l'éolienne en bout de pale)			
Intensité	**Eolienne**	**Gravité**	**Niveau de risque**
Modérée	*E1 à E4*	*Modérée*	*Acceptable*

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

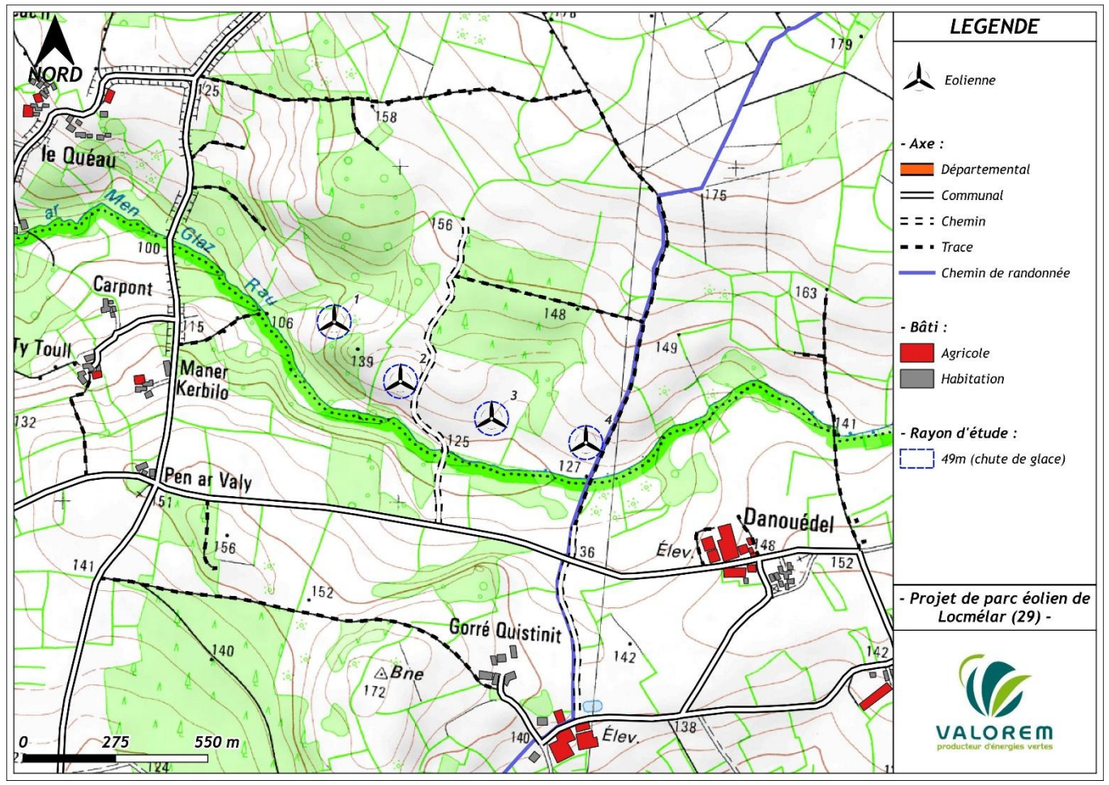
10.2.2 Chute de glace

10.2.2.1 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.

10.2.2.2 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 (soit 49 m, ce qui correspond aux caractéristiques du modèle le plus impactant pour une hauteur hors tout de 130 m). Cependant, il convient de noter que, lorsque l'éolienne est à l'arrêt, les pales n'occupent qu'une faible partie de cette zone.



Zone d'effet du phénomène « Chute de glace »

10.2.2.3 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 Locmélar.

Chute de glace (dans un rayon inférieur ou égal à D/2 = zone de survol)			
Zone d'impact en m^2 Z_I= SG	Zone d'effet du phénomène étudié en m^2 Z_E= π x R^2	Degré d'exposition du phénomène étudié en % **$d=(Z_I/ZE)x100$**	Intensité
La zone d'impact est de 1 m^2	*La zone d'effet est de 7 543 m^2*	*0,01%* *(< 1 %)*	*Exposition modérée*

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

10.2.2.4 Gravité

En fonction de cette intensité et des définitions issues de l'arrêté du 29 septembre 2005 (voir paragraphe 9.1.3.), 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 »

Il est à noter que pour la plupart des parcs éoliens, la zone de survol de l'éolienne est un terrain non aménagé et très peu fréquenté (1 personne pour 100 ha d'après la fiche n°1 de la circulaire du 10 mai 2010). **Cependant, dans le cas du parc éolien de Locmélar, la zone de survol de l'éolienne E2 est également composée d'un chemin d'exploitation privé, soit une voie de circulation non structurante considérée comme un terrain aménagé mais peu fréquenté. Au vu de la présence de ce chemin d'accès dans la zone de survol, la fréquentation est majorée en comptant 1 personne par 10 ha pour E2.**

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

Chute de glace (dans un rayon inférieur ou égal à D/2 = zone de survol)		
Eolienne	**Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)**	**Gravité**
E1, E3, E4	*0,01 équivalent personne permanente dans la zone d'effet*	*Modérée*
E2	*0,08 équivalent personne permanente dans la zone d'effet*	*Modérée*

10.2.2.5 Probabilité

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

10.2.2.6 Acceptabilité

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

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

	Chute de glace (dans un rayon inférieur ou égal à D/2 = zone de survol)		
Intensité	**Eolienne**	**Gravité**	**Niveau de risque**
Exposition modérée	*E1 à E4*	*Modérée*	*Acceptable*

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

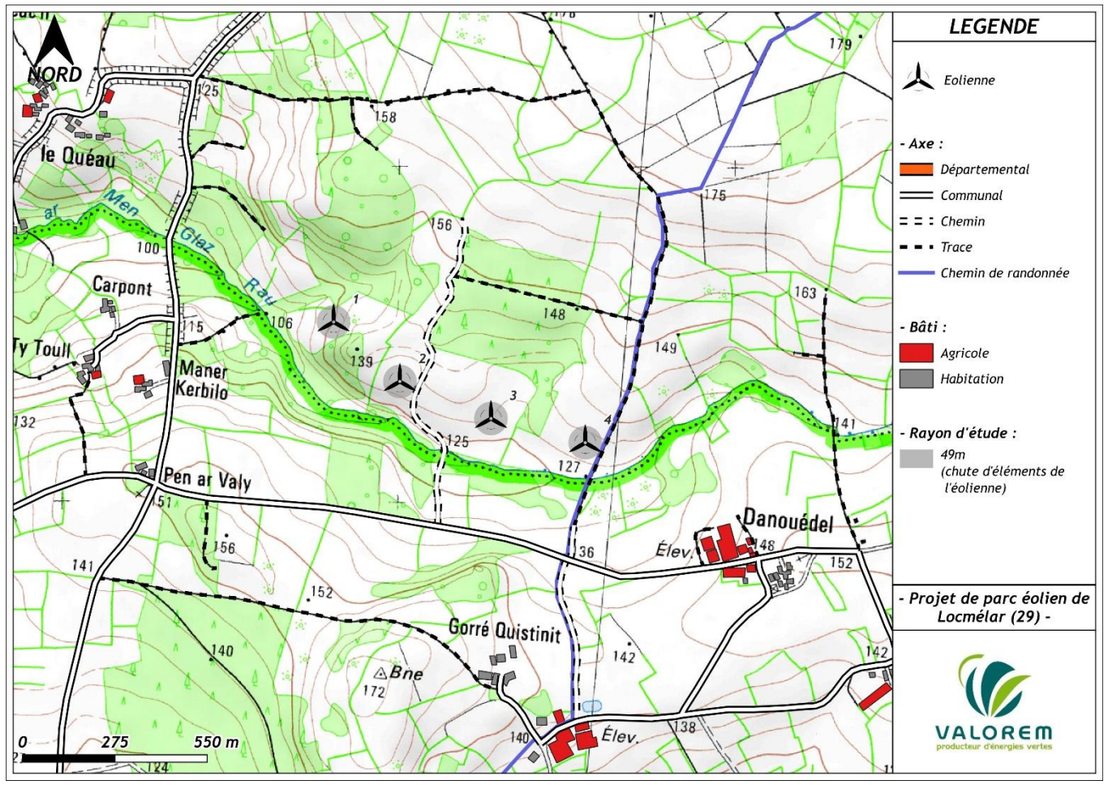
Il convient également de rappeler que, conformément à l'article 14 de l'arrêté du 26 août 2011 modifié, un panneau informant le public des risques (et notamment des risques de chute de glace) sera installé sur le chemin d'accès de chaque aérogénérateur, c'est-à-dire en amont de la zone d'effet de ce phénomène. Cette mesure permettra de réduire les risques pour les personnes potentiellement présentes sur le site lors des épisodes de grand froid.

10.2.3 Chute d'éléments de l'éolienne

10.2.3.1 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 détaillé des risques pour représenter toutes les chutes d'éléments.

Le risque de chute d'élément est cantonné à la zone de survol des pales, c'est-à-dire une zone d'effet correspondant à un disque de rayon égal à un demi-diamètre de rotor, soit 49 m (ce qui correspond aux caractéristiques du modèle le plus impactant pour une hauteur hors tout de 130 m).



Zone d'effet du phénomène « Chute d'éléments de l'éolienne »

10.2.3.2 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-après permet d'évaluer l'intensité du phénomène de chute d'éléments de l'éolienne dans le cas du parc éolien de Locmélar.

Chute d'éléments de l'éolienne (dans un rayon inférieur ou égal à D/2 = zone de survol)			
Zone d'impact en m² $Z_I = R*LB/2$	Zone d'effet du phénomène étudié en m² $Z_E = \pi \times R^2$	Degré d'exposition du phénomène étudié en % **$d=(Z_I/ZE)x100$**	Intensité
La zone d'impact est de 46 m²	*La zone d'effet est de 7 543 m²*	*0,61 % (< 1 %)*	*Exposition modérée*

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

10.2.3.3 Gravité

En fonction de cette intensité et des définitions issues de l'arrêté du 29 septembre 2005 (voir paragraphe 10.1.3.), il est possible de définir les différentes classes de gravité pour le phénomène de chute d'éléments, dans la zone de survol de l'éolienne :

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

Il est à noter que pour la plupart des parcs éoliens, la zone de survol de l'éolienne est un terrain non aménagé et très peu fréquenté (1 personne pour 100 ha d'après la fiche n°1 de la circulaire du 10 mai 2010). **Cependant, dans le cas du parc éolien de Locmélar, la zone de survol de E2 est également composée d'un chemin d'exploitation privé, soit une voix de circulation non structurante considérée comme un terrain aménagé mais peu fréquenté. Au vu de la présence de ce chemin d'accès dans la zone de survol la fréquentation est majorée en comptant 1 personne par 10 ha pour E2.**

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

Chute d'éléments de l'éolienne (dans un rayon inférieur ou égal à D/2 = zone de survol)		
Eolienne	**Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes) dans la zone d'effet**	**Gravité**
E1, E3, E4	*0,01 équivalent personne permanente*	*Modérée*
E1, E3, E4	*0,08 équivalent personne permanente*	*Modérée*

10.2.3.4 Probabilité

Peu d'élément 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 x 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 » : « Evènement 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.

10.2.3.5 Acceptabilité

Avec une classe de probabilité « C », le risque de chute d'éléments pour chaque aérogénérateur est évalué comme acceptable dans le cas d'un nombre de personnes permanentes (ou équivalent) inférieur à 10 dans la zone d'effet. Le tableau suivant rappelle, pour chaque aérogénérateur du parc de Locmélar, la gravité associée et le niveau de risque (acceptable/inacceptable) :

	Chute d'éléments de l'éolienne (dans un rayon inférieur ou égal à D/2 = zone de survol)		
Intensité	**Eolienne**	**Gravité**	**Niveau de risque**
Exposition modérée	*E1 à E4*	*Modérée*	*Acceptable*

Ainsi, pour le parc éolien de Locmélar, le phénomène de chute d'éléments des éoliennes constitue un risque acceptable pour les personnes.

10.2.4 Projection de pales ou de fragments de pales

10.2.4.1 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 :

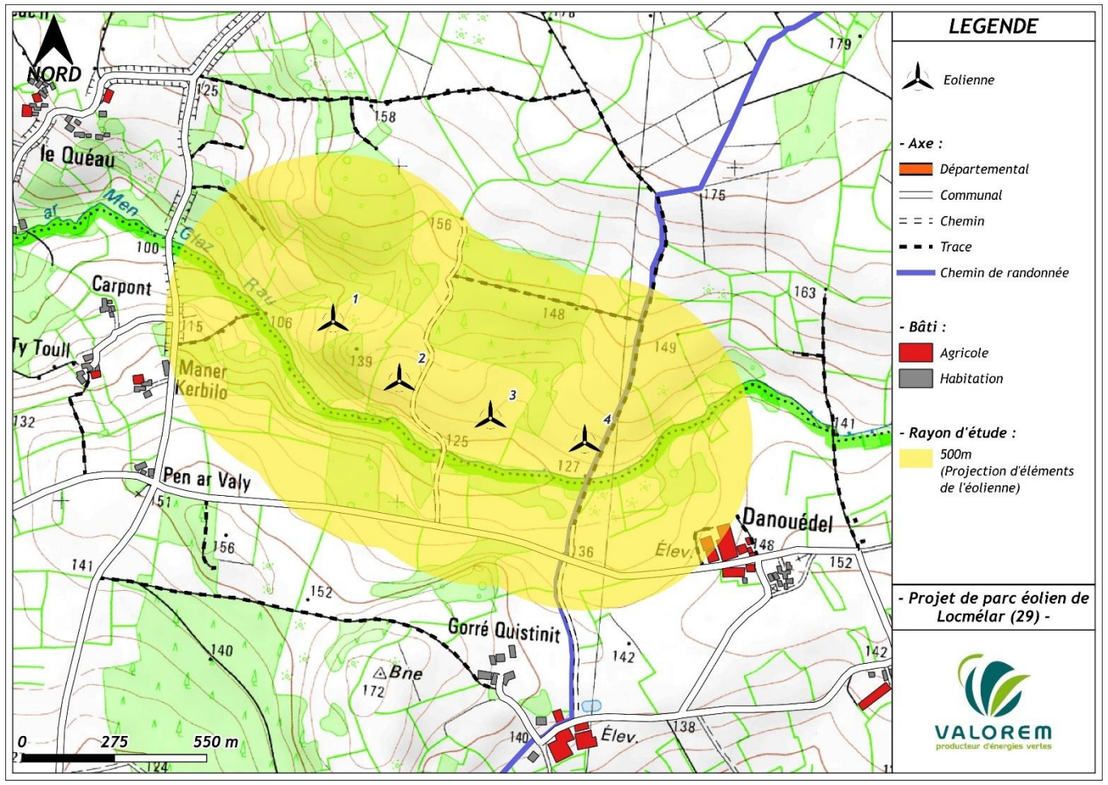
- 1300 m rapporté pour un accident à Hundhammerfjellet en Norvège le 20/01/2006
- 1000 m rapporté pour un accident à Burgos en Espagne le 09/12/2000

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 journaux 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.



Zone d'effet du phénomène « Projection de pales ou de fragments de pales »

10.2.4.2 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-après permet d'évaluer l'intensité du phénomène de chute d'éléments de l'éolienne dans le cas du parc éolien de Locmélar.

Projection de pale ou de fragment de pale (zone de 500 m autour de chaque éolienne)			
Zone d'impact en m² Z_I=R*LB/2	Zone d'effet du phénomène étudié en m² Z_E= π x (500)²	Degré d'exposition du phénomène étudié en % **d=(Z_I/ZE)x100**	Intensité
La zone d'impact est de 46 m²	*La zone d'effet est de 785 398 m²*	*0,01 %* *(< 1 %)*	*Exposition modérée*

10.2.4.3 Gravité

En fonction de cette intensité et des définitions issues de l'arrêté du 29 septembre 2005 (voir paragraphe 9.1.3.), 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 »

Il est à noter que pour la plupart des parcs éoliens, la zone de survol de l'éolienne est un terrain non aménagé et très peu fréquenté (1 personne pour 100 ha d'après la fiche n°1 de la circulaire du 10 mai 2010). **Cependant, dans le cas du parc éolien de Locmélar, au vu de la présence de voix de circulation non structurantes (pistes et chemins d'accès) dans la zone de survol, la fréquentation est majorée en comptant 1 personne par 10 ha pour toutes les éoliennes. A noter que le chemin de randonnée GR de Pays des Monts d'Arrée (anciennement GR380) passe dans la zone d'effet de E3 et E4, la fréquentation est donc majorée de 2 personnes pour 1 km de chemin (730 et 1019 m de chemin de randonnée dans la zone d'effet de E3 et E4 respectivement) par tranche de 100 promeneurs/jour en moyenne**. Le chemin de randonnée n'étant pas équipé d'un compteur, le Comité départemental FFRandonnée Finistère n'est pas en mesure de donner la fréquentation de cet itinéraire. Une moyenne conservatrice a donc été utilisée. **Une exploitation porcine avec 3 à 5 salariés étant présente dans la zone d'effet de E4, sa fréquentation est majorée de 5 personnes en moyenne par jour.**

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

Projection de pale ou de fragment de pale (Zone de 500 m autour de chaque éolienne)		
Eolienne	**Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)**	**Gravité**
E1, E2	*7,85 équivalents personne permanente dans la zone d'effet*	*Sérieux*
E3	*9,32 équivalents personne permanente dans la zone d'effet*	*Sérieux*
E4	*14,89 équivalents personne permanente dans la zone d'effet*	*Importante*

10.2.4.4 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 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 x 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 » : « Evènement 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 / carbone, résines, etc.)

De manière générale, le respect des prescriptions de l'arrêté du 26 août 2011 modifié 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 ».

10.2.4.5 Acceptabilité

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

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

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

Le tableau suivant rappelle, pour chaque aérogénérateur du parc éolien de Locmélar, 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)			
Intensité	**Eolienne**	**Gravité**	**Niveau de risque**
Exposition modérée	*E1 à E3*	*Sérieuse*	*Acceptable*
Exposition modérée	*E4*	*Importante*	*Acceptable*

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

10.2.5 Projection de glace

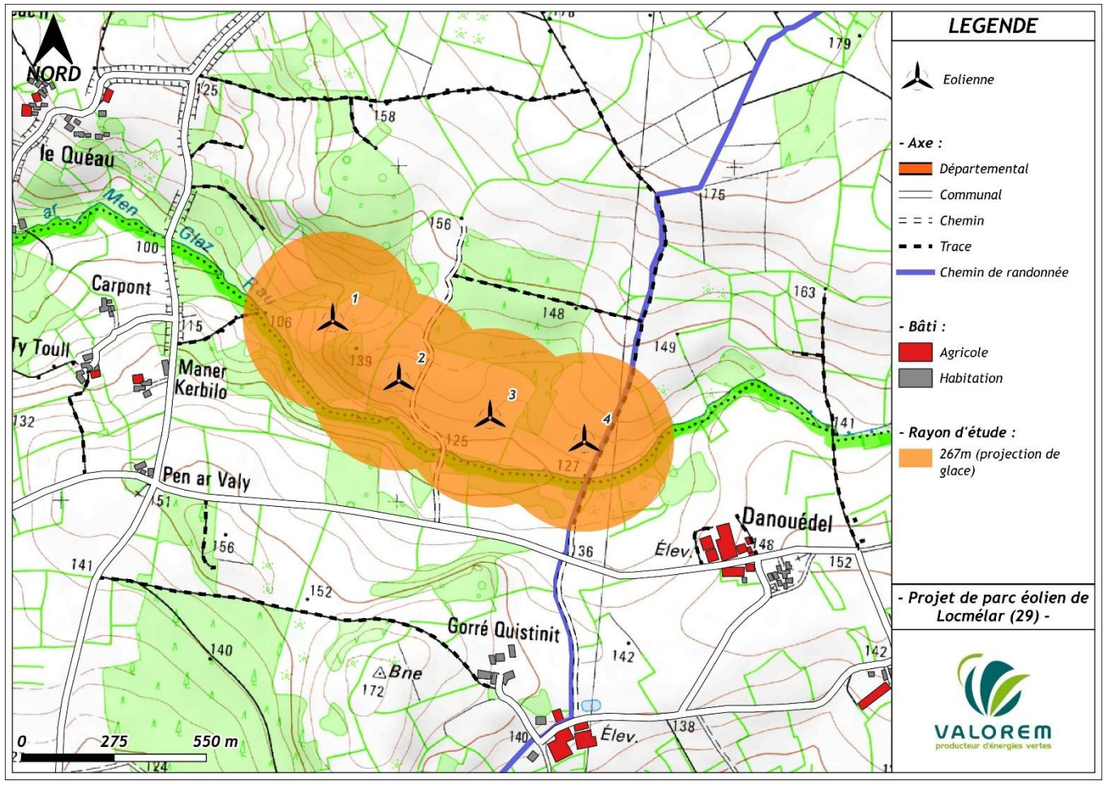
10.2.5.1 Zone d'effet

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) ; soit 267 m.

Cette distance de projection est jugée conservative 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.



Zone d'effet du phénomène « Projection de glace »

10.2.5.2 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 Locmélar. d est le degré d'exposition, ZI la zone d'impact, ZE la zone d'effet, R la longueur de pale (R), H la hauteur au moyeu (H), et SG la surface majorante d'un morceau de glace (SG = 1 m²).

Projection de morceaux de glace (dans un rayon de R_{PG} = 1,5 x (H+2R) autour de l'éolienne)			
Zone d'impact en m² Z_I= SG	**Zone d'effet du phénomène étudié en m² ZE = π x (1,5*(H+2*R))²**	**Degré d'exposition du phénomène étudié en % d=(Z_I/ZE)x100**	**Intensité**
La zone d'impact est de 1 m²	*La zone d'effet est de 223 961 m²*	*0,0004 % (< 1 %)*	*Exposition modérée*

10.2.5.3 Gravité

En fonction de cette intensité et des définitions issues de l'arrêté du 29 septembre 2005 (voir paragraphe 9.1.3.), 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.

Il est à noter que pour la plupart des parcs éoliens, la zone de survol de l'éolienne est un terrain non aménagé et très peu fréquenté (1 personne pour 100 ha d'après la fiche n°1 de la circulaire du 10 mai 2010). **Cependant, dans le cas du parc éolien de Locmélar, la zone de survol des éoliennes est également composée de route d'accès (voie non structurante) et de chemins ruraux considérés comme un terrain aménagé mais peu fréquenté. Au vu de la présence de la voie non structurante, de plusieurs pistes, chemins d'accès dans la zone de d'effet, la fréquentation est majorée en comptant 1 personne par 10 ha pour l'ensemble des éoliennes. 519 m du chemin de randonnée GR de Pays des Monts d'Arrée passant dans la zone d'effet de E4, sa fréquentation est majorée de 2 personnes pour 1 km de chemin par tranche de 100 promeneurs/jour en moyenne. A noter que le chemin de randonnée n'étant pas équipé de compteur, le Comité départemental**

FFRandonnée Finistère n'est pas en mesure de donner la fréquentation de cet itinéraire. Une moyenne conservatrice a donc été utilisée.

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

Projection de morceaux de glace (dans un rayon de R_{PG} = 1,5 x (H+2R) autour de l'éolienne)		
Eolienne	**Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)**	**Gravité**
E1 à E3	*2,24 équivalents personne permanente dans la zone d'effet*	*Sérieuse*
E4	*3,28 équivalents personne permanente dans la zone d'effet*	*Sérieuse*

10.2.5.4 Probabilité

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

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

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

10.2.5.5 Acceptabilité

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

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

Projection de morceaux de glace (dans un rayon de R_{PG} = 1,5 x (H+2R) autour de l'éolienne)				
Eolienne	**Gravité**	**Niveau de risque initial**	**Présence de système d'arrêt en cas de détection ou déduction de glace et de procédure de redémarrage**	**Niveau de risque revu**
E1 à E4	*Sérieuse*	*Acceptable*	*Oui*	*Acceptable*

Ainsi, pour le parc éolien de Locmélar, le phénomène de projection de glace constitue un risque acceptable pour les personnes du fait de la procédure mise en place en cas de conditions propices au développement de givre (détection du givre, arrêt de l'éolienne et procédure de redémarrage).

10.3 Synthèse de l'étude détaillée des risques

10.3.1 Tableau de synthèse des scénarios étudiés

Le tableau suivant récapitule, pour chaque événement redouté central retenu, les paramètres de risques : la cinétique, l'intensité, la gravité et la probabilité. Le tableau regroupe les éoliennes du parc éolien de Locmélar, qui ont toutes 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.

PARC EOLIEN DE LOCMELAR					
Scénario	**Zone d'effet**	**Cinétique**	**Intensité**	**Probabilité**	**Gravité**
1 Effondrement de l'éolienne	Disque dont le rayon correspond à une hauteur totale de la machine en bout de pale	Rapide	Exposition modérée	D	Modérée
2 Chute de glace	Zone de survol	Rapide	Exposition modérée	A	Modérée
3 Chute d'élément de l'éolienne	Zone de survol	Rapide	Exposition modérée	C	Modérée
4 Projection de pales	500 m autour de l'éolienne	Rapide	Exposition modérée	D	Sérieuse (E1 à E3) Importante (E4)
5 Projection de glace	1,5 x (H + 2R) autour de l'éolienne	Rapide	Exposition modérée	B	Sérieuse

10.3.2 Synthèse de l'acceptabilité des risques

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

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

Conséquence	Classe de Probabilité				
	E	D	C	B	A
Désastreux					
Catastrophique					
Importante		4 (E4)			
Sérieuse		4 (E1 à E3)		5	
Modérée		1	3		2

Légende de la matrice

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

L'étude de dangers a mis en évidence que les risques associés aux scénarios étudiés sont modérés, sérieux voire importants compte tenu des mesures de maîtrise du risque (moyens de prévention et de protection) mis en œuvre.

Il apparaît au regard de la matrice ainsi complétée que :

- Certains scénarios d'accidents figurent en case jaune, pour lesquels les fonctions de sécurité détaillées dans la partie 9.6 sont mises en place.

A l'issue de la démarche d'analyse des risques, des cartes de synthèse des risques sont proposées ci-après par les exploitants pour l'ensemble du parc éolien de Locmélar puis pour chaque éolienne. Elles font apparaître, pour les scénarios détaillés dans le tableau de synthèse :

- les enjeux étudiés dans l'étude détaillée des risques :

- les parcelles agricoles et les chemins agricoles

- les routes départementales

- les chemins de randonnées

- les zones d'effet de chaque phénomène dangereux :

  - projection de pales,

  - projection de glace,

  - effondrement de l'éolienne,

  - chute d'éléments de l'éolienne

  - chute de glace

- le nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes) exposées par zone d'effet, sur la base de :

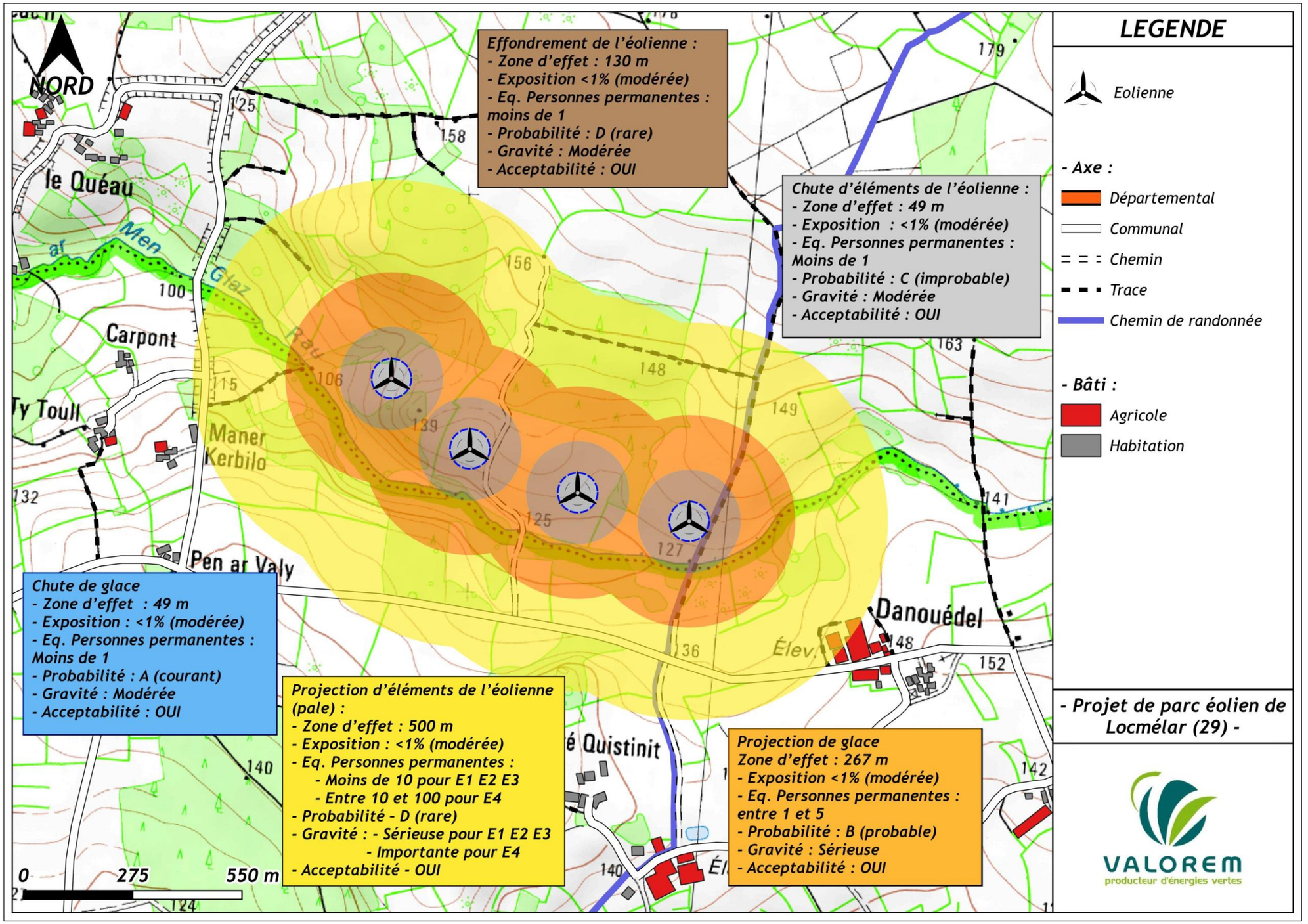
  - terrains non aménagés et très peu fréquentés (champs, prairies, forêts, friches, marais...) : compter 1 personne par tranche de 100 ha.

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

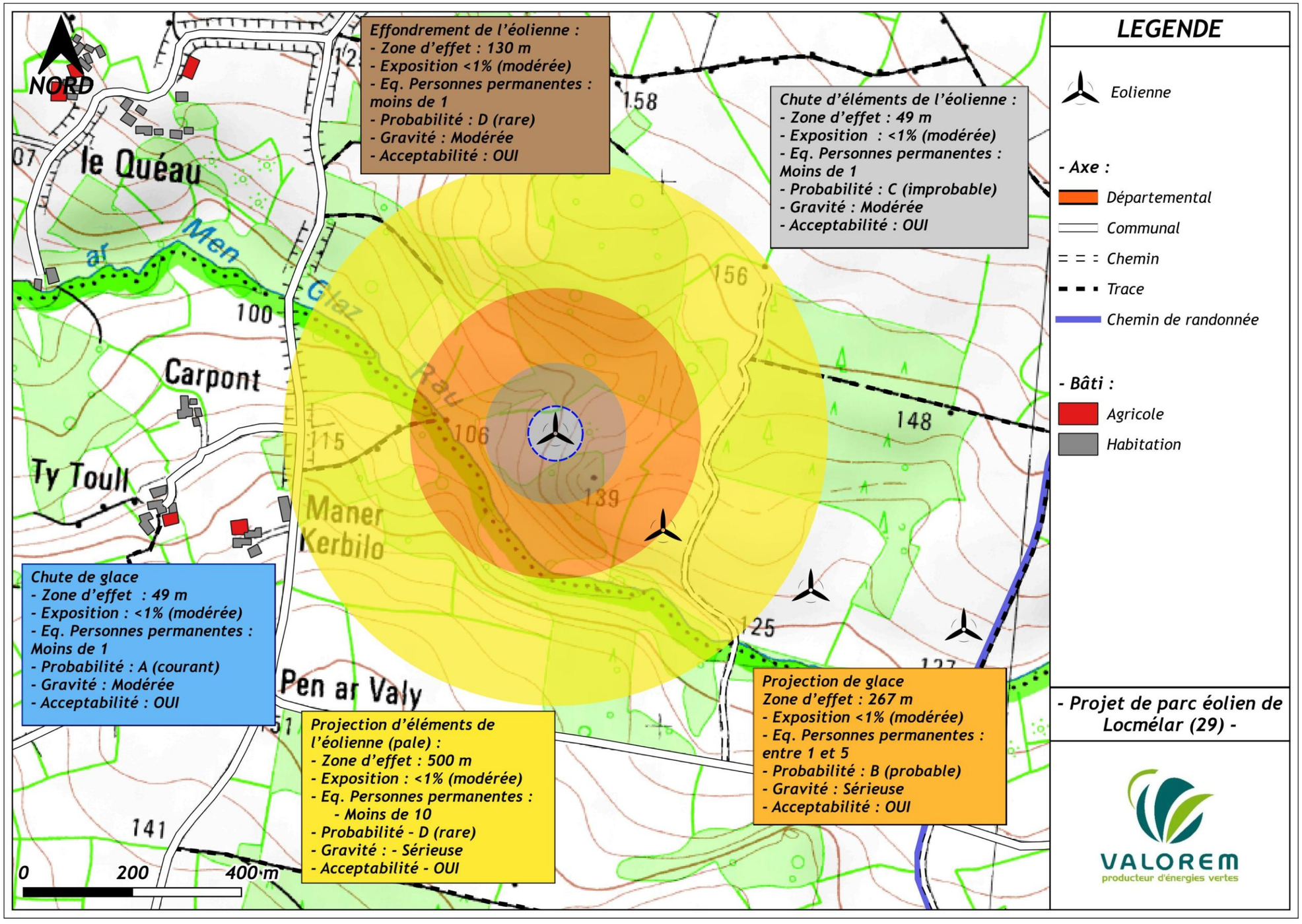
  - la présence de chemins de randonnées, ici le GR de Pays des Monts : compter 2 personnes pour 1 km de chemin par tranche de 100 promeneurs/jour en moyenne, la fréquentation du chemin n'étant pas connue.

  - la présence d'une exploitation porcine avec 3 à 5 salariés : compter 5 personnes

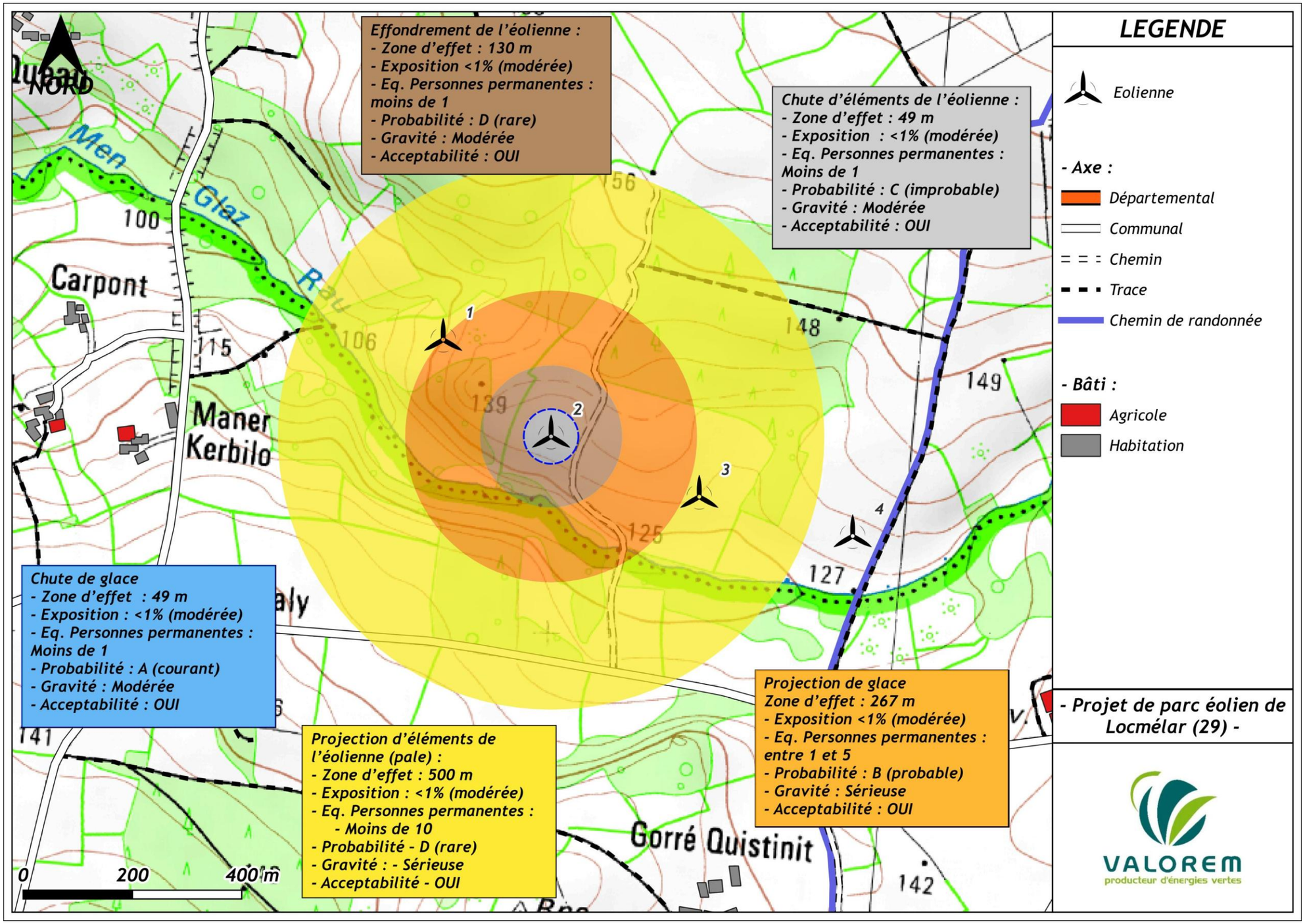
Afin de prendre en compte l'ensemble des spécificités des aires (hétérogénéité avec la présence de champs, routes, pistes, etc.), les calculs ont pris en compte le ratio 1 personne pour 10 ha pour certaines éoliennes. Les résultats de l'étude détaillée des risques sont donc maximisés par rapport à la méthodologie applicable.



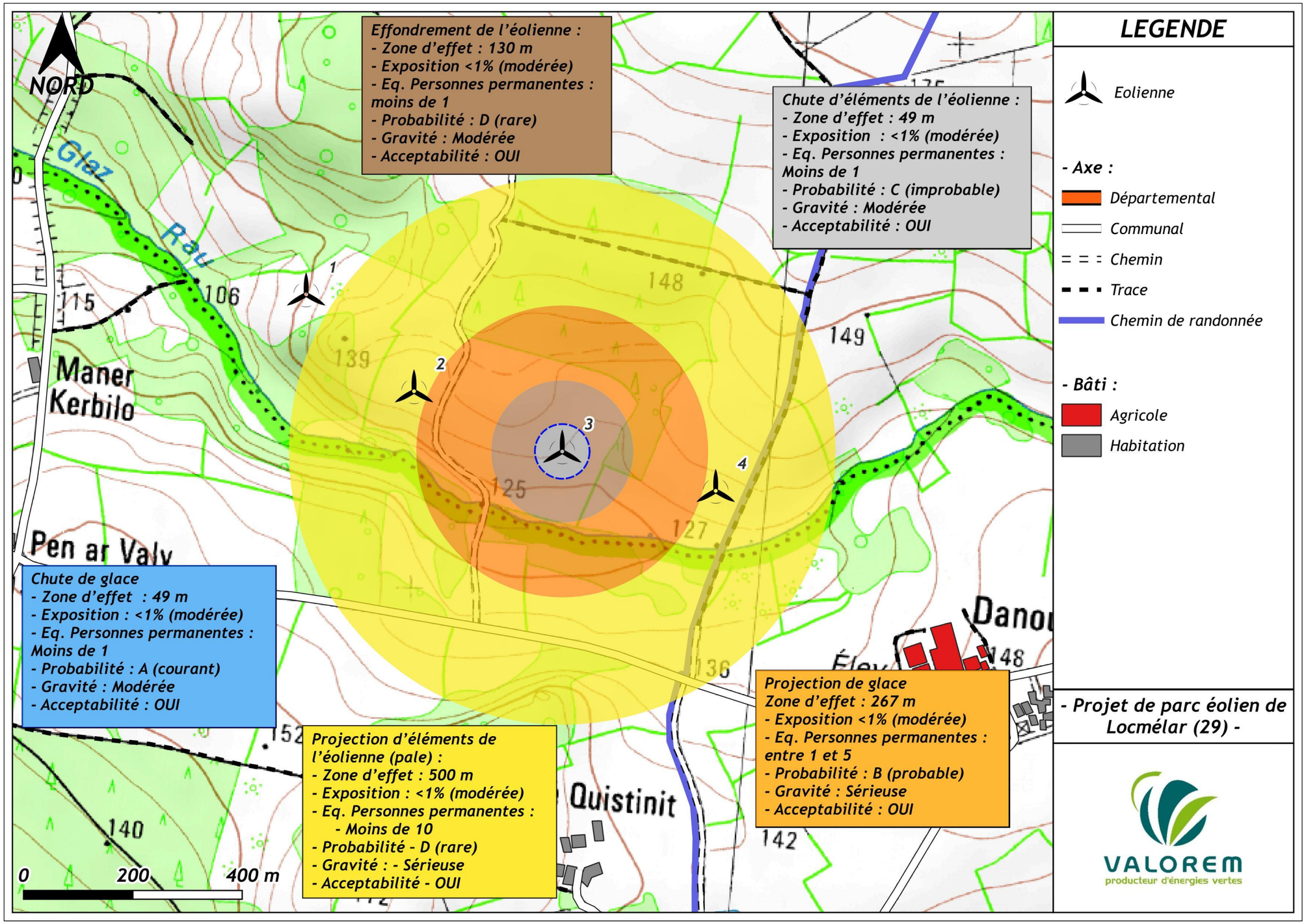
Cartographie de synthèse des risques



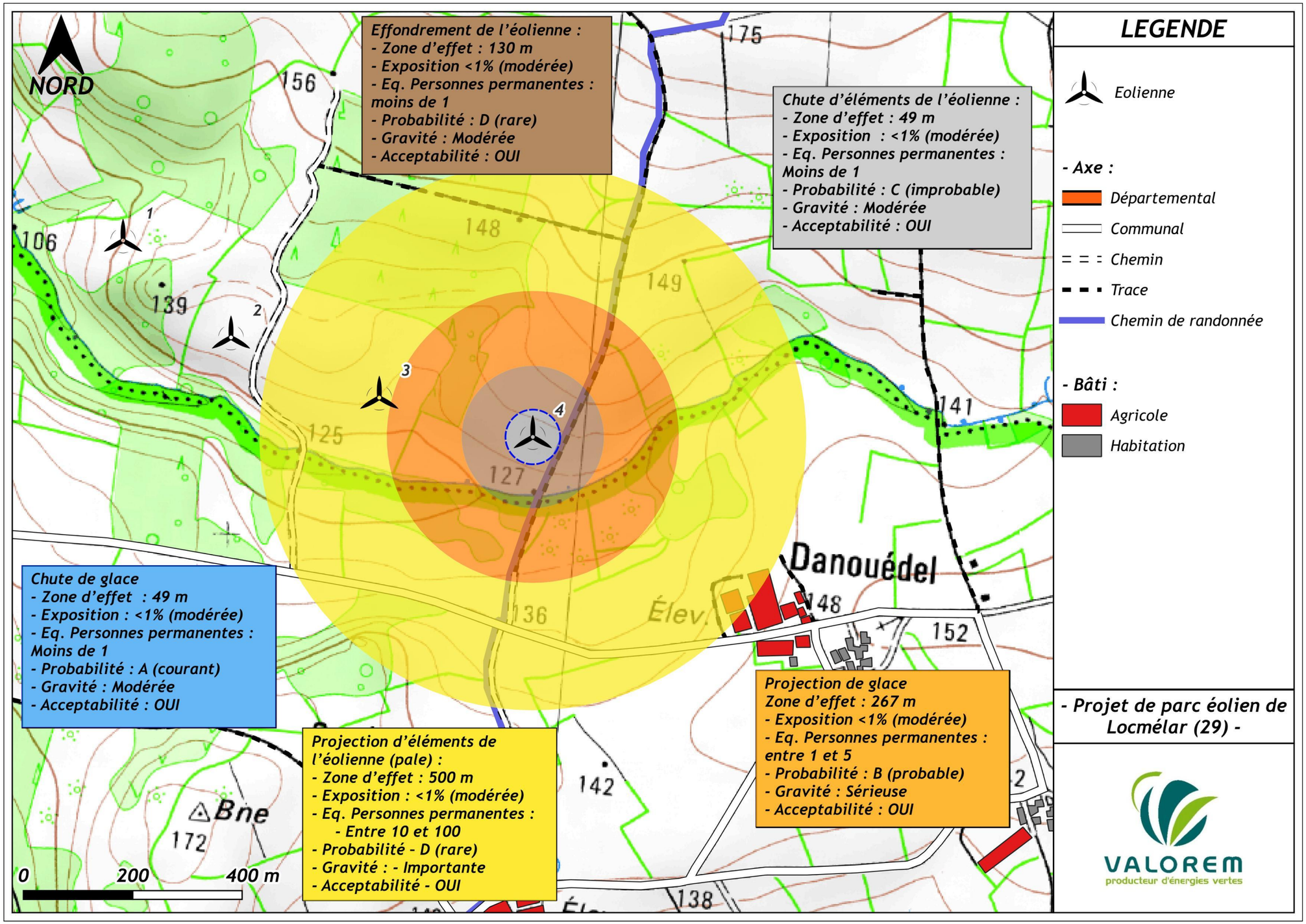
Synthèse des zones d'effet - éolienne E1



Synthèse des zones d'effet – éolienne E2



Synthèse des zones d'effet – éolienne E3



Synthèse des zones d'effet - éolienne E4

11 Conclusion

L'analyse des risques liés aux installations et équipements du site est basée sur un recensement des accidents possibles, sur de l'évaluation de leurs conséquences, de leur probabilité de se réaliser en prenant en compte les moyens de secours et de prévention adaptés notamment à la vitesse d'apparition de l'accident.

A l'issue de l'analyse détaillée des risques effectuée dans l'étude de dangers, les risques potentiels retenus pour les installations du site sont les suivants :

- Risques liés à l'effondrement de l'éolienne, la zone impactée correspondant à une surface dont le rayon est limité à la hauteur totale de l'éolienne en bout de pale ;
- Risques de projection d'objets et plus particulièrement de pales ou parties de pale avec une distance d'effet retenue de 500 mètres issue de l'accidentologie et d'études de risques ;
- Risque de projection de glace en période hivernale, la distance d'effet se calculant à l'aide d'une formule basée sur la hauteur et le diamètre de l'éolienne ;
- Risque de chute de morceaux de glace en période hivernale, la zone impactée correspondant à la zone de survol des pales c'est-à-dire à un disque de rayon égal à un demi diamètre de rotor.
- Risque de chute d'éléments d'éolienne, la zone impactée correspondant à la zone de survol des pales c'est-à-dire à un disque de rayon égal à un demi diamètre de rotor.

Le tableau ci-après est un extrait du tableau d'analyse des risques présentant les scénarios retenus pour modélisation.

Les catégories de scénarios retenus sont les suivants :

- **Effondrement de l'éolienne 1**
- **Chute de glace.....2**
- **Chute d'éléments de l'éolienne 3**
- **Projection de tout ou une partie de pale 4**
- **Projection de glace.....5**

Conséquence	Classe de Probabilité				
	E	D	C	B	A
Désastreux					
Catastrophique					
Importante		4 (E4)			
Sérieuse		4 (E1 à E3)		5	
Modérée		1	3		2

Légende de la matrice :

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

L'étude de dangers a mis en évidence que les risques associés aux scénarios étudiés sont modérés, sérieux voire importants compte tenu des mesures de maîtrise du risque (moyens de prévention et de protection) mis en œuvre.

Il apparaît au regard de la matrice intégrant l'ensemble des mesures de sécurité ainsi complétée que tous les scénarios sont jugés acceptables.

D'après la matrice de criticité et les mesures de maîtrise des risques mises en place, on peut conclure que pour le parc éolien de Locmélar, les risques analysés sont acceptables pour les personnes, quelle que soit l'éolienne considérée.

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

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

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

D'autre part, cette méthode permet ensuite de déterminer la gravité associée à chaque phénomène dangereux retenu dans l'étude détaillée des risques (partie 9).

12.1 Terrains non bâtis

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

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

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

12.2 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 véhicules/jour) sont déjà comptées dans la catégorie des terrains aménagés mais peu fréquentés.

12.2.1 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 × 0,5 × 20 000/100 = 40 personnes.

Nombre de personnes exposées sur voies de communication structurantes en fonction du linéaire et du trafic

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

12.2.2 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.

12.2.3 Voies navigables

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

12.2.4 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.

12.3 Logements

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

12.4 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.

12.5 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.

13 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 de 2000 à mars 2025.

Type d'accident	Date	Nom du parc	Département	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information	Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude de dangers
Effondrement	Novembre 2000	Port la Nouvelle	Aude	0,5	1993	Non	Le mât d'une éolienne s'est plié lors d'une tempête suite à la perte d'une pale (coupure courant prolongée pendant 4 jours suite à la tempête)	Tempête avec foudre répétée	Rapport du CGM Site Vent de Colère	-
Rupture de pale	2001	Sallèles-Limousis	Aude	0,75	1998	Non	Bris de pales en bois (avec inserts)	?	Site Vent de Colère	Information peu précise
Effondrement	01/02/2002	Wormhout	Nord	0,4	1997	Non	Bris d'hélice et mât plié	Tempête	Rapport du CGM Site Vent du Bocage	-
Maintenance	01/07/2002	Port la Nouvelle – Sigean	Aude	0,66	2000	Oui	Grave électrisation avec brûlures d'un technicien	Lors de mesures pour caractériser la partie haute d'un transformateur 690V/20kV en tension. Le mètre utilisé par la victime, déroulé sur 1,46m, s'est soudainement plié et est entré dans la zone du transformateur, créant un arc électrique.	Rapport du CGM	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident sur le personnel de maintenance)
Effondrement	28/12/2002	Névian - Grande Garrigue	Aude	0,85	2002	Oui	Effondrement d'une éolienne suite au dysfonctionnement du système de freinage	Tempête + dysfonctionnement du système de freinage	Rapport du CGM Site Vent de Colère Article de presse (Midi Libre)	-
Rupture de pale	25/02/2002	Sallèles-Limousis	Aude	0,75	1998	Non	Bris de pale en bois (avec inserts) sur une éolienne bipale	Tempête	Article de presse (La Dépêche du 26/03/2003)	Information peu précise
Rupture de pale	05/11/2003	Sallèles-Limousis	Aude	0,75	1998	Non	Bris de pales en bois (avec inserts) sur trois éoliennes. Morceaux de pales disséminés sur 100 m.	Dysfonctionnement du système de freinage	Rapport du CGM Article de presse (Midi Libre du 15/11/2003)	-
Effondrement	01/01/2004	Le Portel – Boulogne sur Mer	Pas de Calais	0,75	2002	Non	Cassure d'une pale, chute du mât et destruction totale. Une pale tombe sur la plage et les deux autres dérivent sur 8 km.	Tempête	Base de données ARIA Rapport du CGM Site Vent de Colère Articles de presse (Windpower Monthly May 2004, La Voix du Nord du 02/01/2004)	-
Effondrement	20/03/2004	Loon Plage – Port de Dunkerque	Nord	0,3	1996	Non	Couchage du mât d'une des 9 éoliennes suite à l'arrachement de la fondation	Rupture de 3 des 4 micropieux de la fondation, erreur de calcul (facteur de 10)	Base de données ARIA Rapport du CGM Site Vent de Colère Articles de presse (La Voix du Nord du 20/03/2004 et du 21/03/2004)	-
Rupture de pale	22/06/2004	Pleyber-Christ - Site du Télégraphe	Finistère	0,3	2001	Non	Survitesse puis éjection de bouts de pales de 1,5 et 2,5 m à 50 m, mât intact	Tempête + problème d'allongement des pales et retrait de sécurité (débridage)	Rapport du CGM Articles de presse (Le Télégramme, Ouest France du 09/07/2004)	-

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

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

Type d'accident	Date	Nom du parc	Département	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information	Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude de dangers
Incendie	19/09/2010	Montjoyer-Rochefort	Drôme	0,75	2004	Non	Emballement de deux éoliennes et incendie des nacelles.	Maintenance en cours, problème de régulation, freinage impossible, évacuation du personnel, survitesse de +/- 60 tr/min	Articles de presse Communiqué de presse SER-FEE	-
Maintenance	15/12/2010	Pouillé-les-Côteaux	Loire Atlantique	2,3	2010	Oui	Chute de 3 m d'un technicien de maintenance à l'intérieur de l'éolienne. L'homme de 22 ans a été secouru par le GRIMP de Nantes. Aucune fracture ni blessure grave.		Interne SER-FEE	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident sur le personnel de maintenance)
Transport	31/05/2011	Mesvres	Saône-et-Loire	-	-	-	Collision entre un train régional et un convoi exceptionnel transportant une pale d'éolienne, au niveau d'un passage à niveau Aucun blessé		Article de presse (Le Bien Public 01/06/2011)	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident de transport hors site éolien)
Rupture de pale	14/12/2011	Non communiqué	Non communiqué	2,5	2003	Oui	Pale endommagée par la foudre. Fragments retrouvés par l'exploitant agricole à une distance n'excédant pas 300 m.	Foudre	Interne exploitant	Information peu précise sur la distance d'effet
Incendie	03/01/2012	Non communiqué	Non communiqué	2,3	2006	Oui	Départ de feu en pied de tour. Acte de vandalisme : la porte de l'éolienne a été découpée pour y introduire des pneus et de l'huile que l'on a essayé d'incendier. Le feu ne s'est pas propagé, dégâts très limités et restreints au pied de la tour.	Malveillance / incendie criminel	Interne exploitant	Non utilisable directement dans l'étude de dangers (pas de propagation de l'incendie)
Rupture de pale	05/01/2012	Widehem	Pas-de-Calais	0,75	2000	Non	Bris de pales, dont des fragments ont été projetés jusqu'à 380 m. Aucun blessé et aucun dégât matériel (en dehors de l'éolienne).	Tempête + panne d'électricité	Article de presse (La Voix du Nord 06/01/2012) Vidéo DailyMotion Interne exploitant	-
Rupture de pale	22/05/2012	Chemin d'Albis	Eure et Loir	2	2008	Oui	Chute de pale dans le périmètre de fonctionnement de l'éolienne Aucun blessé et aucun dégât matériel (en dehors de l'éolienne)		Article de presse (Le Parisien du 22/05/2012)	
Incendie	17/03/2013	Euvy	Marne	2,5	2011	Oui	Incendie en nacelle et destruction partielle des pales		Interne + Article de presse (L'Union du 17 mars 2013)	
Rupture de pale	20/06/2013	Labastide-sur-Besorgues	Ardèche				Pale en partie déchirée sans chute. Destruction du parafoudre et boitier basse tension du poste	Foudre	ARIA	

Type d'accident	Date	Nom du parc	Département	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information	Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude de dangers
Maintenance	01/07/2013	Cambon-et-Salvergues	Hérault				Blessure (fracture) lors d'une intervention sur un accumulateur sous pression	Méconnaissance et faiblesse du système d'alerte	ARIA	Défaut corrigé en amont sur les machines
Maintenance	03/08/2013	Moreac	Morbihan				Pollution du sol par fuite sur chariot élévateur (270 l d'huile)		ARIA	Système de dépollution efficace (excavation et recyclage)
Incendie	09/01/2014	Antheny	Ardennes	2,5		Oui	Incendie de la nacelle sans chute de pale ou de rotor. Balisage aéronautique HS	Incident électrique	ARIA	Périmètre de sécurité
Rupture de pale	20/01/2014	Sigean	Aude				Chute de pale	Fissuration et dislocation d'une pièce de jonction (« alu ring »)	ARIA	
Rupture de pale	14/11/2014	Saint-Cirgues-en-Montagne	Ardèche				Chute de pale avec vol de débris à 150 m du mât	Orage et fort vent (>130 km/h)	ARIA	
Rupture de pale	05/12/2014	Fitou	Aude				Chute d'éléments de pale (extrémité de 3 m) à 80 m du mât	Aucune	ARIA	
Incendie	29/01/2015	Rémigny	Aisne		2015	Oui	Incendie lors de la phase de test	Défaut d'isolation au niveau de connexions électriques	ARIA	
Incendie	06/02/2015	Lusseray	Deux-Sèvres				Incendie d'une armoire électrique	Aucune	ARIA	
Rupture de pale	12/11/2015	Ménil-la-Horgne	Meuse		2007	Oui	Chute du rotor et des 3 pales	Aucune	Article de Presse (L'Est Républicain du 1er Décembre 2015)	

Type d'accident	Date	Nom du parc	Département	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information	Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude de dangers
Rupture de l'aérofrein d'une pale d'éolienne	07/02/2016	Conilhac-Corbieres	Aude				L'aérofrein d'une des 3 pales d'une éolienne se rompt et chute au sol	Rupture d'un point d'attache du système mécanique de commande de l'aérofrein		
Rupture de pale	07/03/2016	Calanhel	Côtes d'Armor				Chute d'une pale	Rupture du système d'orientation	ARIA	
Fuite d'huile dans une éolienne	28/05/2016	Janville	Eure-et-Loire				Ecoulement d'huile sous la nacelle d'une éolienne	Défaillance d'un raccord sur le circuit de refroidissement de l'huile de la boite de vitesse de l'éolienne	ARIA	
Feu dans une éolienne	18/08/2016	Dargies	Oise				Fumée et feu dans la tête de l'éolienne	Défaillance électrique		
Fissure sur une pale d'éolienne	11/01/2017	Le Quesnoy	Nord				Pale d'une éolienne fissurée	Selon l'exploitant, le défaut ne présente pas de caractère générique		
Rupture des pales d'une éolienne	12/01/2017	Tuchan	Aude	0,6	2002			Endommagement du roulement avant sur lequel l'arbre est posé	ARIA	
Chute d'une pale d'une éolienne	18/01/2017	Nurlu	Somme					La tempête survenue quelques jours auparavant	ARIA	
Rupture de pale	27/02/2017	Lavallee	Meuse	2	2011	Oui	La pointe d'une pale d'éolienne se rompt, en 3 morceaux, à 200 m de l'éolienne.	Orage	ARIA	
Chute d'un élément d'une pale d'éolienne	27/02/2017	Trayes	Deux-Sèvres				Les 7 derniers mètres d'une pale de 44 m sont projetés jusqu'à 150 m du mât	Défaut au niveau de la pale	ARIA	

Type d'accident	Date	Nom du parc	Département	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information	Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude de dangers
Feu du moteur d'une éolienne	06/06/2017	Allonnes	Sarthe				L'ensemble a été détruit		L'écho Républicain	
Chute de pale d'éolienne due à la foudre	08/06/2017	Aussac-Vadalle	Charente				Une partie d'une pale d'une éolienne chute au sol	Un impact de foudre est à l'origine de sa rupture	ARIA	
Chute d'une pale d'éolienne	24/06/2017	Conchy-Sur-Canche	Pas-de-Calais				Une pale d'une éolienne se brise au niveau de sa jonction avec le rotor dans un parc éolien.		ARIA	
Chute d'un aérofrein d'une éolienne	17/07/2017	Fecamp	Seine-Maritime				Un aérofrein se détache d'une pale d'éolienne. La clôture du site est endommagée.	Desserrage d'une vis anti-rotation	ARIA	
Bris d'une pale d'éolienne	05/08/2017	Priez	Aisne				Une pale d'éolienne se brise en son milieu et tombe au sol			
Chute du carénage d'une éolienne	08/11/2017	Roman	Eure				La pointe du carénage d'une nacelle tombe au sol d'une dimension de 2 mètres de diamètre et représentant plusieurs dizaines de Kg.	Défaut d'assemblage du boulonnage	ARIA	
Chute d'une éolienne	31/12/2017	Bouin	Vendée				L'éolienne de 62m de haut s'est sectionnée à la base sous la puissance du vent, elle s'effondre	Provoqué par une tempête		
Chute de l'aérofrein d'une pale éolienne	06/02/2018	Conilhac-Corbières	Aude				Suite à un défaut sur l'électronique de puissance, l'éolienne est passée en arrêt automatique par sollicitation du freinage aérodynamique. Lors de l'ouverture de l'aérofrein en bout de pale, son axe de fixation en carbone s'est rompu provoquant sa chute.	Suite à un arrêt automatique sollicitation sur freinage aérodynamique.	ARIA	
Incidents criminels dans un parc éolien	01/06/2018	Marsanne	Drome				Incendie propagé volontairement vers 2H30 du matin au pied de l'éolienne. Le feu se propage sur le mat et jusqu'à la nacelle. Les pompiers ont réussi à maitriser l'incendie. La nacelle et les pâles sont restées en place.	La gendarmerie conclue à une origine criminelle.	ARIA	

Type d'accident	Date	Nom du parc	Département	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information	Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude de dangers
Fuite d'huile hydraulique sur une éolienne	17/10/2018	Flers-sur-Noye	Somme				Fuite d'huile d'environ 200 L.. 150 L sont récupérés sur une zone impactée de 2 000m² au sol (décapage et retraitement).	Mauvaise réalisation d'une opération de maintenance	ARIA	
Chute d'une éolienne	06/11/2018	Guigneville	Loiret				Panne du système de freinage aérodynamique		France 3 Centre Val de Loire	
Incendie d'une génératrice	31/12/2018	La Limouzinière	Loire-Atlantique				Feu dans le moteur de l'éolienne suite à un incident électrique. La nacelle a été partiellement détruite ainsi que les pales. Néanmoins, le rotor et la nacelle sont restés en place	Incident électrique	Ouest-France et France 3 pays de la Loire	
Chute d'un bout de pale	17/01/2019	Bambiderstroff	Lorraine				Bris et projection de morceaux d'une pale		Le Républicain Lorrain	
Eolienne cassée	23/01/2019	Boutavent	Oise				Le mât d'une éolienne s'est plié en deux	Défaillance du système de ralentissement	Courrier Picard	
Chute de pale	30/01/2019	Roquetaillade	Aude				Chute de pale		L'indépendant	
Electrisation	12/04/2019	Fontenelle-Montby	Doubs				Deux techniciens ont été électrisés lors d'une intervention		L'Est Républicain	
Incendie	18/06/2019	Quesnoy-sur-Airaines	Somme				Incendie sur une éolienne			
Incendie	25/06/2019	Ambon	Morbihan				Incendie au niveau de la nacelle	Court-circuit sur un condensateur	ARIA	

Type d'accident	Date	Nom du parc	Département	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information	Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude de dangers
Chute de pale	27/06/2019	Charly-sur-Marne	Aisne				Chute de morceaux de pale suite à une mise à l'arrêt par des techniciens	Non connu	ARIA	
Impact de foudre sur une pale	03/07/2019	Sigean	Aude				Un impact de foudre sur une pale l'a endommagé		ARIA	
Chute d'aérofreins en bout de pale	04/09/2019	Escales	Aude				Deux aérofreins se détachent d'une pale de l'éolienne			
Blessure technicien	25/09/2019	Villages-Vovéens	Eure-et-Loir				Chute d'un technicien (de sa hauteur) et évacuation			
Perte de contrôle d'une éolienne lors d'une mise en service	06/12/2019	Avelanges	Côte-d'Or				Au cours de la mise en service une éolienne non raccordée se met à tourner	Mauvais positionnement des pales et vent violent	ARIA	
Chute de pale	09/12/2019	Tessé	Charente	2			Bris de pale	Non connu		
Fumée blanche au niveau d'une éolienne	16/12/2019	Poinville	Eure-et-Loir				Feu sans flamme sur une éolienne	Combustion sans flamme des gaines protectrices des câbles de puissance	ARIA	
Incendie sur une éolienne	17/12/2019	Ambonville	Haute-Marne				Feu sur partie basse d'une éolienne	Défaillance électrique	ARIA	
Chute de pale	25/02/2020	Theil-Rabier et Montjean	Charente				Bris de pale	Non connu	Charente Libre	Chute de pale

Type d'accident	Date	Nom du parc	Département	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information	Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude de dangers
Ecoulement d'huile hydraulique le long d'une éolienne	10/04/2020	Ruffiac	Morbihan				Fuite d'huile hydraulique au niveau de la nacelle d'une éolienne. 40 l d'huile s'écoulent le long du mât jusqu'au massif de fondation. L'exploitant du parc est alerté. Il mandate la société de maintenance de réaliser le nettoyage des zones affectées. Il n'y a pas d'atteinte au sol.	Défaut au niveau de l'accumulateur de l'éolienne	ARIA	
Incendie d'une éolienne au sol pour démantèlement	20/04/2020	Le Vauclin	972				Peu avant 14 h, un feu se déclare sur le générateur d'une éolienne déposée au sol en vue de son démantèlement. Les secours ne pouvant intervenir à cause de la présence d'électricité, un technicien de la société propriétaire de l'éolienne se rend sur place pour couper le courant électrique. Ils évitent la propagation de l'incendie aux alentours, puis éteignent l'incendie vers 16 h une fois l'installation mise hors tension.	Un court-circuit dû à un manicou (famille des marsupiaux) serait à l'origine de l'incendie. Un animal est retrouvé mort dans le tableau électrique du transformateur d'une autre éolienne.	ARIA	
Chute de pale	30/04/2020	Plouarzel	Finistère				Bris de pale	Non connu	ARIA	
Fuite d'huile	07/06/2020	Lehaucourt	Aisne				Vers 10 h, une fuite d'huile hydraulique se produit au niveau de la boite de vitesse située dans la nacelle d'une éolienne. La turbine s'arrête en sécurité à la suite de la détection de la fuite dans la machine. Le fond de la nacelle n'est pas pourvu de rétention, l'huile s'écoule le long du mât. L'exploitant met en place des absorbants sur le pied de la tour. Une société spécialisée dans le travail en hauteur nettoie complètement la turbine. Une société indépendante réalise une analyse les sols. La fuite est réparée.	La fuite est due à la rupture d'un flexible de lubrification hydraulique pour refroidissement de la boite de vitesse. L'exploitant conclut à une fragilité dans la structure même du flexible.	ARIA	
Chute de pale	27/06/2020	Plémet	Côte d'Armor				Chute de pale	Non connu	Le Télégramme	
Feu de nacelle	1/08/2020	Issanlas	Ardèche				Fumée dans la nacelle	Combustion du a l'échauffement des pièces	ARIA	
Fuite d'huile	01/09/2020	Bouchy-Saint-Genest	Marne				Lors d'une visite de site, un opérateur constate une fuite d'huile sur l'une des éoliennes d'un parc éolien. Le produit a atteint le sol au pied du mât. L'exploitant estime la quantité ayant fui à 20 l.	La fuite proviendrait d'un flexible allant d'un accumulateur à un collecteur de deux pales.	ARIA	

Type d'accident	Date	Nom du parc	Département	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information	Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude de dangers
Fuite d'huile	11/12/2020	Charmont-en-Beauce	Loiret				Une fuite d'huile se déclare au niveau de la nacelle d'une éolienne. L'huile ruissèle le long du mât. L'alerte est donnée par une équipe de maintenance d'une société sous-traitante, en intervention sur le parc. Les intervenants montent dans la nacelle, identifient la vanne en cause et la ferment. L'éolienne est réapprovisionnée en huile puis remise en production.	La fuite d'huile provient de la vanne de prélèvement d'huile restée ouverte pendant plusieurs heures.	ARIA	
Chute de pale	12/01/2021	Saint-Georges-Sur-Arnon	Indre				Une pale d'éolienne s'est arrachée de son rotor à Saint-Georges-Sur-Arnon, et est tombée dans les champs.	Non connu	La Nouvelle république	
Chute de pale	12/02/2021	Priez	Aisne				Chute de pale	Défaut de réparation au niveau du bord de fuite	ARIA	
Chute de pale	15/02/2021	Priez et Courchamps	Aisne				Une pale d'éolienne s'est brisée et est tombée au sol en fin de semaine dernière dans le parc éolien de l'Osière.	Non connu	L'Union	
Fuite d'huile	18/10/2021	Montagne-Fayel	Somme				Une fuite d'huile, provenant d'un parc éolien, est constatée par un agriculteur sur une parcelle agricole. Des petites projections d'huile sont visibles. La quantité d'huile perdue est estimée à 20 litres (à plus ou moins 50 %). La date du début de la fuite n'est pas déterminée mais celle-ci n'était pas présente lors du dernier entretien de maintenance 3 mois plus tôt. Un diagnostic de pollution des sols est réalisé par une entreprise. Un nettoyage des tours et des pales est effectué un mois plus tard.	La fuite est due à des tuyaux poreux dans le hub de l'éolienne. Les pièces défectueuses ont été remplacées 3 jours après la constatation de l'événement et la turbine a été placée à l'arrêt le temps de leur remplacement. Une vérification préventive de l'ensemble des flexibles hydrauliques de la machine et du reste du parc est effectuée. L'analyse des causes profondes a démontré que le problème était issu d'une erreur humaine à la conception des turbines : le technicien en charge de la construction a mal effectué le sertissage des tuyaux, ce qui a conduit à sa porosité plus rapide à l'origine de la fuite.	ARIA	
Chute de pale	21/10/2021	Auchay-sur-Vendée	Vendée				Une pale d'éolienne s'est arrachée sur le coup d'une tempête. Une partie est tombée au pied de l'éolienne, alors que le reste de la pale, très abîmé, est toujours accroché au rotor.	Tempête	Ouest France	

Type d'accident	Date	Nom du parc	Département	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information	Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude de dangers
Projection de pale	03/12/2021	Saint-Agnant-de-Versillat	Creuse				Une pale de 47 m est projetée à plus de 70 m.	Défaillance technique	France 3 Nouvelle-Aquitaine	
Chute de pale	05/04/2022	Saint-Félix-Lauragais	Haute Garonne				Une pale s'est déchiquetée et est restée en partie suspendue au mât.	Non connu	La Dépêche	
Chute d'éléments	08/04/2022	Saint-Paul-du-Bois	Maine-et-Loire	2.4	2019	Oui	Inconnue	Inconnue	Iris	
Incendie	20/04/2022	Saint-Germainmont	Ardennes	2.05	2011		Parc à l'arrêt Eolienne E9 : Nacelle brûlée + pale Coupure de la tension éolienne E9 à E10 pour éviter les risques dues aux infiltrations d'eau Sécurisation du site par un périmètre de sécurité qui impacte plusieurs parcelles agricoles	Inconnue	ARIA	
Fuite d'huile	27/04/2022	Riols	Hérault				Vers 10 h, des techniciens en intervention sur site constatent une coulée d'huile biodégradable de 140 l sur le mât et des projections de gouttes au sol sur la plateforme d'une éolienne. L'installation est mise à l'arrêt et un kit antipollution est disposé pour contenir la fuite au sol. D'après la fiche de données de sécurité, l'huile est facilement biodégradable.	La fuite est due à une rupture de flexible de la multiplicatrice en nacelle.	ARIA	
Chute de pale	30/04/2022	Conihac-de-la-Montagne	Aude	0.85	2008		Vent : 9m/s temps clair 18:00. Une pale s'est cassée et est tombée au pied de l'éolienne sans occasionner d'autres dégâts. Ouverture cellule de crise interne, information de la Préfecture/Mairie/Constructeur/DREAL. Mise à l'arrêt à distance des installations. Rencontre de l'exploitant avec la gendarmerie le jour de l'évènement (22:15). Balisage formel. 01.05.2022: L'exploitant est présent sur le site à l'aube. Balisage intégral et positionnement d'une société de gardiennage 24/7. Inspection préalable constructeur en présence de l'exploitant. Bilan: Destruction de la pale suite à rupture au niveau du moyeu, sans autre conséquence identifiée en date de déclaration	Rupture au niveau du moyeu	Iris	

Type d'accident	Date	Nom du parc	Département	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information	Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude de dangers
Feu sur une éolienne	05/08/2022	Pont-Melvez	Côtes-d'Armor				Vers 13h30, un feu se déclare dans le rotor d'une éolienne au sein d'un parc éolien. Un important panache de fumée se dégage. Les pompiers se rendent sur place mais ont pour consigne de ne pas intervenir sur l'éolienne et de la laisser brûler.	N.C	ARIA	
Incendie	09/01/2023	Petit-Caux	Seine-Maritime				Une éolienne a pris feu.	Echauffement câbles électriques	Ouest France	
Incendie	20/03/2023	Chatenay	Eure-et-Loir				Avant 7 h, un feu se déclare au niveau du moteur de la nacelle d'une éolienne à 80 m de haut. La machine est en drapeau. L'incendie se propage en direction des pales.	L'exploitant analyse les données SCADA et les photos prises par le drone et les pompiers. Il identifie comme pouvant être à l'origine de l'incendie : - un court-circuit sur le circuit de puissance ; - un mauvais serrage des connexions entre la génératrice et les câbles de puissance ; - un conduit d'échappement des poussières de la génératrice cassé qui aurait pu entrainer une quantité importante de poussières de charbon et créer un arc électrique ; - un arc électrique à partir du slipring (bague collectrice) dû à la présence de poussières.	ARIA	
Maintenance	02/04/2023	Derval	Loire-Atlantique	24			Formation d'un arc électrique lors d'une opération de maintenance. Deux électriciens brûlés aux mains.	Non connu	France Bleu	
Chute de pale	10/05/2023	Berceronne	Vienne	9	2022	Oui	Une pale s'est cassée en deux tout en restant accroché à la machine	Non connu	Centre Presse	
Foudre	11/07/2023	Les Rosières	Meuse	17,6			Une pale d'une éolienne foudroyée	Foudre	L'Est Républicain	

Type d'accident	Date	Nom du parc	Département	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information	Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude de dangers
Incendie de déchets au pied d'une éolienne	31/01/2024	Vitry-la-Ville	Marne				Vers 15 h, dans un parc éolien, un feu se déclare dans un conteneur de déchets (huiles, additifs synthétiques, graisses, aérosols, matières souillées et équipements électriques) installé au pied d'une éolienne.	Un acte de malveillance serait à l'origine du départ de feu. L'exploitant porte plainte pour la dégradation du conteneur.	ARIA	
Incendie	22/03/2024		Somme				Arrivés en nombre aux alentours de 9 h 30, les sapeurs-pompiers restent à l'écart de la machine en flammes, de laquelle des morceaux tombent. La nacelle de l'appareil est calcinée, une pâle est en train de brûler totalement.		Paris-normandie.fr	
Fuite d'huile	09/05/2024	Yvignac-la-Tour	Côtes-d'Armor				Une fuite d'huile se produit sur une éolienne. Elle est détectée un mois plus tard. Au total, 180 l de produit ont coulé depuis la nacelle le long du mât et ont pollué le sol. La société de maintenance prévient l'exploitant.	La fuite a été provoquée par une mauvaise manipulation de la cloche après le remplacement du filtre lors de la maintenance annuelle. Cette erreur aurait coupé le filtre, permettant la fuite. Un prestataire est mandaté pour dépolluer le sol et un suivi sanitaire et environnemental est mis en place, car l'huile contient du benzène, des dérivés alkylés et du ditridecyl adipate.	ARIA	
Chute d'un aérofrein	21/05/2024	PEUX-ET-COUFFOULEUX	Aveyron				Vers 9h15, un aérofrein chute d'une éolienne venant d'être arrêtée. Les techniciens présents sur place entendent un bruit et retrouvent l'aérofrein, encore lié à son mécanisme, au pied du mat. Ils mettent en sécurité l'éolienne, interdisent l'accès à la zone et récupèrent l'aérofrein. Le surlendemain, l'ensemble du parc est arrêté. L'exploitant réalise une analyse complète des pales de la machine 8 jours après l'événement.	Le contrôle à distance de l'éolienne a reçu un code erreur 1h15 avant l'événement. Les techniciens ont constaté une pression élevée dans le mécanisme des aérofreins. Arrivés sur site 15 min avant l'événement, ils ont remarqué qu'un aérofrein était dans une position anormale par rapport à l'axe de la pale et se sont éloignés de l'éolienne pour l'arrêter. Lors du dernier contrôle des pales réalisé 8 mois plus tôt, aucun défaut n'avait été constaté.	ARIA	
Intrusion de parachutistes	23/06/2024	Andilly	Charente Maritime				Le matin, 2 individus s'introduisent par effraction dans une éolienne temporairement à l'arrêt. Ils sautent en parachute depuis une pale vers 8h30. Un riverain, témoin de la scène, alerte l'exploitant. Une équipe de maintenance intervient pour vérifier l'éolienne et sécuriser l'installation.	L'éolienne était à l'arrêt en raison d'une panne mineure. À la suite de l'événement, l'exploitant sécurise la porte d'entrée en installant des grilles anti-intrusion.	ARIA	

Type d'accident	Date	Nom du parc	Département	Puissance (en MW)	Année de mise en service	Technologie récente	Description sommaire de l'accident et dégâts	Cause probable de l'accident	Source(s) de l'information	Commentaire par rapport à l'utilisation dans l'étude de dangers
Intrusion	25/06/2024	YVIGNAC-LA-TOUR	Côtes-d'armor				Vers 22 h, un promeneur remarque 3 personnes au-dessus de la nacelle d'une éolienne en marche, sans équipement de sécurité. Il contacte le maire de la commune qui prévient la gendarmerie. Celle-ci se rend sur place mais les intrus sont déjà partis. Le lendemain, le maire prévient l'exploitant. Celui-ci met en place un gardiennage. L'exploitant réalise une inspection de l'éolienne, ainsi que des moyens d'accès aux autres générateurs du parc. Aucune dégradation n'est constatée sur le site. Deux mois plus tard, l'exploitant installe un système d'alarme sur l'ensemble du parc. Cette installation était déjà programmée avant l'événement.		ARIA	
Fuite d'huile	29/08/2024	Cormainville	Eure-Et-Loire				Vers 14h30, une fuite d'huile est constatée au niveau d'une éolienne à l'arrêt dans un parc éolien. La fuite part du moyeu et s'écoule au pied du mât sans infiltration du sol. Le maintenancier met en place un kit absorbant anti-pollution	L'anomalie serait due à un défaut matériel. La fuite provenait de l'intérieur du moyeu. Cette dernière ne pouvait être anticipée selon le maintenancier	ARIA	
Impact de foudre	19/09/2024	LA HOUSSAYE-BERANGER	Seine-Maritime				La pale d'une éolienne subit un impact de foudre. Sept jours plus tard, lors d'une visite d'exploitation courante, l'exploitant découvre des dégâts importants sur la pale. Quatre impacts sont observés dont la pale, dont un susceptible d'être traversant, touchant également la partie structurelle en carbone de la pâle. Le câble anti-foudre est endommagé. L'éolienne est mise en sécurité. Après plusieurs inspections, l'exploitant décide de démonter la pale pour la réparer.	Foudre	ARIA	
Incendie	23/01/2025	Anoux-Saint-Saumont	Meurthe-et-Moselle				Alertés à 21h45, onze sapeurs-pompiers et deux fourgons de la caserne de Briey et de Mancieulles ont été dépêchés sur les lieux. « À notre arrivée, le feu était présent au niveau de la nacelle, qui était totalement embrasée », détaille le lieutenant Vincent Poesy, le chef de groupe de l'intervention. Au sommet de la tour, la nacelle abrite les composants mécaniques, hydrauliques, électriques et électroniques, nécessaires au fonctionnement de l'éolienne.	« Une enquête va être ouverte et les expertises techniques sont en cours pour déterminer les causes précises de cet incendie »	Actu.fr	

14 Annexe 3 : Scénarios génériques issus de l'analyse préliminaire des risques

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

Le tableau générique issu de l'analyse préliminaire des risques est présenté dans la partie 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).

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

14.1.1 Scénario G01

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

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

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

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

14.1.2 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.

14.1.3 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 scenarios devant être regardé :

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

14.2 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, …).

14.2.1 Scénario F01

En cas de rupture de flexible, perçage d'un contenant ou autre, 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.

14.2.2 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.

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

14.3 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.

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

14.4.1 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.

14.4.2 Scénario P02

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

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

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

14.4.3 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.

14.4.4 Scénarios relatifs aux risques d'effondrement des éoliennes

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, …

15 Annexe 4 : Probabilité d'atteinte et risque individuel

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

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

P.accident = PERC x P.orientation x P.rotation x P.atteinte x P.présence

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

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

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

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

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

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	$5*10^{-2}$	$5\ 10^{-2}$ (A)
Chute d'éléments	10^{-3}	$1,8*10^{-2}$	$1,8\ 10^{-5}$ (D)
Projection de tout ou partie de pale	10^{-4}	10^{-2}	10^{-6} (E)
Projection de morceaux de glace	10^{-2}	$1,8*10^{-6}$	$1,8\ 10^{-8}$ (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.

16 Annexe 5 : Prévention des risques

16.1 Circulation sur le parc et accès aux installations

Phase d'activité particulière	Identification du risque	Mesure de prévention
Circulation / Accès au parc	Heurt avec une personne à pied	• Port du gilet fluorescent pour les piétons lors d'une opération aux abords du site • Vitesse réduite à 20 km/h aux abords du site
Accès	Augmentation du risque lié à la prise de drogues, médicaments ou alcool	• Interdiction formelle de conduire ou d'accéder au site sous l'effet de l'alcool, ou de toute substance susceptible de provoquer des somnolences, vertiges, pertes d'attention
Circulation / Accès au poste	Postes HTA	• Limitation aux abords du poste à 20 km/h
Accès au transformateur à l'extérieur de l'éolienne et dans le pied de l'éolienne	Zone haute tension => Electrocution, électrisation	• Zone réservée au personnel autorisé • Accès à la zone de transformateur fermé à clé • Port des EPI
Accès dans la tour	Risque de chute et de heurt	• Présence d'un système d'évacuation dans chaque nacelle et dans chaque véhicule (1 système pour 2 personnes) • Montée dans l'éolienne interdite au-dessus de 18 m/s de vent sur une période de 10 minutes
Accès dans la tour	Chute de l'échelle	• Port des EPI • S'assurer de la bonne fixation de son stop-chute sur le rail • Formation aux travaux en hauteur • Fermer les trappes à chaque passage
Accès dans la tour	Chute dans le cas d'une défaillance de l'élévateur de personnes	• Utilisation de l'élévateur qu'en présence de personnes formées (2 personnes maxi) • Présence de la notice d'utilisation de l'élévateur dans celui-ci • Vérification de la dernière date de contrôle de l'élévateur (tous les 6 mois) • Port des EPI • Port du harnais et attache de la longe au point d'ancrage situé en haut de l'élévateur • Possibilité d'évacuer l'élévateur en se mettant en sécurité sur l'échelle
Accès à la nacelle et au hub	Mécanismes en mouvement (arbre lent, rotor …) en présence de personnes à l'intérieur =>Ecrasement, happage	• Sécurité intrinsèque de la machine (arrêt de celle-ci avant ascension en s'assurant qu'on ne puisse pas la redémarrer à distance) • Blocage mécanique et hydraulique du rotor • Ne pas porter des vêtements trop larges ou avec des éléments qui dépassent et pourraient se prendre dans les mécanismes • Être vigilant aux longes et bords de vêtements • Téléphone portables et radio
Accès au transformateur des éoliennes	Risque d'électrocution / d'électrisation	• Voir les procédures d'accès au transformateur
Accès au hub	Chute dans le moyeu (carénage de protection)	• Port du casque et des chaussures de sécurité • Téléphone portable et radio • Utilisation de l'échelle d'accès au HUB • Port du harnais • Accès au HUB interdit au-dessus de 15 m/s de vent sur une période moyenne de 10 minutes • Mise en drapeau des pales
Accès sur le toit de la nacelle	Chute en hauteur	• Port des EPI • Accroche de la longe aux points d'ancrage spécifiques • Accès au toit interdit au-dessus de 15 m/s de vent sur une période moyenne de 10 minutes
Accès aux armoires électriques ou aux cellules	Exposition à des pièces nues sous tension =>risque d'électrocution, d'électrisation	• Port des EPI • Habilitation des personnes conforme aux travaux à effectuer • Consignation des éoliennes ; séparation ; condamnation + signalisation ; identification ; vérification d'absence de tension ; mise à la terre et en court-circuit (seulement pour la HT)

16.2 Conditions climatiques

Phase d'activité particulière	Identification du risque	Mesure de prévention
Conditions climatiques	Tempêtes, Orages, Chute de glace	• Interdiction de s'approcher de la machine pour le foudroiement, attendre minimum une heure après l'évènement pour s'approcher des machines
Travail dans l'éolienne	Malaise en cas de forte chaleur	• S'hydrater régulièrement • Porter des vêtements de travail adaptés • Information des salariés
Travail sur le toit de la nacelle	Insolation / hypothermie	• Prévoir des vêtements adaptés aux conditions climatiques • Porter des lunettes de soleil ainsi qu'une crème de protection • S'hydrater suffisamment

16.3 Manipulation d'engins et outils spécifiques

Phase d'activité particulière	Identification du risque	Mesure de prévention
Travail avec des machines-outils	Risque mécanique	• Vérification du bon état des outils • Utilisation adéquate des outils • Port des EPI appropriés
Travail dans l'éolienne	Outils électroportatifs, ou pneumatiques (perceuse, clé dynamo…)	• Vérification du bon état de marche du matériel • Port des EPI • Marquage CE • Rangement du matériel à la fin de l'utilisation • Enlèvement des déchets et produits utilisés

16.4 Travail en hauteur

Phase d'activité particulière	Identification du risque	Mesure de prévention
Travail dans l'éolienne	Travailleur isolé (risque d'accident ou d'incident)	• Interdiction d'être seul dans une éolienne ; travail en binôme impératif • Téléphone portable et radio
Travail dans la nacelle	Chute de hauteur, foulure, entorse …	• Fermer la trappe entre la tour et la nacelle • Port des EPI
Travail dans la nacelle	Utilisation du treuil (risque de chute de la personne à l'ouverture de la trappe)	• Port du harnais de sécurité et accroche à un point d'ancrage dans la nacelle (matérialisé en jaune) AVANT l'ouverture de la trappe
Travail dans l'éolienne	Chute d'outils ou d'objets (dans la tour, à l'extérieur de la nacelle)	• Fermer les trappes de la tour à chaque passage pour éviter la chute d'objet • En cas de travail entre paliers, pas de personnel sur le palier du dessous • Les outils sont montés, soit au treuil, soit à l'échelle dans un sac prévu à cet effet • Port des EPI • Fermeture de la trappe de la nacelle dès la fin de l'utilisation
Travail dans la nacelle	Risque d'écrasement au sol	• Balisage de la zone d'évolution du treuil • Utilisation du treuil uniquement par du personnel formé • Respect de la charge maximale autorisée
Travail sur l'ensemble du site	Risque de chute de plein pied	• Port des chaussures de sécurité • Port du casque • Port du gilet fluorescent • Ne pas encombrer les voies de circulation • Ne pas se précipiter

16.5 Produits utilisés

Phase d'activité particulière	Identification du risque	Mesure de prévention
Travail dans l'éolienne	Risque lié à l'écoulement, au contact et à l'inhalation de produits (huile du transformateur, fluides réfrigérants, huiles, etc.)	• Présence de bacs de rétention dimensionnés pour collecter la totalité des produits, en cas de fuite • Port des EPI • Fiches produits • Rangement du matériel à la fin de l'utilisation • Enlèvement des déchets et produits utilisés
Travail dans le poste de livraison	Risque lié à l'écoulement, au contact et à l'inhalation de produits (huile)	• Présence de bacs de rétention, dimensionnés pour collecter la totalité des produits, en cas de fuite • Port des EPI • Fiches produits • Rangement du matériel à la fin de l'utilisation • Enlèvement des déchets et produits utilisés

16.6 Installations électriques

Phase d'activité particulière	Identification du risque	Mesure de prévention
Travail dans les cellules des éoliennes	Présence de pièces nues sous tension =>risque d'électrocution / d'électrisation	• Utilisation des EPI • Habilitation des personnes • Application des mesures de consignation et le cas échéant attestation de consignation • Être 2 dans le poste • Balisage de la zone de travail
Accès au poste de livraison	Risque d'électrocution / d'électrisation	• La porte doit être fermée en permanence • Accès INTERDIT aux personnes non autorisées • Autorisation d'accès au site délivrée par le chargé d'exploitation du site
Travail dans le poste de livraison	Risque d'électrocution / d'électrisation	• Utilisation des EPI • Habilitation des personnes • Autorisation de travail obligatoire avant tous travaux ou interventions à délivrer par le chargé d'exploitation du site • Application des mesures de consignation et le cas échéant attestation de consignation • Être 2 dans le poste • Balisage de la zone de travail • Suivre procédure de consignation présente dans le PDL • Obtenir l'autorisation de l'exploitant avant d'entrer
Travaux sur site	Risque incendie	• Voir les consignes en cas d'incendie (annexe I) • Réalisation d'un permis feu (activité de soudure, perçage…)

16.7 Circuits d'évacuation en cas de sinistre

Un plan d'évacuation et de sauvetage est présent en pied d'éolienne et dans la nacelle. Il précise notamment les consignes à tenir en cas d'incendie ou d'accident et localise les issues de secours, les extincteurs et les trousses de secours.

16.8 Consignes en cas d'incendie

1 	• Point de regroupement : Poste de livraison
2 	• Dans le cas d'un départ de feu : utiliser les extincteurs disponibles à proximité du sinistre
3 	• Dans le cas d'un incendie déclaré, ne pas combattre le feu, évacuer selon les consignes et les plans d'évacuation 
4 	**Dans tous les cas, contacter les sapeurs-pompiers : 112 ou 18** Et dîtes : *Ici parc éolien de Locmélar, commune de Locmélar* PRECISEZ LA NATURE DE L'INCENDIE Par exemple : je suis en présence d'un feu d'éolienne au niveau du rotor … ET LA PRESENCE DE VICTIME : une personne encore dans le mât, à 20 m, …. Si intervention en hauteur (en nacelle ou dans le mât) précisez-le et demander l'intervention du GRIMP (Groupe de Recherche et d'Intervention en milieux périlleux). FIXER UN POINT DE RENDEZ-VOUS Envoyez quelqu'un à ce point pour guider les secours NE RACCROCHEZ PAS LE PREMIER : Faites répéter le message.
5	• Si vous êtes dans la **nacelle**, quitter l'éolienne en utilisant l'EPI contre la chute et l'appareil d'évacuation via les points d'accrochage / issues de secours caractérisées • Si vous êtes dans la **partie inférieure de la tour** (travaux sur le convertisseur) il faut quitter l'éolienne via l'échelle vers la porte de sortie • L'appareil de secours/de descente en corde ne sera fixé en cas d'urgence avec l'anneau d'accrochage que sur un point d'accrochage caractérisé

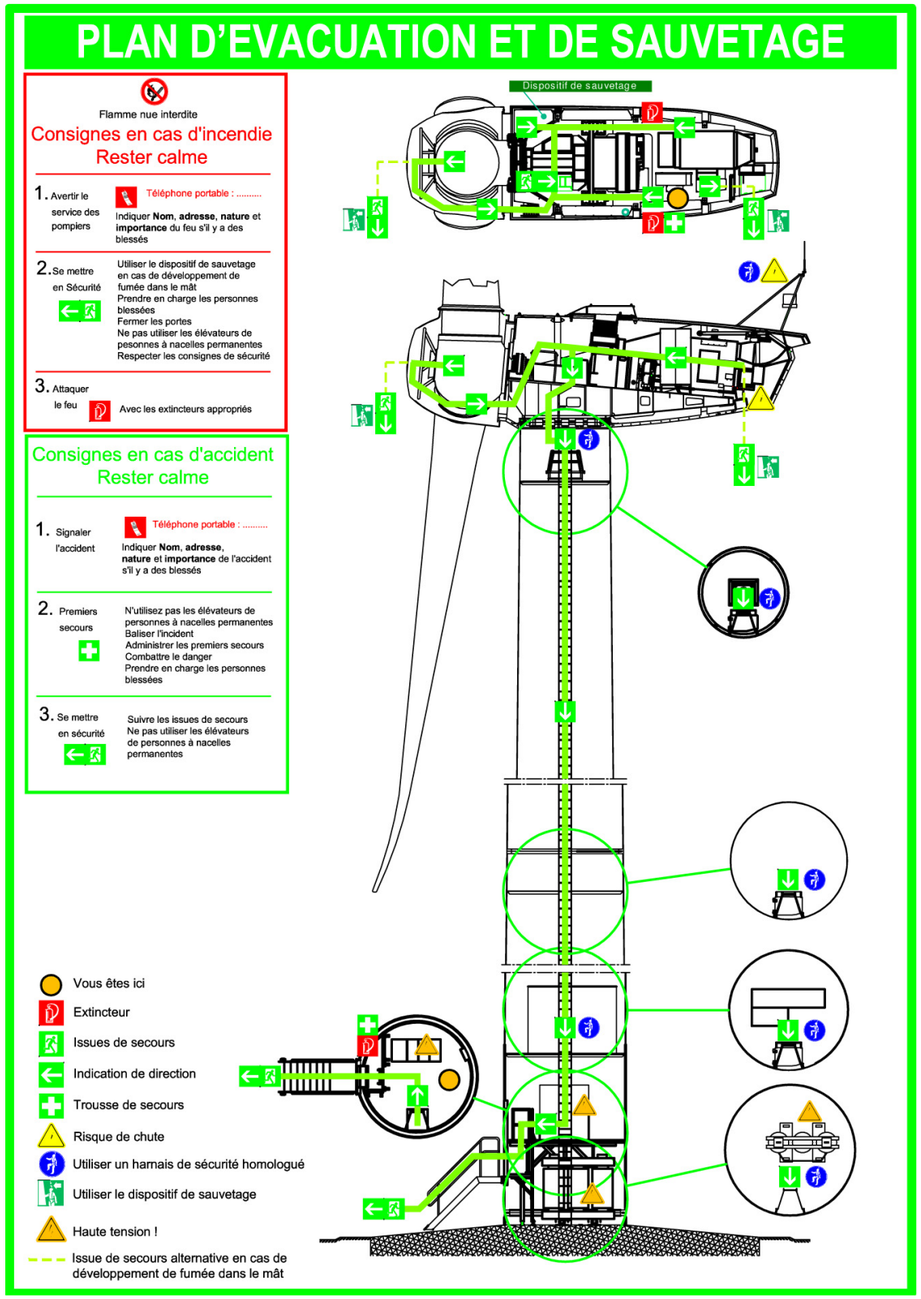
16.9 Consignes en cas d'accident

Un kit de premiers secours est disponible dans chaque éolienne.



	**Appels en cas d'urgence** TELEPHONEZ EN PRIORITE AU : **112** à partir d'un téléphone portable POMPIERS : **18** depuis poste fixe SAMU : **15** depuis un poste fixe POLICE SECOURS : **17** depuis poste fixe
	Et dîtes : *Ici parc éolien de Locmélar, commune de Locmélar* PRECISEZ LA NATURE DE L'ACCIDENT Par exemple : asphyxie, chute, blessure, … SIGNALEZ LE NOMBRE DE BLESSES ET LEUR ETAT Par exemple : 3 personnes blessées dont une saigne beaucoup et un autre ne parle pas ET LA POSITION DU/DES BLESSE(s) : le blessé est au sol, dans l'éolienne à 80 m… et le moyen d'accès. Si intervention en hauteur (en nacelle ou dans le mât) précisez-le aux secours et demander l'intervention du GRIMP (Groupe de Recherche et d'Intervention en milieux périlleux). FIXER UN POINT DE RENDEZ-VOUS Envoyez quelqu'un à ce point pour guider les secours NE RACCROCHEZ PAS LE PREMIER : Faites répéter le message.
	Centre Hospitalier des Pays de Morlaix 15 Rue de Kersaint Gilly, 29600 Morlaix Tél : +33 (0)2 98 62 61 60 **CHU Brest - Hôpital Morvan** 2 Av. Foch, 29200 Brest Tél : +33 (0)2 98 22 33 33 **Centre antipoison le plus proche :** Centre antipoison d'Angers : +33 (0)2 41 48 21 21

16.10 Exemple de plan d'évacuation et de sauvetage



17 Annexe 6 : 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 mises 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 : Événement, courant ou anormal, interne ou externe au système, situé en amont de l'événement redouté central dans l'enchaînement causal et qui constitue une cause directe dans les cas simples ou une combinaison d'événements à l'origine de cette cause directe.

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, modifié par arrêté du 22 juin 2020 :

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) – ancien nom de France Renouvelables

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

EDD : Etude de dangers

APR : Analyse Préliminaire des Risques

ERP : Etablissement Recevant du Public

18 Annexe 7 : Bibliographie et références utilisées

[1] L'évaluation des fréquences et des probabilités à partir des données de retour d'expérience (ref DRA-11-117406-04648A), INERIS, 2011

[2] NF EN 61400-1 Eoliennes – Partie 1 : Exigences de conception, Juin 2006

[3] Wind Turbine Accident data to 31 March 2011, Caithness Windfarm Information Forum

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

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

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

[7] Permitting setback requirements for wind turbine in California, California Energy Commission – Public Interest Energy Research Program, 2006

[8] Oméga 10: Evaluation des barrières techniques de sécurité, INERIS, 2005

[9] Arrêté du 26 août 2011 relatif aux installations de production d'électricité utilisant l'énergie mécanique du vent au sein d'une installation soumise à autorisation au titre de la rubrique 2980 de la législation des installations classées pour la protection de l'environnement, modifié par arrêté du 22 juin 2020

[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 Gütsch : monitoring of a wind turbine under icing conditions- R. Cattin etal.

[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., Leteurtrois 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