



PROJET DE PARC EOLIEN de Landizès Commune de Sainte Tréphine (22)

- Résumé non technique de l'étude des dangers -

Rapport d'étude	Résumé non technique de l'étude des dangers
Version :	V1
Date :	17/04/2023
Commanditaire :	VSB énergies nouvelles

ETD Brest

Pôle d'innovation de Mescoat
29800 LANDERNEAU
Tél : +33 (0)2 98 30 36 82
Fax : +33 (0)2 98 30 35 13

ETD Amiens

4 rue de la Poste
BP 30015
80160 CONTY
Tél : +33 (0)3 22 46 99 07

SOMMAIRE

1. INTRODUCTION	3
2. INFORMATIONS GENERALES CONCERNANT L'INSTALLATION	4
2.1. RENSEIGNEMENTS ADMINISTRATIFS	4
2.2. LOCALISATION DU SITE.....	4
2.3. DEFINITION DE L'AIRES D'ETUDE	4
2.3.1. <i>Limites de l'installation</i>	4
2.3.2. <i>Périmètre d'étude</i>	4
3. DESCRIPTION DE L'ENVIRONNEMENT	6
3.1. ENVIRONNEMENT HUMAIN.....	6
3.2. ENVIRONNEMENT MATERIEL.....	7
3.3. SYNTHÈSE DES ENJEUX.....	8
3.3.1. <i>Préambule</i>	8
3.3.2. <i>Cartographie de synthèse des enjeux</i>	8
4. DESCRIPTION DE L'INSTALLATION.....	11
4.1. CARACTERISTIQUES DE L'INSTALLATION.....	11
4.1.1. <i>Caractéristiques générales d'un parc éolien</i>	11
4.1.2. <i>Composition de l'installation</i>	12
5. IDENTIFICATION DES POTENTIELS DE DANGERS DE L'INSTALLATION	13
5.1. LES POTENTIELS DE DANGERS LIES AUX PRODUITS	13
5.1.1. <i>Préambule</i>	13
5.1.2. <i>Inventaire des produits (source : Vestas)</i>	13
5.2. LES POTENTIELS DE DANGERS LIES AU FONCTIONNEMENT DE L'INSTALLATION.....	13
6. ANALYSE DES RETOURS D'EXPERIENCE	14
6.1. ANALYSE DE L'EVOLUTION DES ACCIDENTS ET INCIDENTS EN FRANCE.....	14
6.2. ANALYSE DES TYPOLOGIES D'ACCIDENTS LES PLUS FREQUENTS	14
6.2.1. <i>Cause des accidents</i>	14
6.2.2. <i>Effondrement d'une machine, perte de pales</i>	14
6.2.3. <i>Incendie</i>	14
6.2.4. <i>Projection de glace</i>	14
6.2.5. <i>Synthèse et atteinte aux personnes</i>	14
7. ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES	15
7.1. IDENTIFICATION DES SCENARIOS A RETENIR DANS L'ANALYSE DETAILLEE DES RISQUES.....	15
7.2. CONCLUSION	15

8. ETUDE DETAILLEE DES RISQUES.....	16
8.1. RAPPEL DES DEFINITIONS	16
8.1.1. <i>Réglementation</i>	16
8.1.2. <i>Cinétique</i>	16
8.1.3. <i>Intensité</i>	16
8.1.4. <i>Gravité</i>	17
8.1.5. <i>Probabilité</i>	17
8.1.6. <i>Grille de criticité</i>	18
8.2. SYNTHÈSE DE L'ETUDE DETAILLEE DES RISQUES	18
8.2.1. <i>Tableaux de synthèse des scénarios étudiés</i>	18
8.2.2. <i>Synthèse de l'acceptabilité des risques</i>	19
8.2.3. <i>Cartographie des risques</i>	19
9. CONCLUSION.....	21

Cartes

CARTE 1 : LOCALISATION DU PROJET	5
CARTE 2 : IDENTIFICATION DES EOLIENNES ET PERIMETRE D'ETUDE.....	5
CARTE 3 : ZONES HABITEES ET ZONES DESTINEES A L'HABITATION	6
CARTE 4 : VOIES DE CIRCULATION PRISES EN COMPTE.....	7
CARTE 5 : SYNTHESE DES ENJEUX : EOLIENNE E1	8
CARTE 6 : SYNTHESE DES ENJEUX : EOLIENNE E2	9
CARTE 7 : SYNTHESE DES ENJEUX : EOLIENNE E3	9
CARTE 8 : SYNTHESE DES ENJEUX : EOLIENNE E4	10
CARTE 9 : PLAN DETAILLE DE L'INSTALLATION	12
CARTE 10 : CARTE DE SYNTHESE DES RISQUES : EOLIENNE E1.....	19
CARTE 11 : CARTE DE SYNTHESE DES RISQUES : EOLIENNE E2.....	20
CARTE 12 : CARTE DE SYNTHESE DES RISQUES : EOLIENNE E3.....	20
CARTE 13 : CARTE DE SYNTHESE DES RISQUES : EOLIENNE E4.....	21

Tableaux

TABLEAU 1 : DISTANCE ENTRE LES EOLIENNES ET LES HABITATIONS LES PLUS PROCHES.....	6
TABLEAU 2 : DISTANCES AUX VOIES DE CIRCULATION ET LINEAIRES DANS LE PERIMETRE DES 500 M	7
TABLEAU 3 : FREQUENTATION DU PERIMETRE D'ETUDE (500 M)	8
TABLEAU 4 : COORDONNEES DES EOLIENNES ET DE LA PLATEFORME DE LIVRAISON	12
TABLEAU 5 : SEUILS D'INTENSITE	16
TABLEAU 6 : GRAVITE DES CONSEQUENCES DES ACCIDENTS ASSOCIES AUX PHENOMENES DANGEREUX.....	17
TABLEAU 7 : ECHELLE DES PROBABILITES.....	17
TABLEAU 8 : GRILLE DE CRITICITE ADAPTEE PAR L'INERIS	18
TABLEAU 9 : SYNTHESE DE L'ETUDE DETAILLEE DES RISQUES.....	18
TABLEAU 10 : GRILLE DE CRITICITE	19

Figures

FIGURE 1 : FONCTIONNEMENT D'UN PARC EOLIEN	11
FIGURE 2 : DENOMINATION DES DIFFERENTS ELEMENTS D'UNE EOLIENNE.....	11
FIGURE 3 : EVOLUTION DU NOMBRE D'ACCIDENTS EN FRANCE (ETD - 2022)	14

1. INTRODUCTION

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

Le risque pour le personnel de maintenance relève de la prévention des risques et des procédures de sécurité au travail, formalisées par le document unique de l'exploitant. L'introduction de visiteurs dans une éolienne relève de la responsabilité de l'exploitant et ne peut se faire que dans le cadre de son plan de prévention. Ces 2 risques sont exclus de l'analyse des risques de l'étude de dangers telle qu'elle est définie par le guide technique [19] « Elaboration de l'étude de dangers dans le cadre des parcs éoliens ».

2. INFORMATIONS GENERALES CONCERNANT L'INSTALLATION

2.1. Renseignements administratifs

Le projet du parc éolien de Landizès est porté par la société « les éoliennes de Landizès ». La société « les éoliennes de Landizès » est une société filiale à 100 % de la société **VSB Energies Nouvelles**.

La présentation des sociétés « les éoliennes de Landizès » et **VSB Energies Nouvelles** figure dans le dossier de demande d'autorisation environnementale (pièce 1).

L'étude de dangers a été rédigée par le bureau d'études **Energies et Territoires Développement (ETD)**, sous la direction du maître d'ouvrage représenté par Mme Pauline FERRÉ – VSB Energies Nouvelles.

ETD - Siège - Pôle d'innovation de Mescoat, 29800 LANDERNEAU
www.etd-energies.fr
Rédacteurs : M. Christophe ALLAIN, ingénieur. M. Brendan PARIS, technicien cartographe et PAO.
Tél. : 02 98 30 36 82 - Fax : 02 98 30 35 13

Energies et Territoires Développement est un bureau d'études travaillant essentiellement dans le domaine du grand éolien. Créé fin 2002, ETD compte un effectif de 8 ingénieurs et chargés d'études, et dispose de 2 implantations en France (Brest et Amiens). ETD intervient en conseil et réalise de nombreuses études, à la fois pour les porteurs de projets éoliens souhaitant être accompagnés dans leurs développements, mais aussi pour les collectivités engagées dans des analyses prospectives du développement de l'éolien sur leur territoire (schémas de développement et plans climat énergie territoire).

2.2. Localisation du site

Le projet est situé en région Bretagne, dans le département des Côtes d'Armor, sur la commune de Sainte-Tréphine. Les éoliennes du projet sont implantées sur des terrains agricoles à une altitude comprise entre 150 et 180 mètres.

Voir Carte 1 : Localisation du projet en page 5.

2.3. Définition de l'aire d'étude

2.3.1. Limites de l'installation

Les limites de l'installation étudiée correspondent à l'emprise des mâts des éoliennes et autres aménagements nécessaires à l'exploitation du parc (plateforme, chemins etc.) et à celle des postes de livraison.

2.3.2. Périmètre d'étude

Les éoliennes du projet du parc éolien de Landizès présentent une hauteur totale maximale de 150 m. 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 d'élément, telle que définie au paragraphe 8.2.4. de l'étude de dangers¹.

La plateforme du poste de livraison est située en bordure de chemin entre les éoliennes E3 et E4. A noter que le poste de livraison ne présente pas d'enjeu en dehors de leurs limites de l'installation.

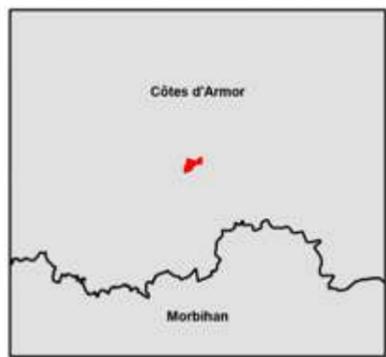
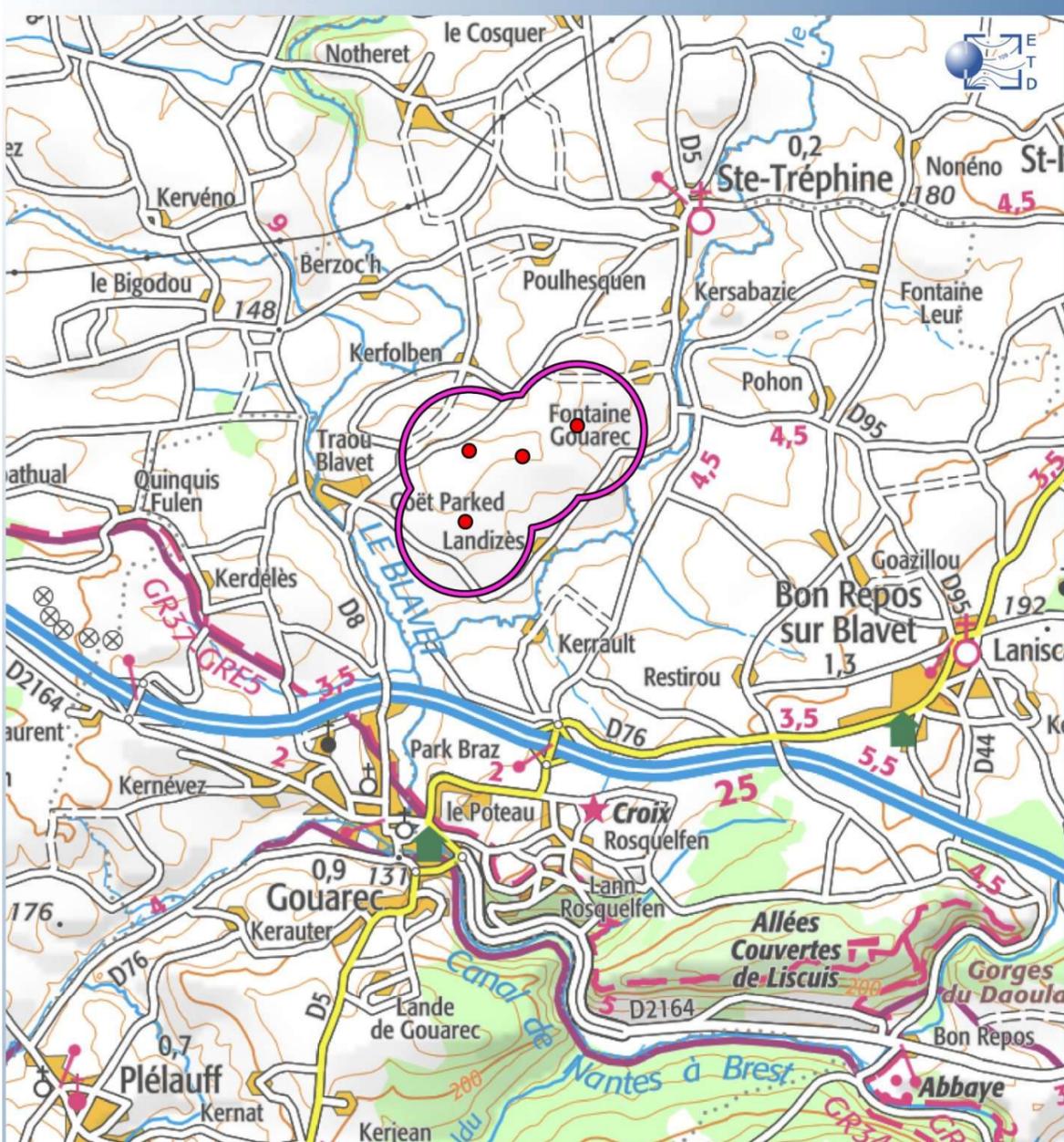
Le périmètre global d'étude des 500 mètres est représenté sur la *Carte 2 : Identification des éoliennes et périmètre d'étude* à la page 5. Ce périmètre concerne la commune de Sainte-Tréphine, et une très faible enclave sur Bon-Repos-sur-Blavet. Cette enclave étant particulièrement réduite (3573 m² pour une superficie communale de 53,91 ha soit 0,66 % de sa superficie), la commune de Bon-Repos-sur-Blavet ne sera pas retenue comme faisant partie du périmètre d'étude.

Le périmètre de l'étude de dangers figure sur la *Carte 2 : Identification des éoliennes et périmètre d'étude*.

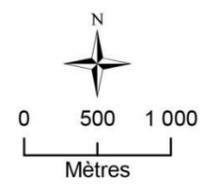
Les 4 éoliennes du projet sont numérotées E1 à E4.

¹ Périmètre d'effet de 500 mètres proposé dans le guide technique « Elaboration de l'étude de dangers dans le cadre des parcs éoliens » de mai 2012 [19], réalisé par l'INERIS et le Syndicat des Energies Renouvelables / France Energie Eolienne (SER-FEE) et validé par la Direction Générale de Prévention des Risques.

LOCALISATION DU PROJET



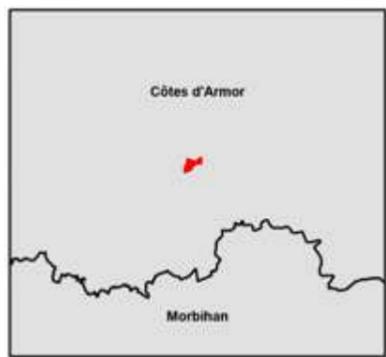
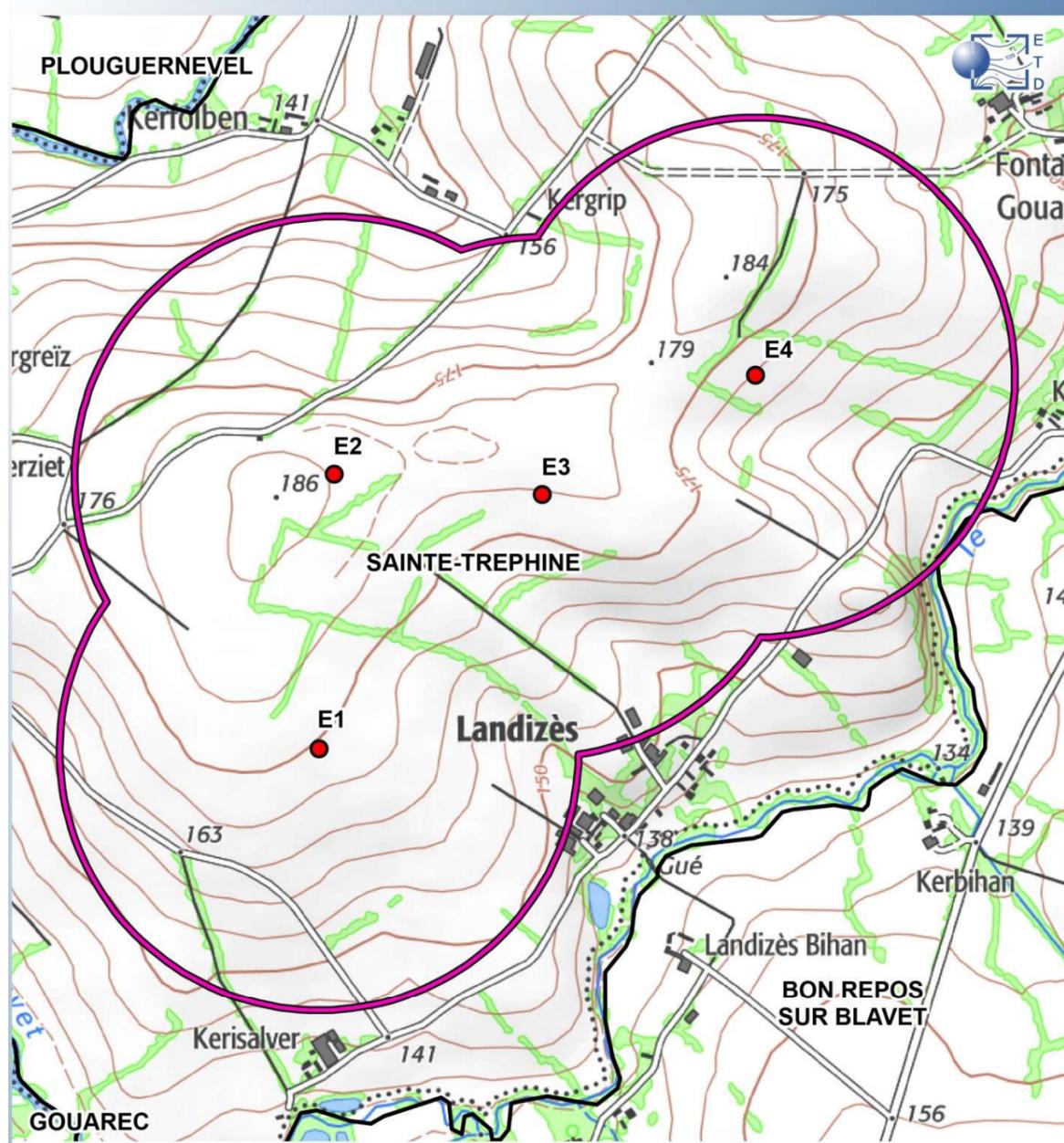
- Eoliennes du projet
- Périmètre d'étude (500m)



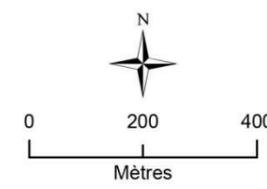
Sources : ETD, ©Scan100 IGN, 2022.

Carte 1 : Localisation du projet

IDENTIFICATION DES ÉOLIENNES ET PÉRIMÈTRE D'ÉTUDE



- Eolienne
- Périmètre d'étude (500m)
- Limite communale



Sources : ETD, ©Scan100 IGN, 2022.

Carte 2 : Identification des éoliennes et périmètre d'étude

3. DESCRIPTION DE L'ENVIRONNEMENT

3.1. Environnement humain

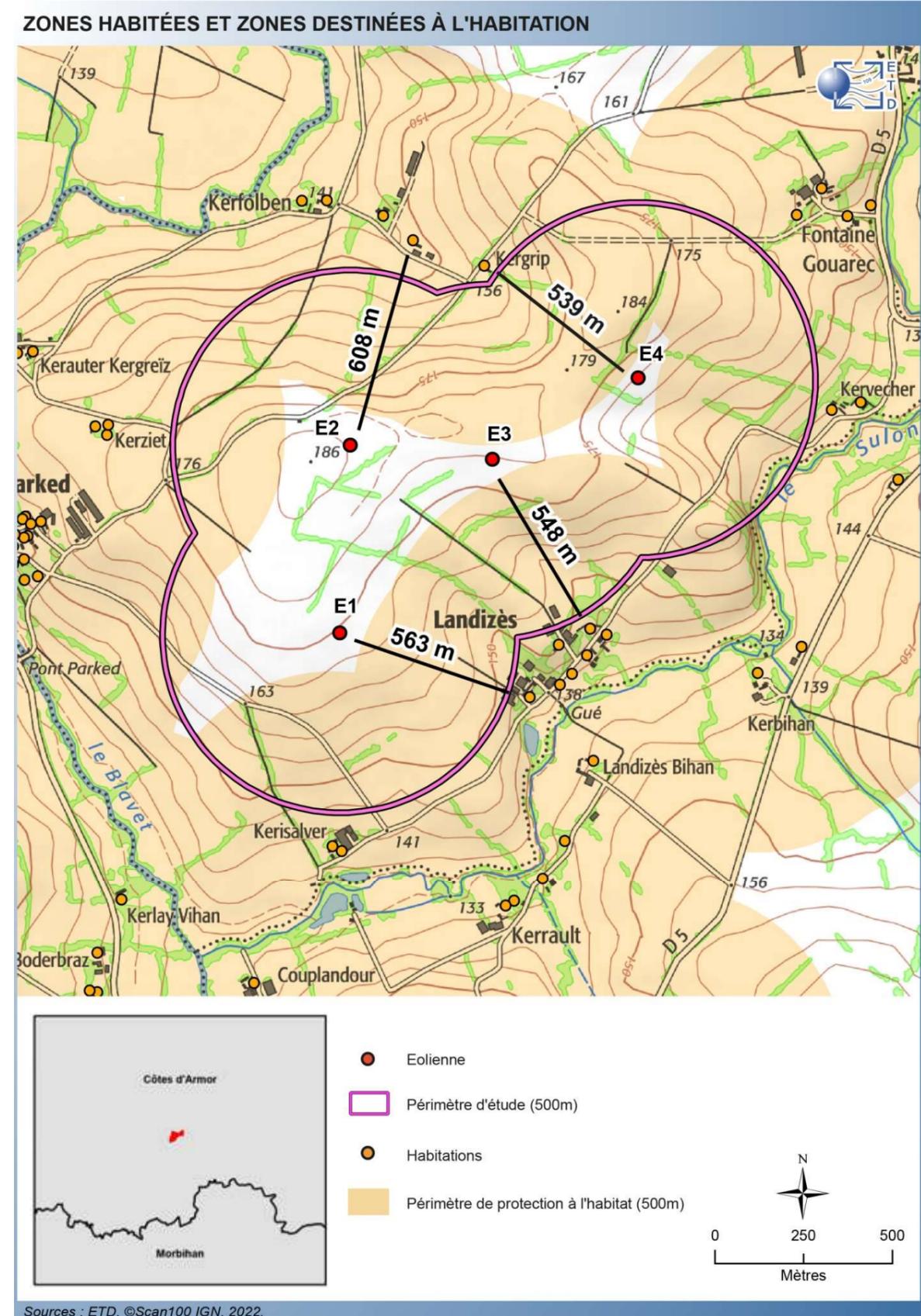
Dans le périmètre d'étude de 500 m on ne trouve aucune habitation.

La loi du 12 juillet 2010 stipule que les aérogénérateurs sont situés à une distance minimale de « 500 mètres de toute construction à usage d'habitation, de tout immeuble habité ou de toute zone destinée à l'habitation telle que définie dans les documents d'urbanisme opposables en vigueur au 13 juillet 2010. »

Le périmètre de l'étude est situé en milieu agricole. Les distances entre les habitations les plus proches et les éoliennes sont présentées dans le tableau ci-dessous :

Habitation	éolienne	distance
Lieu-dit Landizès	E1	563 m
Lieu-dit Kergrip	E2	608 m
Lieu-dit Landizès	E3	548 m
Lieu-dit Kervecher	E4	539 m

Tableau 1 : Distance entre les éoliennes et les habitations les plus proches



Carte 3 : Zones habitées et zones destinées à l'habitation

3.2. Environnement matériel

Aucune voie de circulation structurante² ni aucune voie ferrée ou voie navigable, ne traverse le périmètre de l'étude de dangers des éoliennes du projet.

Aucune route nationale ou départementale n'est présente au sein du périmètre d'étude de 500 m des éoliennes. Le réseau routier au sein de ce périmètre est uniquement caractérisé par des routes communales de faible gabarit reliant des hameaux locaux entre eux. A cela s'ajoutent des chemins d'exploitations agricoles.

Aucune donnée de circulation n'est disponible pour ces voies communales. Ces voies communales permettent essentiellement la circulation entre les différents hameaux disséminés dans la campagne. La circulation y est donc limitée. Ces routes ne sont donc pas des axes structurants.

La circulation de véhicules sur l'ensemble de ces voies non structurantes présente un enjeu qui a été apprécié selon la classification proposée par la fiche n°1 de la circulaire du 10 mai 2010 relative aux règles méthodologiques de comptage applicables aux études de dangers (voir en annexe 3). Les voies de circulation non structurantes sont à considérer au titre des « terrains aménagés peu fréquentés », soit 1 personne permanente pour 10 ha en considérant une largeur de voie de 6 m.

Le réseau des voies de circulation prises en compte dans le périmètre de l'étude de dangers figure sur la Carte 4 ci-contre.

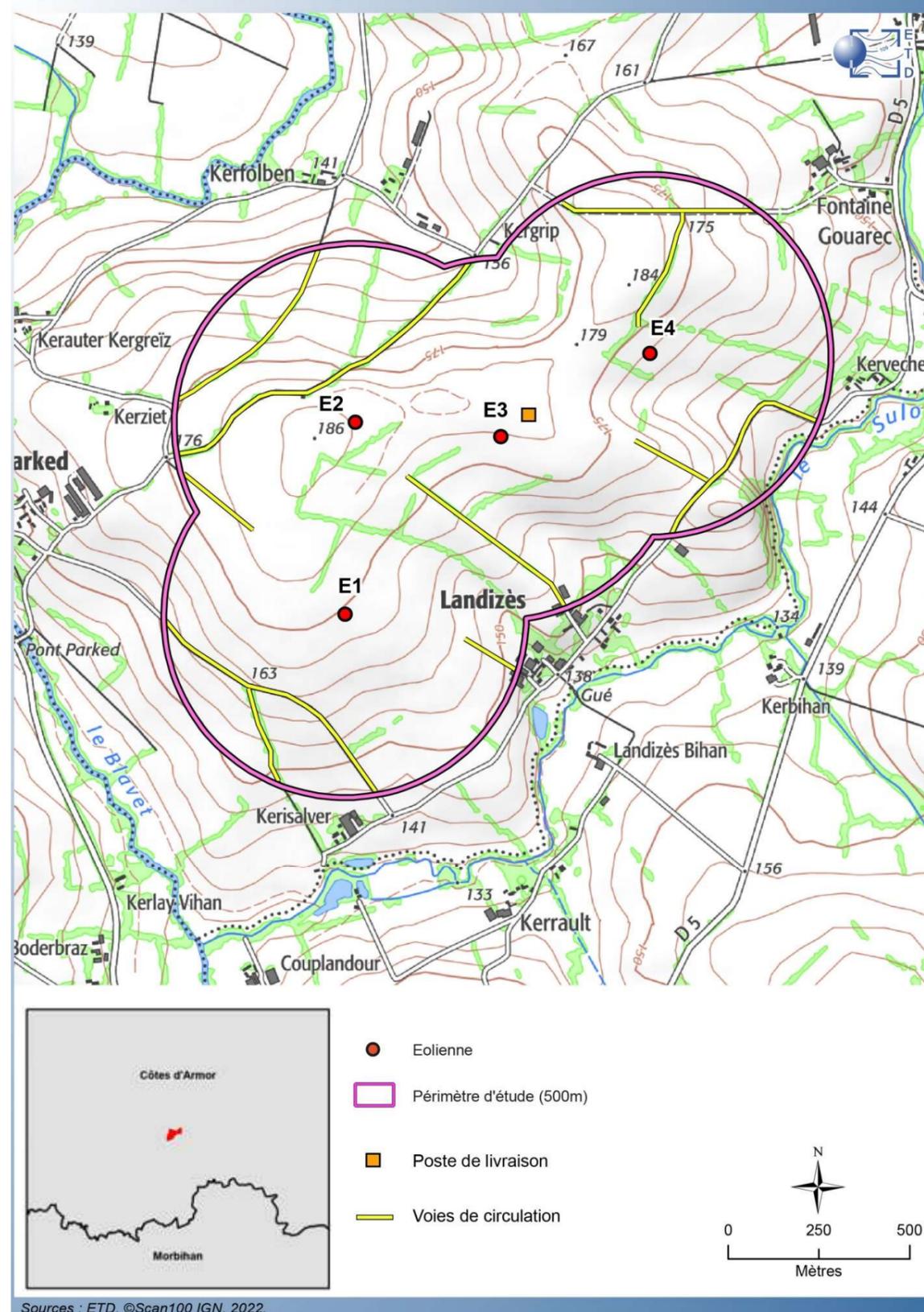
Le tableau ci-après indique, par éolienne et dans le périmètre des 500 m de l'éolienne, la distance entre l'éolienne et la voie de circulation routière la plus proche, ainsi que le linéaire du total des voies de circulation pris en compte dans l'étude détaillée des risques.

(Distance par rapport au mât des éoliennes)	Distance à la voie de circulation routière la plus proche	Linéaire de voie à faible circulation dans le périmètre des 500 m de l'éolienne
E1	338 m	1746m
E2	143 m	2106 m
E3	374 m	1212 m
E4	87 m	1768 m

Tableau 2 : Distances aux voies de circulation et linéaires dans le périmètre des 500 m

Note : Le linéaire des voies de circulation pour chaque périmètre d'effet correspondant aux différents risques figure dans les tableaux de l'étude détaillée des risques et sur les cartes de cartographie des risques (cf. paragraphe 8 à la page 16).

VOIES DE CIRCULATION PRISES EN COMPTE



Sources : ETD, ©Scan100 IGN, 2022.

Carte 4 : Voies de circulation prises en compte

² C.à.d. dont le trafic est supérieur à 2000 véhicules par jour.

3.3. Synthèse des enjeux

3.3.1. Préambule

Au final, et selon les critères de l'étude de dangers³, les enjeux humains suivants ont été identifiés dans le périmètre de l'étude (soit dans un rayon de 500 m autour des éoliennes) :

- Personnes non abritées (promeneurs, agriculteurs) présentes dans le périmètre de l'étude.
- Véhicules susceptibles d'emprunter les voies de circulation du périmètre de l'étude.

La détermination du nombre de personnes (enjeux humains en équivalent personnes permanentes - epp) exposées dans le périmètre de l'étude de dangers est basée sur la circulaire du 10 mai 2010 relative aux règles méthodologiques de comptage applicables aux études de dangers (fiche n°1 de la circulaire – Voir l'annexe 3). Ont été distingués :

- Les terrains non aménagés très peu fréquentés (terrains agricoles) avec l'hypothèse forfaitaire d'une personne permanente pour 100 ha.
- Les voies à faible circulation (largeur: 6 m) avec l'hypothèse forfaitaire d'une personne permanente pour 10 ha.

Pour chaque éolienne, par application des hypothèses de comptage mentionnées ci-dessus, la fréquentation du périmètre d'étude (500 m) en équivalent personnes permanentes (epp) est la suivante :

Eolienne	Enjeu: personnes non abritées		Enjeu: véhicules			Total epp
	Terrains non aménagés		Voies peu fréquentées			
	S (ha)	epp	L (m)	S (ha)	epp	
E1	78,5	0,79	1746	1,048	0,10	0,89
E2	78,5	0,79	2106	1,264	0,13	0,92
E3	78,5	0,79	1212	0,727	0,07	0,86
E4	78,5	0,79	1768	1,061	0,11	0,90

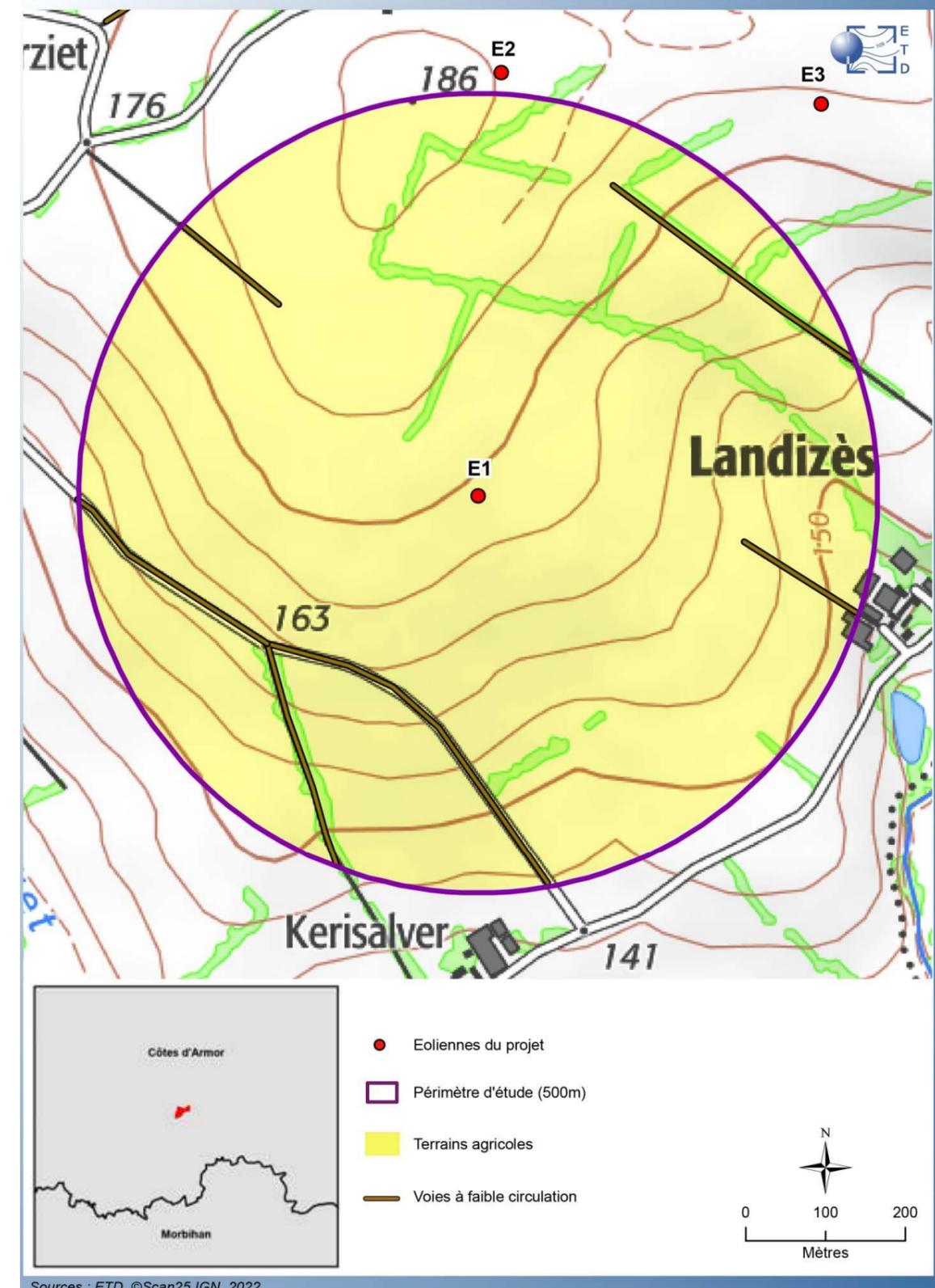
Tableau 3 : Fréquentation du périmètre d'étude (500 m)

3.3.2. Cartographie de synthèse des enjeux

Les enjeux identifiés dans le périmètre de l'étude de chaque éolienne ont été cartographiés sur les cartes ci-après.

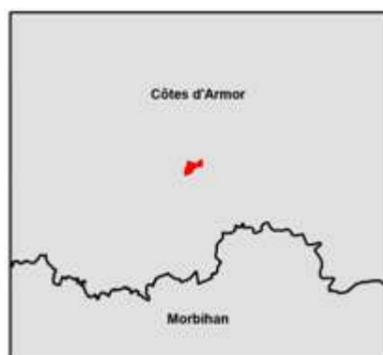
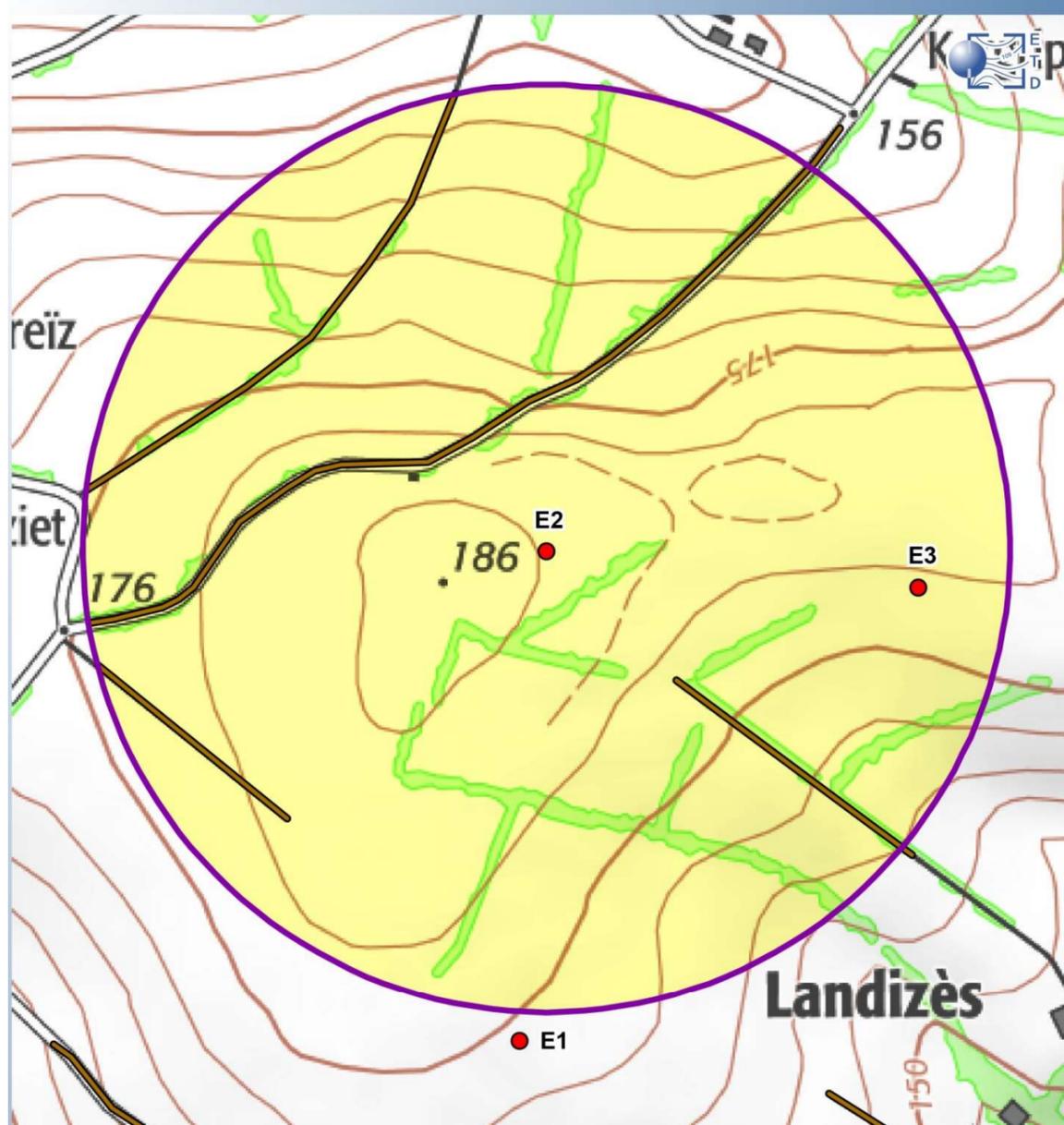
³ L'arrêté du 29 septembre 2005 relatif à l'évaluation et à la prise en compte des conséquences des accidents potentiels dans les études de dangers des installations classées soumises à autorisation environnementale impose une évaluation des accidents majeurs sur les personnes uniquement et non sur la 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 s'intéressera prioritairement aux dommages sur les personnes.

SYNTHÈSE DES ENJEUX : ÉOLIENNE E1

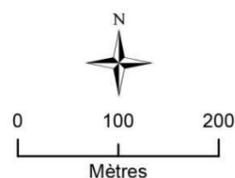


Carte 5 : Synthèse des enjeux : éolienne E1

SYNTHÈSE DES ENJEUX : ÉOLIENNE E2



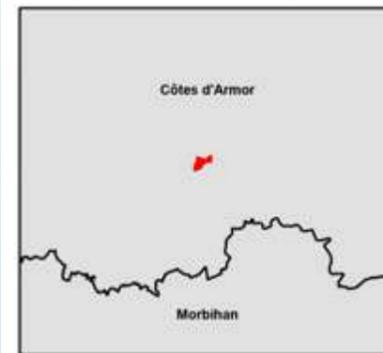
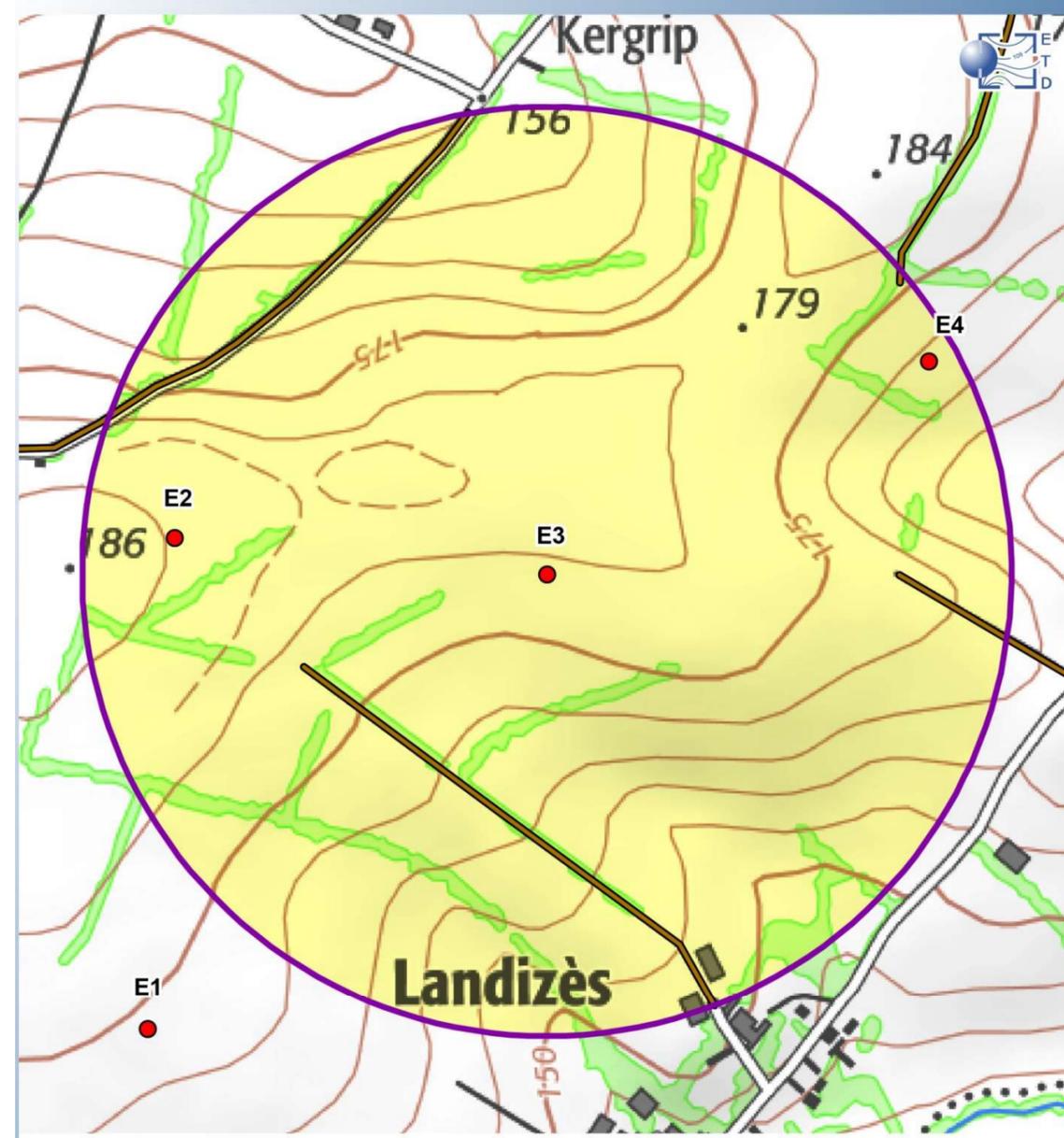
- Eoliennes du projet
- Périmètre d'étude (500m)
- Terrains agricoles
- Voies à faible circulation



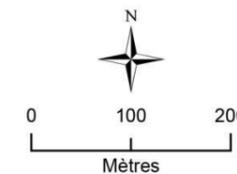
Sources : ETD, ©Scan25 IGN, 2022.

Carte 6 : Synthèse des enjeux : éolienne E2

SYNTHÈSE DES ENJEUX : ÉOLIENNE E3



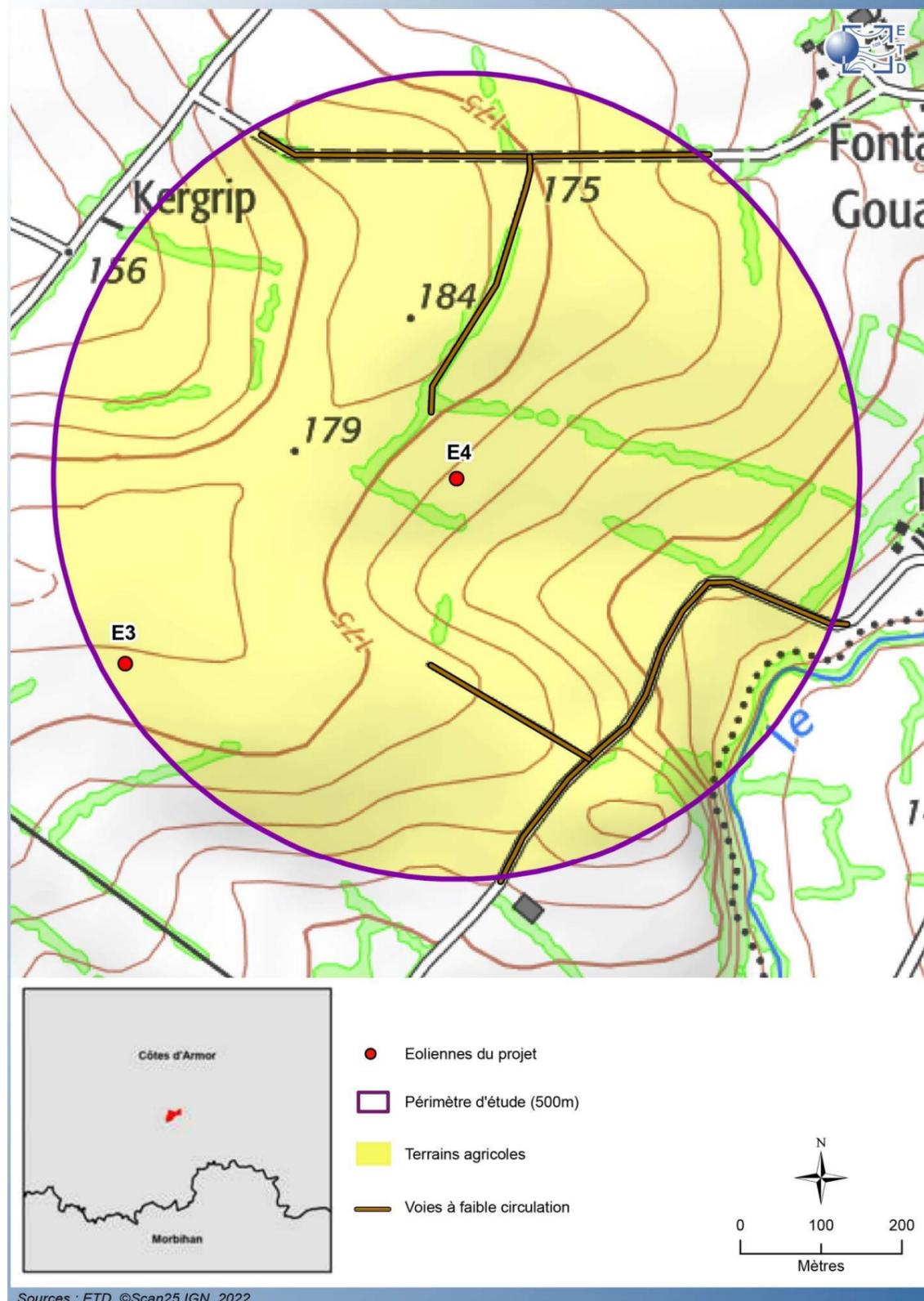
- Eoliennes du projet
- Périmètre d'étude (500m)
- Terrains agricoles
- Voies à faible circulation



Sources : ETD, ©Scan25 IGN, 2022.

Carte 7 : Synthèse des enjeux : éolienne E3

SYNTHÈSE DES ENJEUX : ÉOLIENNE E4



Carte 8 : Synthèse des enjeux : éolienne E4

4. DESCRIPTION DE L'INSTALLATION

4.1. Caractéristiques de l'installation

4.1.1. Caractéristiques générales d'un parc éolien

Un parc éolien est une centrale de production d'électricité à partir de l'énergie du vent. Il est composé de plusieurs aérogénérateurs et de leurs annexes :

- Plusieurs éoliennes fixées sur une fondation adaptée, accompagnée d'une aire stabilisée appelée « plate-forme » et/ ou « aire de grutage » ;
- Un réseau de câbles électriques enterrés (20 000 V) 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 postes de livraison électrique, concentrant l'électricité des éoliennes et organisant son évacuation vers le réseau public d'électricité au travers du poste source local (point d'injection de l'électricité sur le réseau public) ;
- Un réseau de câbles enterrés (20 000 V) permettant d'évacuer l'électricité regroupée au(x) poste(s) de livraison vers le poste source (appelé « réseau externe » et appartenant le plus souvent au gestionnaire du réseau de distribution d'électricité) ;
- Un réseau de chemins d'accès ;
- Eventuellement des éléments annexes type mât de mesure de vent, aire d'accueil du public, aire de stationnement, etc...

La distribution électrique sur le réseau est illustrée par la figure suivante :

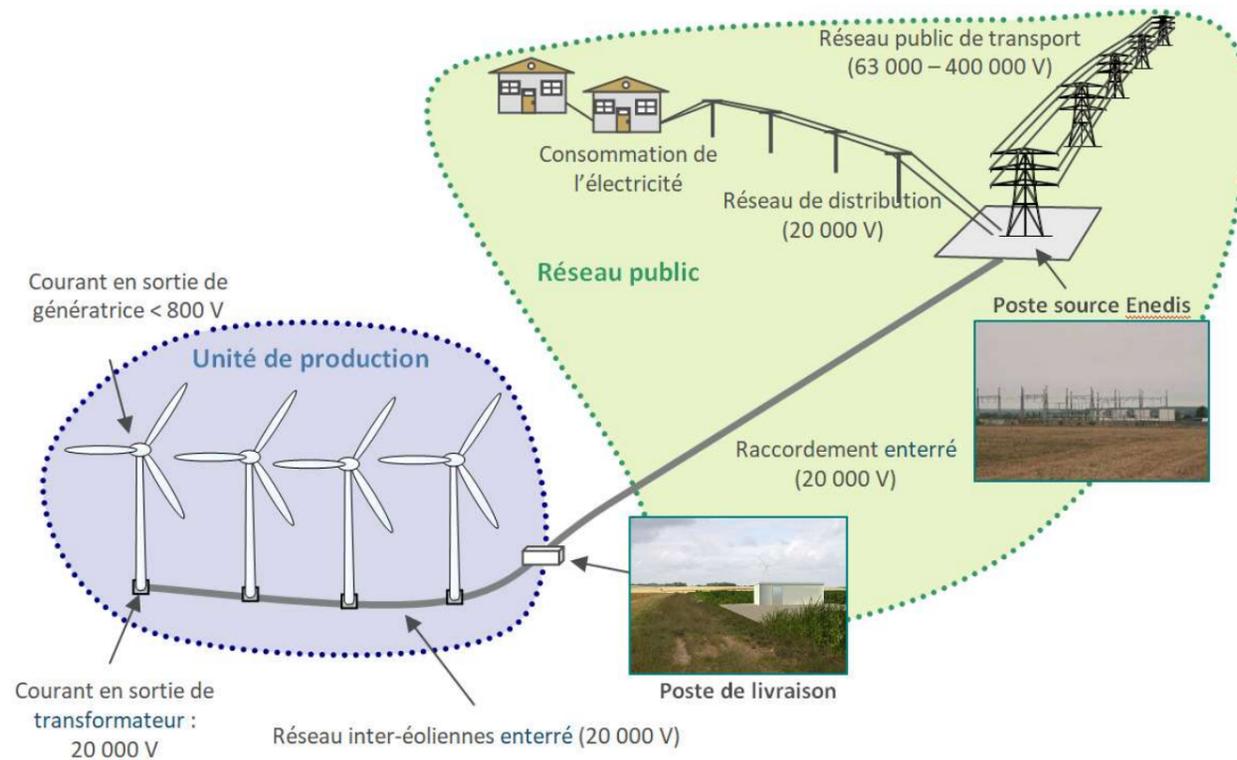


Figure 1 : Fonctionnement d'un parc éolien

Une éolienne est constituée des éléments principaux suivants :

- un rotor, constitué du moyeu, de trois pales et du système à pas variable (1) ;
- une nacelle supportant le rotor (2), dans laquelle se trouvent des éléments techniques indispensables à la création d'électricité (train d'entraînement, éventuellement multiplicateur, génératrice, système d'orientation, ...) ainsi que le système de freinage mécanique, les équipements de mesure de vent (anémomètre, girouette), le balisage diurne et nocturne nécessaire à la sécurité aéronautique ;
- un mât maintenant la nacelle et le rotor (3) ;
- une fondation assurant l'ancrage de l'ensemble (4) ;
- un transformateur (dans le mât ou dans la nacelle) et une installation de commutation moyenne tension.

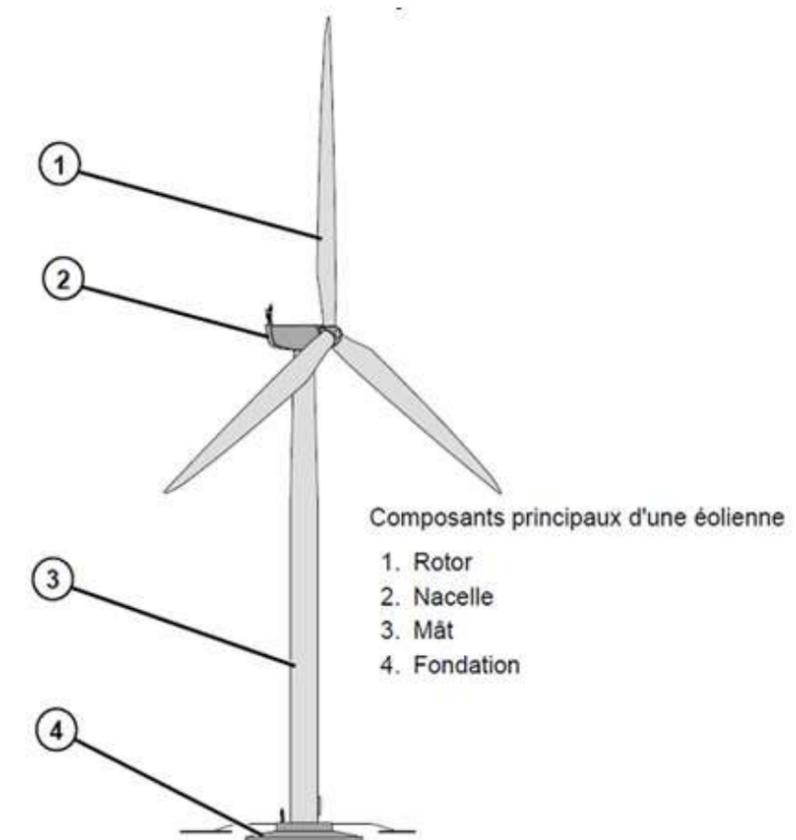


Figure 2 : Dénomination des différents éléments d'une éolienne

4.1.2. Composition de l'installation

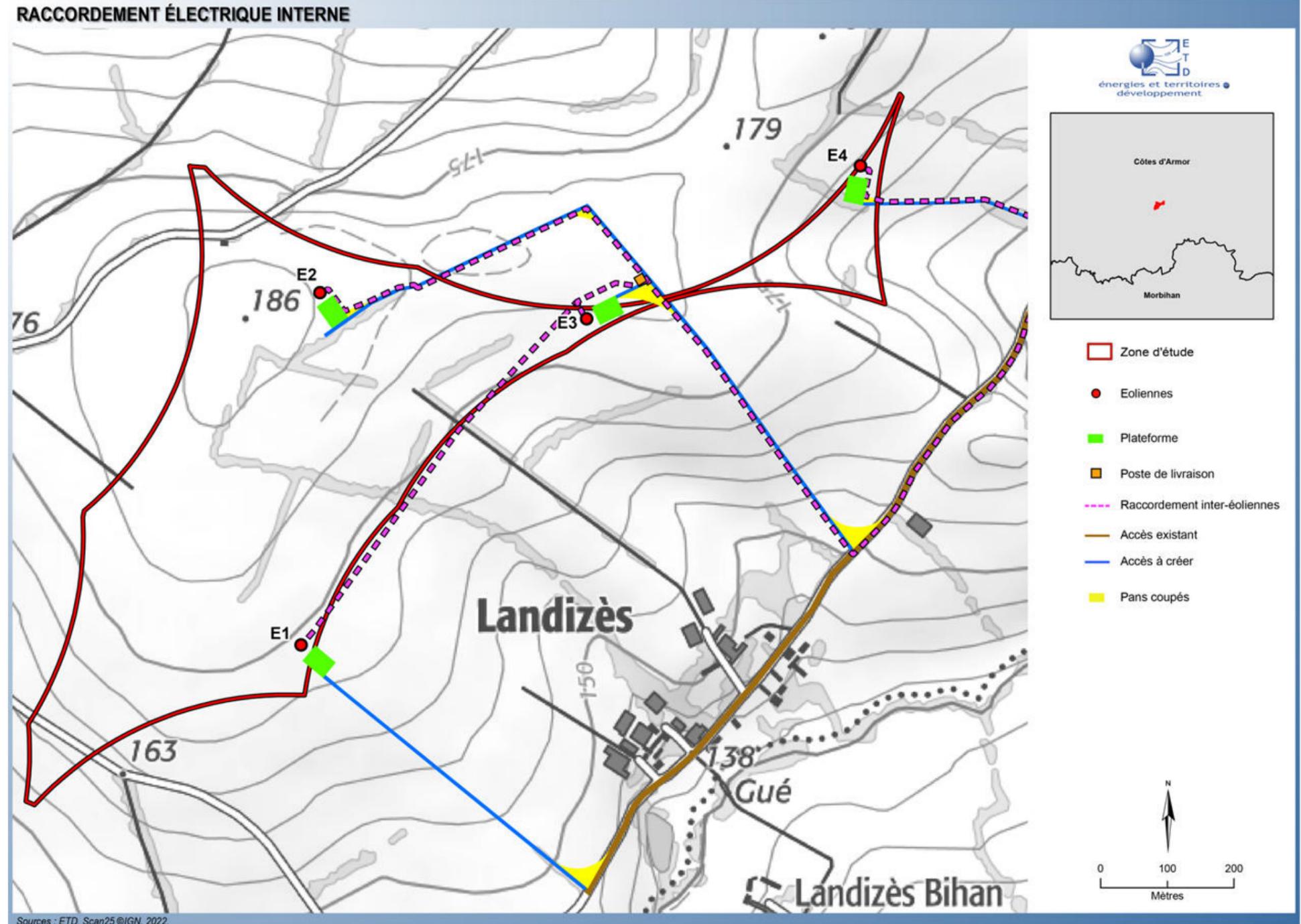
Le projet du parc éolien de Landizès est composé de 4 éoliennes (le type Vestas V117 a été retenu pour la présente étude) et d'une plateforme de livraison (constituée d'un poste de livraison). La puissance totale maximale du projet est de 11,96 à 16,8 MW suivant le modèle retenu.

Les coordonnées des éoliennes et de la plateforme de livraison (PDL) sont les suivantes :

Eolienne	X	Y
1	242139	6811974
2	242168	6812502
3	242568	6812463
4	242979	6812692

Tableau 4 : Coordonnées des éoliennes et de la plateforme de livraison

A la page suivante, figure un plan schématique de l'installation (éoliennes, accès, réseau électrique, plateformes, postes de livraison).



Carte 9 : Plan détaillé de l'installation

5. IDENTIFICATION DES POTENTIELS DE DANGERS DE L'INSTALLATION

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

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

5.1. Les potentiels de dangers liés aux produits

5.1.1. Préambule

Les risques associés aux différents produits sont :

- **L'incendie** : des produits combustibles sont présents dans l'éolienne. 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.

L'activité de production d'électricité par les éoliennes ne consomme pas de matières premières (hormis l'acier et/ou le béton qui ont été nécessaires à la construction des éoliennes), ne génère pas d'émission atmosphérique mais peut générer une petite quantité de déchets dans le cadre de l'exploitation des parcs.

Les produits identifiés dans le cadre du projet 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...), évacués selon la procédure adaptée⁴. Le détail concernant les produits de nettoyage et d'entretien des installations présents ponctuellement au moment des opérations d'entretien des machines sera apporté par l'exploitant au moment de la mise en service de l'installation.

Conformément à l'article 16 de l'arrêté du 26 août 2011 modifié par l'arrêté du 22 juin 2020 relatif aux installations éoliennes soumises à autorisation, aucun produit inflammable ou combustible n'est stocké dans les aérogénérateurs ou les postes de livraison (en dehors des produits nécessaires au fonctionnement de l'éolienne).

5.1.2. Inventaire des produits (source : Vestas)

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

- L'huile hydraulique (circuit haute pression) dont la quantité présente est de l'ordre de 250 litres ;
- L'huile de lubrification du multiplicateur dont la quantité présente est de l'ordre de 1000 litres ;
- L'eau glycolée (mélange d'eau et d'éthylène glycol), qui est utilisée comme liquide de refroidissement, dont le volume total de la boucle est d'environ 400 litres ;
- Les graisses pour les roulements et systèmes d'entraînement ;
- L'hexafluorure de soufre (SF₆), qui est le gaz utilisé comme milieu isolant pour les cellules de protection électrique. La quantité présente varie entre 1,5 kg et 2,2 kg suivant le nombre de caissons composant la cellule.

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

5.2. Les potentiels de dangers liés au fonctionnement de l'installation

Les dangers liés au fonctionnement du parc éolien (hors causes externes) sont de cinq types :

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

⁴ Voir demande d'autorisation environnementale - Procédure de Gestion des déchets

6. ANALYSE DES RETOURS D'EXPERIENCE

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

6.1. Analyse de l'évolution des accidents et incidents en France

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

Les figures ci-dessous montrent cette évolution entre 2002 et 2022. Il apparaît que le nombre d'accidents (par éolienne) a fortement décru en début de période (second graphe) pour se stabiliser depuis 10 ans à **entre 1 et 2 accidents par an pour 1000 éoliennes installées** (soit moins de 10 accidents par an pour les 4 dernières années). Cette tendance s'explique principalement par un parc éolien français assez récent, qui utilise majoritairement des éoliennes de nouvelle génération, équipées de technologies plus fiables et plus sûres.

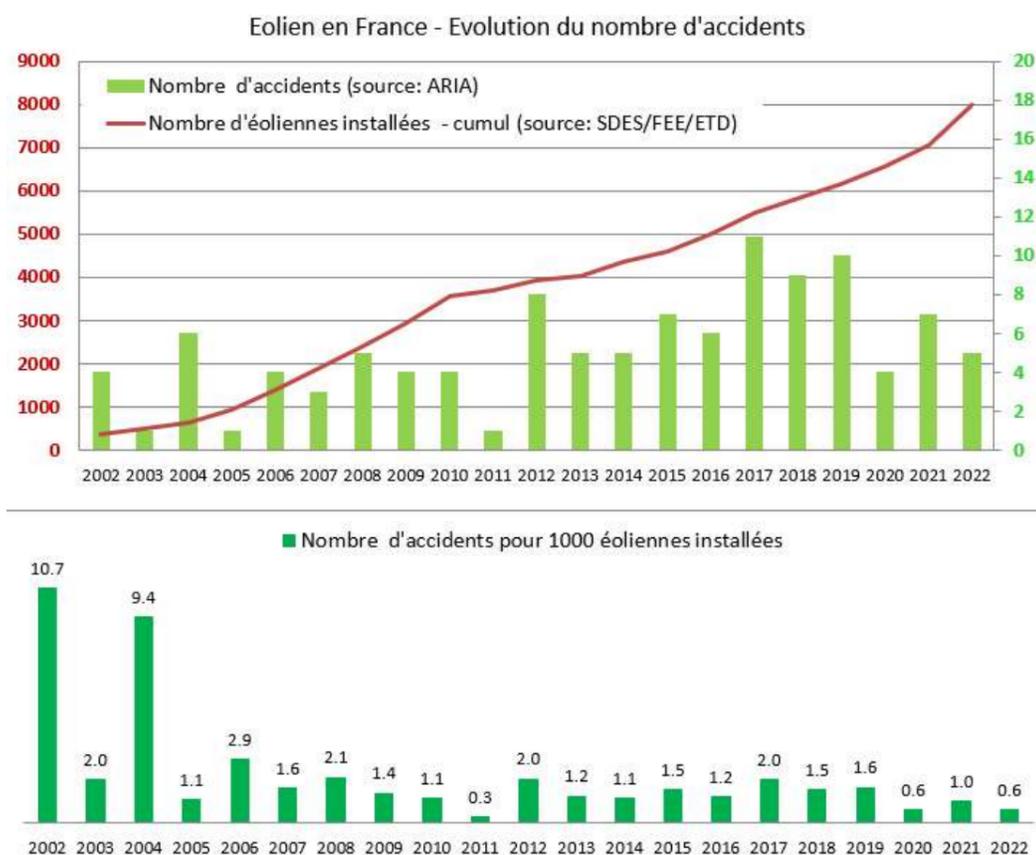


Figure 3 : Evolution du nombre d'accidents en France (ETD - 2022)

6.2. Analyse des typologies d'accidents les plus fréquents

6.2.1. Cause des accidents

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

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

6.2.2. Effondrement d'une machine, perte de pales

D'après le Conseil Général des Mines, la première cause d'accident est la perte de tout ou partie d'une pale, causée par 2 phénomènes :

- une faiblesse dans la structure de la pale ;
- une mise en survitesse de la machine (ex : Port-la-Nouvelle, carence des dispositifs de sécurité).

L'effondrement d'une éolienne peut avoir d'autres origines : tempête, fondations mal réalisées, erreur de calcul, etc. Cependant, ce risque est très limité quant à ses conséquences, qui sont circonscrites au périmètre d'effondrement (soit la taille de l'éolienne).

La réglementation actuelle, exigeant une distance minimale de 500 mètres par rapport aux habitations et zones destinées à l'habitation, permet d'écarter ce risque pour les riverains. On ajoutera que peu de personnes se rendent à proximité des éoliennes lors d'une tempête, limitant d'emblée ce risque pour d'éventuels promeneurs.

6.2.3. Incendie

L'incendie d'une nacelle à une centaine de mètres d'altitude est impossible à éteindre s'il n'est pas traité dès le départ avec un extincteur. Ces incendies peuvent être causés par des défaillances du système électrique ou des systèmes de lubrification ou de refroidissement, par une survitesse du rotor, ou par des actes de malveillance. Cette éventualité, pouvant avoir plusieurs causes, a tout de même un impact mesuré et encadré.

6.2.4. Projection de glace

L'accidentologie rapporte quelques cas de projection de glace. Ce phénomène est connu et possible, mais reste difficilement observable et n'a jamais occasionné de dommage sur les personnes ou les biens. En ce qui concerne la distance maximale atteinte par ce type de projectiles, il n'existe pas d'information dans l'accidentologie. La référence [15] propose une distance d'effet fonction de la hauteur et du diamètre de l'éolienne, dans les cas où le nombre de jours de glace est important et où l'éolienne n'est pas équipée de système d'arrêt des éoliennes en cas de givre ou de glace :

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

6.2.5. Synthèse et atteinte aux personnes

L'analyse précédente a montré que les incidents liés aux éoliennes de par le monde étaient relativement peu nombreux. D'après les données disponibles les incidents de type chute d'éolienne, projection de débris ou de glace, ou incendie sur les éoliennes n'ont jamais été à l'origine de décès de personnes extérieures à l'exploitation dans le monde. Par ailleurs l'analyse des accidents en France ne montre aucun blessé en dehors du personnel de maintenance.

7. ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES

7.1. Identification des scénarios à retenir dans l'analyse détaillée des risques

L'analyse préliminaire des risques, permet d'identifier huit catégories de scénarios :

- Projection de tout ou partie de pale ;
- Effondrement de l'éolienne ;
- Chute d'éléments de l'éolienne ;
- Chute de glace ;
- Projection de glace ;
- Incendie de l'éolienne ;
- Incendie d'un poste de livraison ;
- Infiltration d'huile dans le sol.

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 retenues 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, trois catégories de scénarios sont a priori exclues de l'étude détaillée, en raison de leur faible intensité :

Nom du scénario exclu	Justification
Incendie de l'éolienne (effets thermiques)	En cas d'incendie de nacelle, et en raison de la hauteur des nacelles, les effets thermiques ressentis au sol seront mineurs. Par exemple, dans le cas d'un incendie de nacelle située à 50 mètres de hauteur, la valeur seuil de 3 kW/m ² n'est pas atteinte. Dans le cas d'un incendie au niveau du mât les effets sont également mineurs et l'arrêté du 26 août 2011 modifié par l'arrêté du 22 juin 2020 encadre déjà largement la sécurité des installations. Ces effets ne sont donc pas étudiés dans l'étude détaillée des risques. Néanmoins, il peut être redouté que des chutes d'éléments (ou des projections) interviennent lors d'un incendie. Ces effets sont étudiés avec les projections et les chutes d'éléments.
Incendie du poste de livraison ou du transformateur	En cas d'incendie de ces éléments, les effets ressentis à l'extérieur des bâtiments (poste de livraison) seront mineurs ou inexistant du fait notamment de la structure en béton. De plus, la réglementation encadre déjà largement la sécurité de ces installations (l'arrêté du 26 août 2011 modifié par l'arrêté du 22 juin 2020 [9] et impose le respect des normes NFC 15-100, NFC 13-100 et NFC 13-200)
Infiltration d'huile dans le sol	En cas d'infiltration d'huiles dans le sol, les volumes de substances libérées dans le sol restent mineurs et ne sont pas de nature à créer un danger pour l'homme. Les risques d'atteinte au milieu naturel sont limités et sont abordés dans l'étude d'impact.

7.2. Conclusion

A l'issue de l'analyse préliminaire des risques, cinq catégories de scénarios sont à étudier dans l'étude détaillée des risques :

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

Rappelons cependant que l'analyse de l'accidentologie a montré que ces accidents n'avaient encore jamais entraîné de décès dans le monde (sur la base des données disponibles).

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

8. ETUDE DETAILLEE DES RISQUES

L'étude détaillée des risques vise à caractériser les scénarios sélectionnés 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. La méthode utilisée se base sur celle proposée par l'INERIS dans le guide de l'étude de dangers éolienne, dans sa version définitive de mai 2012 [19].

8.1. Rappel des définitions

8.1.1. Réglementation

La présente étude est réalisée sur la base du guide technique national relatif à l'étude des dangers dans le cadre d'un parc éolien dans sa version définitive de mai 2012 [19]. 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.

Dans le cas des scénarios d'effondrement, de projection ou de chute d'objets retenus pour l'étude, un accident majeur correspond à l'atteinte d'une cible.

8.1.2. Cinétique

La cinétique d'un accident est la vitesse d'enchaînement des événements constituant une séquence accidentelle, de l'événement initiateur aux conséquences sur les éléments vulnérables. Selon l'article 8 de l'arrêté du 29 septembre 2005, la cinétique peut être qualifiée de « lente » ou « 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. La cinétique est rapide dans le cas contraire. Dans le cadre de l'étude de danger, il est considéré, de façon conservatoire, que tous les accidents étudiés ont une cinétique rapide. Par conséquent, ce paramètre n'est pas réétudié dans la suite de l'étude pour chacun des phénomènes redoutés étudiés.

8.1.3. 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 tout ou partie de pale), de chute d'éléments (glace ou tout 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 : seuil 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 %

Tableau 5 : Seuils d'intensité

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

8.1.4. Gravité

Par analogie avec les 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.

La gravité correspond au nombre de personnes potentiellement impactées. Les seuils retenus pour l'étude sont liés au degré d'exposition.⁵

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

Tableau 6 : Gravité des conséquences des accidents associés aux phénomènes dangereux
Source : guide de l'étude de dangers éolienne mai 2012

8.1.5. Probabilité

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

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

Tableau 7 : Echelle des probabilités

Dans la présente étude, les probabilités ont été majoritairement calculées à partir d'une approche dite « quantitative » basée sur le guide de l'étude de dangers des parcs éoliens de l'INERIS [19] et s'appuyant sur des fréquences génériques d'événements redoutés centraux (voir l'annexe 2 « Probabilité d'atteinte et risque individuel »). En effet, le retour d'expérience est apparu suffisamment fourni pour permettre l'utilisation de cette méthode. La probabilité de chaque événement accidentel identifié pour une éolienne est donc 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.

⁵ Arrêté du 29 septembre 2005

8.1.6. Grille de criticité

La circulaire du 10 mai 2010 propose une grille de criticité qui permet la justification par l'exploitant des mesures de maîtrise du risque en termes de couple probabilité-gravité des conséquences sur les personnes physiques correspondant aux intérêts visés par l'article L.511-1 du code de l'Environnement. Cette grille définit deux types de zones :

- **Zone en rouge « NON » : zone de risque élevé** ⇔ accidents « **inacceptables** » susceptibles d'engendrer des dommages sévères à l'intérieur et hors des limites du site ; dans ce cas l'exploitant doit mettre en place des mesures de réduction des risques.
- **Zone en vert : zone de risque moindre** ⇔ accidents qui ne nécessitent pas de mesures de réduction du risque supplémentaires.

Dans le guide de l'étude de dangers de mai 2012 [19], l'INERIS propose une grille légèrement adaptée de celle proposée par la circulaire du 10 mai 2010. Dans cette grille (cf. ci-dessous), les cases en jaune correspondent comme les cases en vert à des risques faibles. Cependant, des mesures de sécurité ont été mises en place dans ces cas là. Ces mesures ont été présentées au paragraphe 7.6 – *Mise en place des mesures de sécurité*.

Gravité/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

Tableau 8 : Grille de criticité adaptée par l'INERIS
Source : guide de l'étude de dangers éolienne mai 2012

Le positionnement des phénomènes dangereux identifiés et des accidents correspondants dans cette grille de criticité permet de les hiérarchiser et d'identifier les **accidents majeurs**.

8.2. Synthèse de l'étude détaillée des risques

8.2.1. Tableaux de synthèse des scénarios étudiés

Le tableau ci-dessous récapitule, pour chaque événement retenu, les paramètres de risques : portée, intensité (exposition), probabilité et le niveau de gravité:

Scénario	Zone d'effet	Cinétique	Intensité d'exposition	Probabilité	Niveau de gravité des conséquences (fonction de l'intensité d'exposition et du nombre de personnes)
Effondrement de l'éolienne	150 m autour des éoliennes	Rapide	Exposition forte	D Rare	Sérieux pour toutes les éoliennes
Chute de glace	Zone de survol 60 m	Rapide	Exposition modérée	A Courant	Modéré pour toutes les éoliennes
Chute d'éléments de l'éolienne	Zone de survol 60 m	Rapide	Exposition forte	C Improbable	Sérieux pour toutes les éoliennes
Projection d'éléments de pale	500 m autour de l'éolienne	Rapide	Exposition modérée	C Improbable	Modéré pour toutes les éoliennes
Projection de glace	314 m autour des éoliennes	Rapide	Exposition modérée	B Probable	Modéré pour toutes les éoliennes

Tableau 9 : Synthèse de l'étude détaillée des risques

8.2.2. Synthèse de l'acceptabilité des risques

Enfin, la dernière étape de l'étude détaillée des risques consiste à rappeler l'acceptabilité des accidents potentiels pour chacun des phénomènes dangereux étudiés. Pour conclure sur l'acceptabilité, la grille de criticité ci-dessous, adaptée de la circulaire du 29 septembre 2005 reprise dans la circulaire du 10 mai 2010 sera utilisée :

La grille de criticité permet de croiser les probabilités de survenue d'un accident (en colonne) avec la gravité potentielle de ces accidents (en ligne). La zone rouge de cette matrice correspond à des accidents non acceptables, pour lesquels des mesures de réduction des risques doivent être mises en œuvre. Dans les zones verte et jaune, aucune mesure de réduction des risques n'est nécessaire.

Projet éolien de Landizès					
Matrice des risques		D (rare)	C (improbable)	B (probable)	A (courant)
Niveau de gravité des conséquences	Désastreux				
	Catastrophique				
	Important				
	Sérieux	Effondrement (150 m) Toutes les éoliennes	Chute d'éléments (60 m) Toutes les éoliennes		
	Modéré		Projection de pales ou de fragments de pales (500 m) Toutes les éoliennes	Projection de glace (314 m) Ensemble des éoliennes	Chute de glace (60 m) Toutes les éoliennes
Niveau de risque	Couleur	Acceptabilité			
Risque très faible		Acceptable			
Risque faible		Acceptable			
Risque important		Non acceptable			

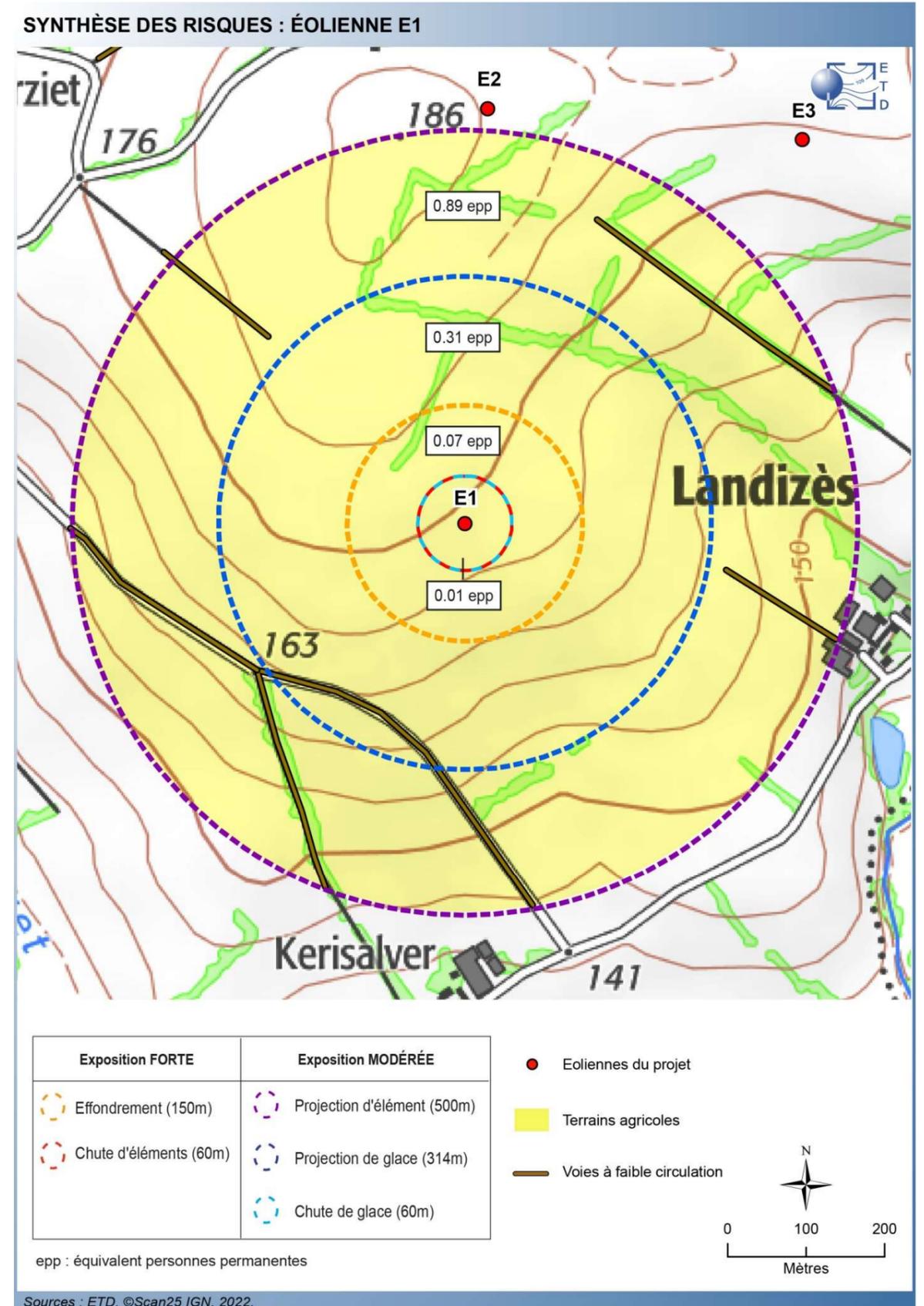
Tableau 10 : Grille de criticité

Il apparaît au regard de la matrice ainsi complétée qu'aucun accident n'apparaît dans les cases rouges de la matrice et certains accidents figurent en case jaune. Pour ces accidents, il convient de souligner que les fonctions de sécurité détaillées dans la partie 7.6 sont mises en place. L'ensemble des accidents retenus présente un risque acceptable (faible à très faible), c'est-à-dire qu'ils ne nécessitent pas de mesures supplémentaires de réduction des risques autres que celles déjà prises.

8.2.3. Cartographie des risques

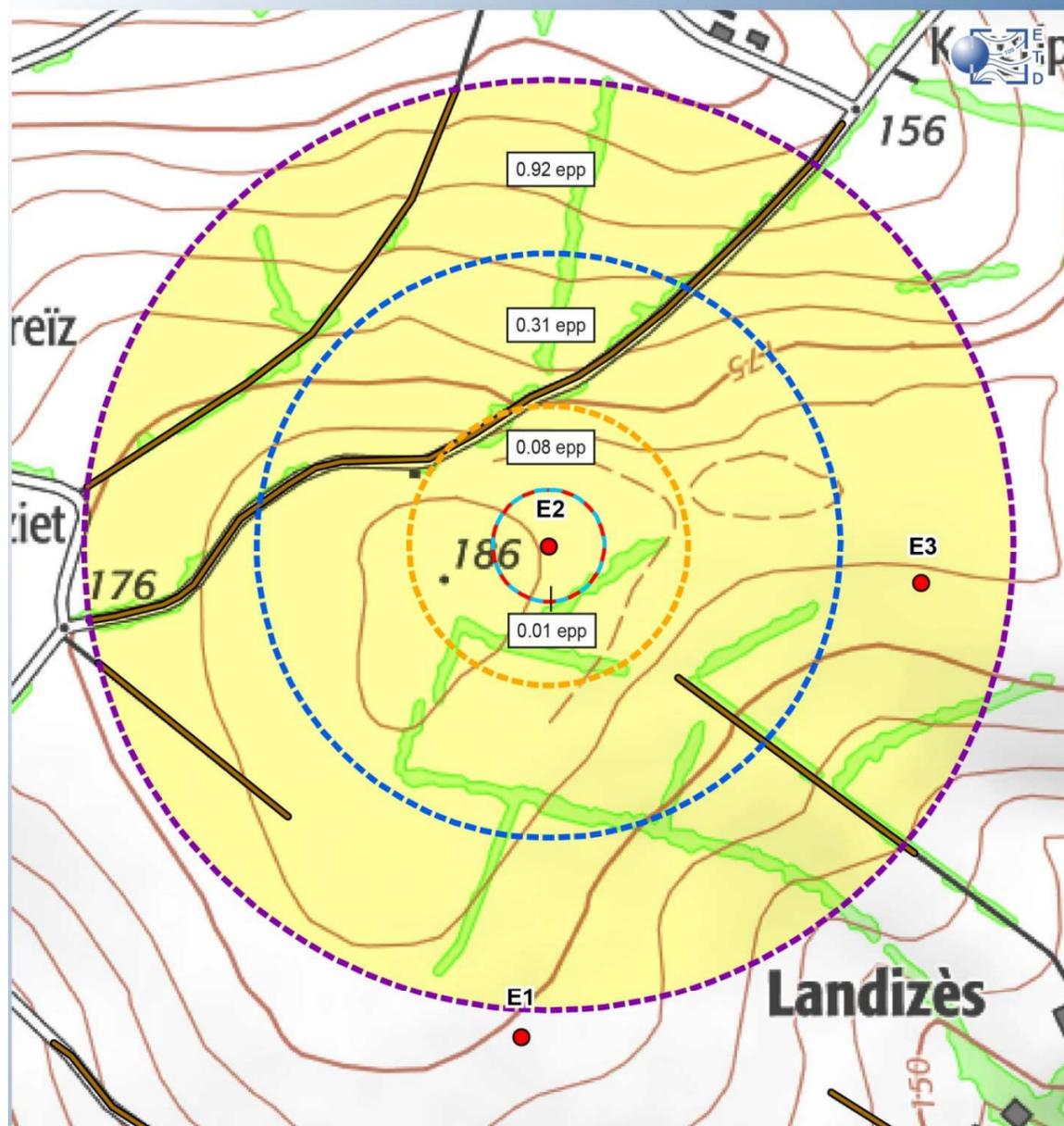
Les cartes de synthèse des risques qui figurent en pages suivantes font apparaître **pour chaque éolienne** et pour chacun des phénomènes dangereux retenus :

- les **enjeux** présents dans les différentes zones d'effet ;
- le **nombre de personnes** permanentes (epp, ou équivalent personnes permanentes) exposées par zone d'effet ;
- L'**intensité** de l'exposition aux différents phénomènes dangereux dans les zones d'effet de ces phénomènes (exposition forte ou modérée).



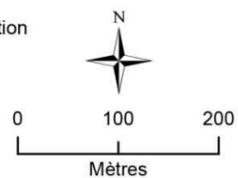
Carte 10 : Carte de synthèse des risques : éolienne E1

SYNTHÈSE DES RISQUES : ÉOLIENNE E2



Exposition FORTE	Exposition MODÉRÉE	
Effondrement (150m)	Projection d'élément (500m)	Eoliennes du projet
Chute d'éléments (60m)	Projection de glace (314m)	Terrains agricoles
Chute de glace (60m)		Voies à faible circulation

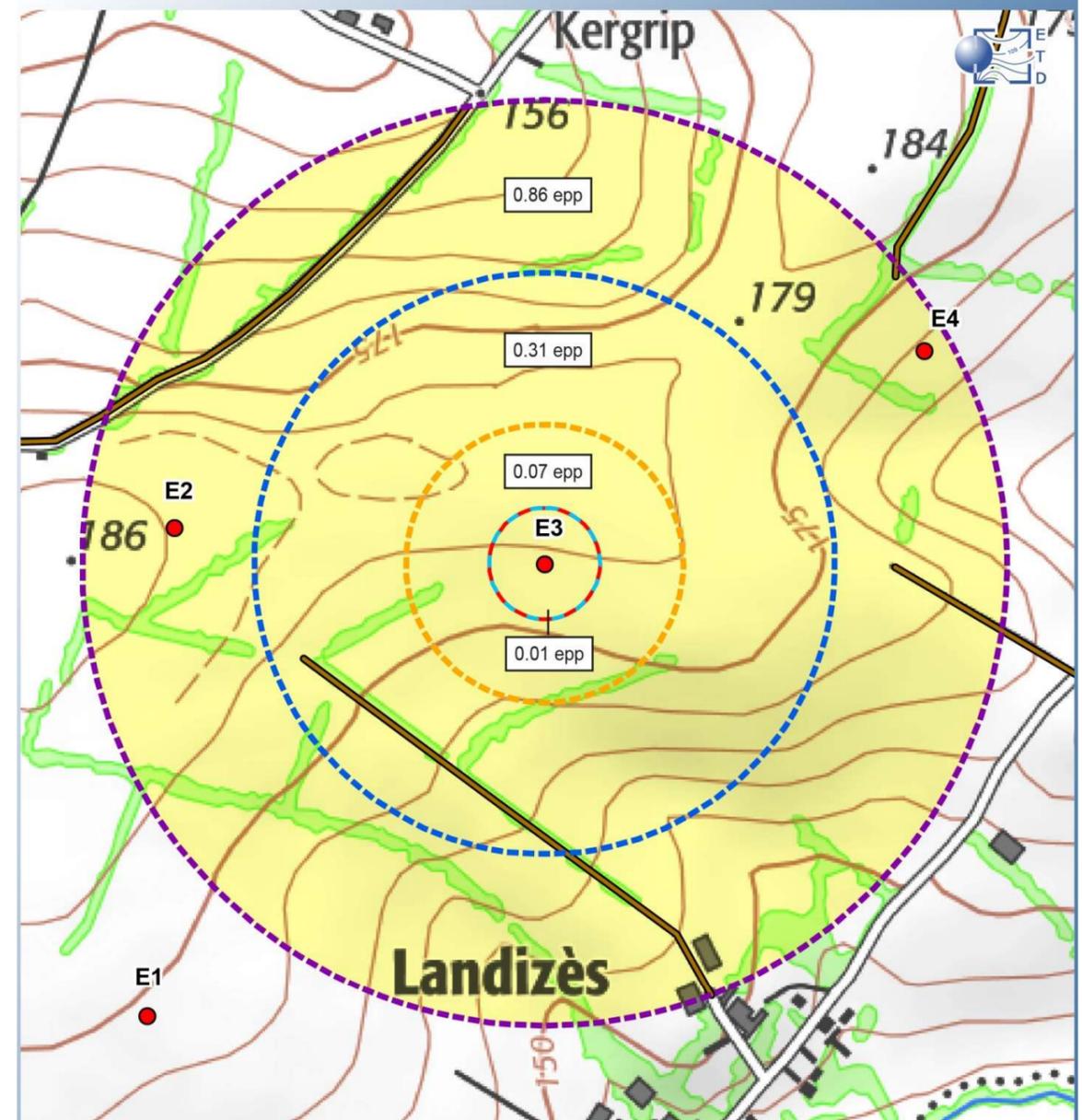
epp : équivalent personnes permanentes



Sources : ETD, ©Scan25 IGN, 2022.

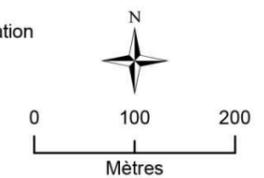
Carte 11 : Carte de synthèse des risques : éolienne E2

SYNTHÈSE DES RISQUES : ÉOLIENNE E3



Exposition FORTE	Exposition MODÉRÉE	
Effondrement (150m)	Projection d'élément (500m)	Eoliennes du projet
Chute d'éléments (60m)	Projection de glace (314m)	Terrains agricoles
Chute de glace (60m)		Voies à faible circulation

epp : équivalent personnes permanentes



Sources : ETD, ©Scan25 IGN, 2022.

Carte 12 : Carte de synthèse des risques : éolienne E3

SYNTHÈSE DES RISQUES : ÉOLIENNE E4



Carte 13 : Carte de synthèse des risques : éolienne E4

9. CONCLUSION

La présente étude de dangers des 5 éoliennes du projet éolien de Landizès a été réalisée dans le cadre réglementaire des projets d'Installations Classées pour la Protection de l'Environnement et selon la méthodologie décrite par le « Guide technique pour l'élaboration de l'étude de dangers dans le cadre des parcs éoliens »⁶.

Le modèle retenu pour ce projet est l'éolienne Vestas V117 (classe IEC I) qui présente un diamètre de rotor de 117 mètres et une hauteur totale maximale de 150 mètres.

L'étude a retenu les 5 événements suivants susceptibles de générer un risque pour les enjeux humains présents dans le périmètre de l'étude (soit 500 m autour de chaque éolienne) :

- Effondrement de l'éolienne (portée 150 m, probabilité : « rare », gravité : « sérieux ») ;
- Chute d'éléments de l'éolienne (portée 60 m, probabilité : « improbable », gravité : « Sérieux ») ;
- Chute de glace (portée 60 m, probabilité : « courant », gravité : « modéré ») ;
- Projection de glace (portée 314 m, probabilité : « probable », gravité : « modéré ») ;
- Projection d'éléments de pale (portée 500 m, probabilité : « improbable », gravité : « modéré »).

Les enjeux humains considérés sont ceux liés à la fréquentation des différents périmètres concernés : personnes non abritées (promeneurs et agriculteurs) présentes sur les terrains non aménagés (terrains agricoles), ainsi que les véhicules susceptibles d'emprunter les voies de circulation concernées (ici voies non structurantes uniquement).

Compte tenu de la probabilité des événements retenus et des enjeux humains répertoriés, les risques ont pu être classés de « très faible » à « faible » pour toutes les éoliennes. L'ensemble des risques étudiés se situe dans la zone d'acceptabilité de la grille de criticité applicable, c'est-à-dire qu'ils ne nécessitent pas de mesures supplémentaires de réduction des risques autres que celles déjà prises.

L'ensemble des mesures de prévention et de protection ont été détaillées dans l'étude de dangers. Les principales mesures préventives intégrées aux éoliennes sont :

- des dispositifs de protection contre la foudre ;
- le système de régulation et de freinage par rotation des pales ;
- la déduction de présence de glace ;
- les rétentions d'huile sous le multiplicateur et en tête de mât.

Les différents paramètres de fonctionnement et de sécurité sont gérés par un système de contrôle et de commande informatisé.

Par ailleurs, les éoliennes font l'objet d'une maintenance préventive régulière et corrective par un personnel compétent et spécialisé. La maintenance porte sur le fonctionnement mécanique et électrique ainsi que l'état des composants et des structures de la machine. Une inspection visuelle de la machine et des pales est réalisée lors des maintenances préventives afin de détecter des éventuelles fissures ou défauts. Le niveau de prévention et de protection au regard de l'environnement est considéré comme acceptable. En effet, les accidents répertoriés par l'accidentologie ont dès à présent fait l'objet de mesures intégrées dans la structure des éoliennes « nouvelle génération ». Enfin le respect des prescriptions du 26 août 2011 modifié par l'arrêté du 22 juin 2020 relatif aux installations éoliennes soumises à autorisation permet de s'assurer que l'ensemble des accidents majeurs identifiés lors de cette étude de dangers constitue un risque acceptable pour les personnes.

⁶ [19] - SER, FEE, INERIS – Mai 2012. Certaines données du guide ont été actualisées (notamment les données d'accidentologie et les calculs de probabilité qui en découlent).



PROJET DE PARC EOLIEN de Landizès Commune de Sainte Tréphine (22)

- Etude des dangers -

Rapport d'étude : Etude des dangers
Version : V1
Date : 17/04/2023
Commanditaire : VSB énergies nouvelles

ETD Brest

Pôle d'innovation de Mescoat
29800 LANDERNEAU
Tél : +33 (0)2 98 30 36 82
Fax : +33 (0)2 98 30 35 13

ETD Amiens

4 rue de la Poste
BP 30015
80160 CONTY
Tél : +33 (0)3 22 46 99 07

SOMMAIRE

1. PREAMBULE	5
2. INTRODUCTION	6
2.1. OBJECTIF DE L'ETUDE DE DANGERS.....	6
2.2. CONTEXTE LEGISLATIF ET REGLEMENTAIRE	6
2.3. NOMENCLATURE DES INSTALLATIONS CLASSEES	7
3. INFORMATIONS GENERALES CONCERNANT L'INSTALLATION	8
3.1. RENSEIGNEMENTS ADMINISTRATIFS	8
3.2. LOCALISATION DU SITE.....	8
3.3. DEFINITION DE L'AIRES D'ETUDE	8
3.3.1. <i>Limites de l'installation</i>	8
3.3.2. <i>Périmètre d'étude</i>	8
4. DESCRIPTION DE L'ENVIRONNEMENT	10
4.1. ENVIRONNEMENT HUMAIN.....	10
4.1.1. <i>Zones urbanisées et urbanisables</i>	10
4.1.1.1. Zones habitées.....	10
4.1.1.2. Urbanisme	11
4.1.1.3. Etablissements recevant du public (ERP).....	11
4.1.1.4. Installations classées pour la protection de l'environnement et installations nucléaires de base.....	11
4.1.2. <i>Autres activités</i>	11
4.1.2.1. Agriculture et exploitation forestière	11
4.1.2.2. Tourisme.....	12
4.1.2.3. Chemins de randonnée	14
4.1.2.4. Autres activités	14
4.1.2.5. Risques industriel et technologique	14
4.2. ENVIRONNEMENT NATUREL.....	14
4.2.1. <i>Contexte climatique</i>	14
4.2.1.1. Le vent	14
4.2.1.2. La pluviométrie.....	15
4.2.1.3. Températures	15
4.2.1.4. Enneigement	15
4.2.1.5. Givre	15
4.2.2. <i>Risques naturels</i>	16
4.2.2.1. Sismicité	16
4.2.2.2. Inondations par débordement des cours d'eau	17
4.2.2.3. Remontée de nappe phréatique.....	17
4.2.2.4. Cavités, mouvements de terrains	17
4.2.2.5. Aléa retrait-gonflement des argiles	17
4.2.2.6. Vents extrêmes.....	17
4.2.2.7. Vents instantanés extrêmes	17
a) Vents extrêmes sur 3 secondes.....	17
b) Vents moyens 10 minutes maximum	17
4.2.2.8. Orages	18
4.2.2.9. Feux de forêts.....	18
4.3. ENVIRONNEMENT MATERIEL.....	19
4.3.1. <i>Voies de communication</i>	19
4.3.1.1. Voies de circulation	19
4.3.1.2. Circulation aérienne	20
a) Contraintes aéronautiques civiles	20
b) Contraintes aéronautiques militaires	20
4.3.1.3. Radars.....	20
4.3.2. <i>Réseaux publics et privés</i>	20
4.3.2.1. Lignes électriques haute ou très haute tension.....	20
4.3.2.2. Canalisation de transport (gaz, hydrocarbures, produits chimiques).....	20
4.3.2.3. Captages d'eau potable	20
4.3.2.4. Liaisons hertziennes.....	20
4.3.2.5. Autres ouvrages publics.....	20
4.4. SYNTHÈSE DES ENJEUX.....	21
4.4.1. <i>Préambule</i>	21
4.4.2. <i>Cartographie de synthèse des enjeux</i>	21
5. DESCRIPTION DE L'INSTALLATION	24
5.1. CARACTERISTIQUES DE L'INSTALLATION.....	24
5.1.1. <i>Caractéristiques générales d'un parc éolien</i>	24
5.1.1.1. L'éolienne	24
5.1.1.2. Emprise au sol.....	25
5.1.1.3. Chemins d'accès	25
5.1.2. <i>Activité de l'installation</i>	25
5.1.3. <i>Composition de l'installation</i>	25
5.2. FONCTIONNEMENT DE L'INSTALLATION	27
5.2.1. <i>Principe de fonctionnement de l'éolienne</i>	27
5.2.2. <i>Sécurité de l'installation</i>	29
5.2.2.1. Systèmes de sécurité	29
5.2.2.2. Conformité et respects des normes	29
a) Conformité aux prescriptions de l'arrêté ministériel.....	29
b) Classification des éoliennes selon la norme IEC 61400-1	29
c) Autres règles de conception, système qualité, respect des normes	30
d) Balisage des éoliennes.....	30
5.2.2.3. Contrôle du système.....	30
a) Procédures d'exploitation	30
b) Conduite du système	30
c) Moyens de détection et/ou d'extinction incendie	30
5.2.2.4. Situations d'urgence.....	31
a) Gestion de la sécurité et gestion des situations d'urgence et de crises	31
b) Prévention incendie.....	31
c) Numéros d'urgence	31
d) Circuits d'évacuation en cas de sinistre	31
e) Premiers secours	31
f) Moyens externes	31
5.3. OPERATION D'ENTRETIEN ET DE MAINTENANCE	32
5.3.1. <i>Formation des personnels</i>	32
5.3.2. <i>Entretien préventif du matériel</i>	32
5.3.3. <i>Contrôles réglementaires périodiques</i>	34
5.3.4. <i>Maintenance curative</i>	34
5.3.5. <i>Stockage et flux de produits dangereux</i>	34
5.4. FONCTIONNEMENT DES RESEAUX DE L'INSTALLATION.....	35
5.4.1. <i>Raccordements électriques</i>	35
5.4.1.1. Le réseau HTA inter-éoliennes et la liaison de télécommande.....	35
5.4.1.2. La liaison postes de livraison - poste source.....	35
5.4.2. <i>Autres réseaux</i>	35
6. IDENTIFICATION DES POTENTIELS DE DANGERS DE L'INSTALLATION.....	36
6.1. LES POTENTIELS DE DANGERS LIES AUX PRODUITS	36
6.1.1. <i>Préambule</i>	36
6.1.2. <i>Inventaire des produits (source : Vestas)</i>	36

6.2.	LES POTENTIELS DE DANGERS LIES AU FONCTIONNEMENT DE L'INSTALLATION	36	9.2.1.3.	Gravité	55
6.3.	REDUCTION DES POTENTIELS DE DANGERS A LA SOURCE	37	9.2.1.4.	Probabilité	56
6.3.1.	<i>Réduction des potentiels de dangers lors de la conception du projet</i>	37	9.2.1.5.	Acceptabilité	57
6.3.2.	<i>Réduction des potentiels de dangers par le choix des caractéristiques de l'éolienne</i>	37	9.2.2.	<i>Chute de glace</i>	57
6.3.3.	<i>Substitution des équipements</i>	37	9.2.2.1.	Généralités	57
6.3.4.	<i>Réduction des dangers liés aux produits</i>	38	9.2.2.2.	Zone d'effet	57
6.3.5.	<i>Utilisation des meilleures techniques disponibles</i>	38	9.2.2.3.	Intensité	57
7.	ANALYSE DES RETOURS D'EXPERIENCE	39	9.2.2.4.	Gravité	58
7.1.	INVENTAIRE DES ACCIDENTS ET INCIDENTS EN FRANCE	39	9.2.2.5.	Probabilité	58
7.2.	INVENTAIRE DES ACCIDENTS ET INCIDENTS A L'INTERNATIONAL	39	9.2.2.6.	Acceptabilité	58
7.3.	INVENTAIRES DES ACCIDENTS MAJEURS SURVENUS SUR LES SITES DE L'EXPLOITANT	40	9.2.3.	<i>Chute d'éléments de l'éolienne</i>	59
7.4.	SYNTHESE DES PHENOMENES DANGEREUX REDOUTES ISSUS DU RETOUR D'EXPERIENCE	40	9.2.3.1.	Généralités	59
7.4.1.	<i>Analyse de l'évolution des accidents et incidents en France</i>	40	9.2.3.2.	Zone d'effet	59
7.4.2.	<i>Analyse des typologies d'accidents les plus fréquents</i>	41	9.2.3.3.	Intensité	59
7.4.2.1.	Cause des accidents	41	9.2.3.4.	Gravité	59
7.4.2.2.	Effondrement d'une machine, perte de pales	41	9.2.3.5.	Probabilité	59
7.4.2.3.	Incendie	41	9.2.3.6.	Acceptabilité	60
7.4.2.4.	Projection de glace	41	9.2.4.	<i>Projection de pales ou de fragments de pales</i>	60
7.4.2.5.	Accidents du travail	41	9.2.4.1.	Zone d'effet	60
7.4.2.6.	Synthèse et atteinte aux personnes	41	9.2.4.2.	Intensité	60
7.5.	LIMITES D'UTILISATION DE L'ACCIDENTOLOGIE	41	9.2.4.3.	Gravité	61
8.	ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES	42	9.2.4.4.	Probabilité	61
8.1.	OBJECTIF DE L'ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES	42	9.2.4.5.	Acceptabilité	62
8.2.	RECENSEMENT DES EVENEMENTS INITIATEURS EXCLUS DE L'ANALYSE DES RISQUES	42	9.2.5.	<i>Projection de glace</i>	62
8.3.	RECENSEMENT DES AGRESSIONS EXTERNES POTENTIELLES	42	9.2.5.1.	Zone d'effet	62
8.3.1.	<i>Agresions externes liées aux activités humaines</i>	42	9.2.5.2.	Intensité	62
8.3.2.	<i>Agresions externes liées aux phénomènes naturels</i>	43	9.2.5.3.	Gravité	63
8.3.2.1.	Généralités	43	9.2.5.4.	Probabilité	63
8.3.2.2.	Identification des agressions potentielles	43	9.2.5.5.	Acceptabilité	63
a)	Les tempêtes	43	9.3.	SYNTHESE DE L'ETUDE DETAILLEE DES RISQUES	64
b)	La formation de glace ou l'accumulation de neige	43	9.3.1.	<i>Tableaux de synthèse des scénarios étudiés</i>	64
c)	Les cavités	43	9.3.2.	<i>Synthèse de l'acceptabilité des risques</i>	64
8.4.	SCENARIOS ETUDIES DANS L'ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES	43	9.3.3.	<i>Cartographie des risques</i>	65
8.5.	EFFETS DOMINOS	45	10.	CONCLUSION	68
8.6.	MISE EN PLACE DES MESURES DE SECURITE	45	11.	BIBLIOGRAPHIE	69
8.7.	CONCLUSION DE L'ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES	51	ANNEXE 1 :	GLOSSAIRE	70
8.7.1.	<i>Identification des scénarios à retenir dans l'analyse détaillée des risques</i>	51	ANNEXE 2 :	PROBABILITE D'ATTEINTE ET RISQUE INDIVIDUEL	72
8.7.2.	<i>Conclusion</i>	51	ANNEXE 3 :	METHODE DE COMPTAGE DES PERSONNES	72
9.	ETUDE DETAILLEE DES RISQUES	52	ANNEXE 4 :	ACCIDENTOLOGIE FRANÇAISE	74
9.1.	RAPPEL DES DEFINITIONS	52	ANNEXE 5 :	SCENARIOS GENERIQUES DE L'ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES	96
9.1.1.	<i>Réglementation</i>	52			
9.1.2.	<i>Cinétique</i>	52			
9.1.3.	<i>Intensité</i>	52			
9.1.4.	<i>Gravité</i>	53			
9.1.5.	<i>Probabilité</i>	53			
9.1.6.	<i>Grille de criticité</i>	54			
9.2.	CARACTERISATION DES SCENARIOS RETENUS	55			
9.2.1.	<i>Effondrement de l'éolienne</i>	55			
9.2.1.1.	Zone d'effet	55			
9.2.1.2.	Intensité	55			

Cartes

CARTE 1 : LOCALISATION DU PROJET	9
CARTE 2 : IDENTIFICATION DES EOLIENNES ET PERIMETRE D'ETUDE.....	9
CARTE 3 : ZONES HABITEES ET ZONES DESTINEES A L'HABITATION	10
CARTE 4 : PATRIMOINE NATUREL (SOURCE : ETUDE PAYSAGERE, A3 PAYSAGE)	13
CARTE 5 : VOIES DE CIRCULATION PRISES EN COMPTE	19
CARTE 6 : SYNTHESE DES ENJEUX : EOLIENNE E1	21
CARTE 7 : SYNTHESE DES ENJEUX : EOLIENNE E2	22
CARTE 8 : SYNTHESE DES ENJEUX : EOLIENNE E3	22
CARTE 9 : SYNTHESE DES ENJEUX : EOLIENNE E4	23
CARTE 10 : PLAN DETAILLE DE L'INSTALLATION.....	26
CARTE 11 : CARTE DE SYNTHESE DES RISQUES : EOLIENNE E1.....	65
CARTE 12 : CARTE DE SYNTHESE DES RISQUES : EOLIENNE E2.....	66
CARTE 13 : CARTE DE SYNTHESE DES RISQUES : EOLIENNE E3.....	66
CARTE 14 : CARTE DE SYNTHESE DES RISQUES : EOLIENNE E4.....	67

Tableaux

TABLEAU 1 : MODELES POTENTIEL D'EOLIENNE	5
TABLEAU 2 : NOMENCLATURE DES INSTALLATIONS CLASSEES	7
TABLEAU 3 : DISTANCE ENTRE LES EOLIENNES ET LES HABITATIONS LES PLUS PROCHES.....	10
TABLEAU 4 : STATISTIQUES DE FOUDDROIEMENT (SOURCE : METEORAGE)	18
TABLEAU 5 : DISTANCES AUX VOIES DE CIRCULATION ET LINEAIRES DANS LE PERIMETRE DES 500 M	19
TABLEAU 6 : DISTANCES AUX RADARS	20
TABLEAU 7 : FREQUENTATION DU PERIMETRE D'ETUDE (500 M)	21
TABLEAU 8 : COORDONNEES DES EOLIENNES ET DE LA PLATEFORME DE LIVRAISON	25
TABLEAU 9 : PRINCIPALES CARACTERISTIQUES DES EOLIENNES DU PROJET (VESTAS V117 4,2 MW)	28
TABLEAU 10 : CLASSE DE VENT DES EOLIENNES	29
TABLEAU 11 : POTENTIELS DE DANGERS LIES AU FONCTIONNEMENT DE L'INSTALLATION	37
TABLEAU 12 : PRINCIPALES AGRESSIONS EXTERNES LIEES AUX ACTIVITES HUMAINES	42
TABLEAU 13 : TABLEAU SYNTHETIQUE DES RISQUES	45
TABLEAU 14 : FONCTIONS DE SECURITE DES EOLIENNES VESTAS V117	ERREUR ! SIGNET NON DEFINI.
TABLEAU 15 : SEUILS D'INTENSITE	52
TABLEAU 16 : GRAVITE DES CONSEQUENCES DES ACCIDENTS ASSOCIES AUX PHENOMENES DANGEREUX.....	53
TABLEAU 17 : ECHELLE DES PROBABILITES	53
TABLEAU 18 : GRILLE DE CRITICITE ADAPTEE PAR L'INERIS	54
TABLEAU 19 : INTENSITE DU SCENARIO D'EFFONDREMENT	55
TABLEAU 20 : NIVEAUX DE GRAVITE DE L'EVENEMENT « EFFONDREMENT »	55
TABLEAU 21 : REFERENCES QUANT A LA PROBABILITE D'EFFONDREMENT DE L'EOLIENNE	56
TABLEAU 22 : INTENSITE DU SCENARIO DE CHUTE DE GLACE	57
TABLEAU 23 : NIVEAUX DE GRAVITE DE L'EVENEMENT « CHUTE DE GLACE »	58
TABLEAU 24 : INTENSITE DU SCENARIO DE CHUTE D'ELEMENTS	59
TABLEAU 25 : NIVEAUX DE GRAVITE DE L'EVENEMENT « CHUTE D'ELEMENTS »	59
TABLEAU 26 : INTENSITE DES SCENARIOS DE PROJECTION DE PALE.....	60
TABLEAU 27 : NIVEAUX DE GRAVITE DE L'EVENEMENT « PROJECTION D'ELEMENTS »	61
TABLEAU 28 : REFERENCES POUR L'EVALUATION D'UNE PROJECTION DE PALE OU DE FRAGMENT.....	61
TABLEAU 29 : INTENSITE DU SCENARIO DE PROJECTION DE GLACE	62
TABLEAU 30 : NIVEAUX DE GRAVITE DE L'EVENEMENT « PROJECTION DE GLACE ».....	63
TABLEAU 31 : SYNTHESE DE L'ETUDE DETAILLEE DES RISQUES.....	64
TABLEAU 32 : GRILLE DE CRITICITE	64

Figures

FIGURE 1 : VUE CARACTERISTIQUE VERS LE SITE (ETD 2020)	12
FIGURE 2 : ROSE DES VENTS DE LA STATION METEO-FRANCE DE KERPERT : 1991-2010	14
FIGURE 3 : CARTE WICE ATLAS – RISQUE DE GIVRE SUR LE SITE DU PROJET	15
FIGURE 4 : ZONAGE SISMIQUE DE LA FRANCE METROPOLITAINE ET DE LA ZONE D'ETUDE	16
FIGURE 5 : FONCTIONNEMENT D'UN PARC EOLIEN	24
FIGURE 6 : DENOMINATION DES DIFFERENTS ELEMENTS D'UNE EOLIENNE.....	24
FIGURE 7 : ILLUSTRATION DES EMPRISES AU SOL D'UNE EOLIENNE.....	25
FIGURE 8 : SCHEMA DE PRINCIPE DU RACCORDEMENT ELECTRIQUE D'UN PARC EOLIEN.....	35
FIGURE 9 : REPARTITION DES ACCIDENTS DU PARC EOLIEN FRANÇAIS (BASE ARIA - 2002-2022)	39
FIGURE 10 : REPARTITION DES EVENEMENTS ACCIDENTELS MAJEURS DANS LE MONDE (CWIF 2019).....	39
FIGURE 11 : REPARTITION DES CAUSES PREMIERES D'EFFONDREMENT, SER-FEE 2012	40
FIGURE 12 : REPARTITION DES CAUSES PREMIERES DE RUPTURE DE PALE, SER-FEE 2012	40
FIGURE 13 : REPARTITION DES CAUSES PREMIERES D'INCENDIE, SER-FEE 2012	40
FIGURE 14 : EVOLUTION DU NOMBRE D'ACCIDENTS EN FRANCE (ETD - 2022).....	40

1. PREAMBULE

Ce document constitue l'étude de dangers du projet du parc éolien de Landizès. Ce projet est situé sur la commune de Sainte-Tréphine dans le département des Côtes d'Armor. Il est constitué de 4 éoliennes et d'une plateforme de livraison avec 1 poste, pour une puissance totale maximale de 16,8 MW.

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

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

Le décret n°2011-984 du 23 août 2011, modifiant l'article R. 511-9 du Code de l'environnement, crée la rubrique 2980 pour les installations de production d'électricité à partir de l'énergie mécanique du vent et regroupant un ou plusieurs aérogénérateurs. Il prévoit deux régimes d'installations classées pour les parcs éoliens terrestres :

- Le régime d'autorisation pour les installations comprenant au moins une éolienne dont le mât a une hauteur supérieure ou égale à 50 m et pour les installations comprenant uniquement des éoliennes dont le mât a une hauteur comprise entre 12 et 50 m et dont la puissance totale est supérieure ou égale à 20 MW.
- Le régime de déclaration pour les installations comprenant uniquement des éoliennes dont le mât a une hauteur comprise entre 12 et 50 m et dont la puissance totale est inférieure à 20 MW.

Par ailleurs, l'ordonnance 2017-80 et le décret 2017-82 du 26 janvier 2017 relatifs à l'autorisation environnementale ont pérennisé l'autorisation unique en matière d'installations classées pour la protection de l'environnement.

Les éoliennes retenues pour ce parc éolien sont des éoliennes présentant une hauteur totale maximale de **150 mètres**.

Le projet du parc éolien de Landizès comportant des éoliennes de plus de 50 m de mât relève du régime d'autorisation environnementale, et une étude de dangers est nécessaire.

Le gabarit retenu pour les éoliennes du projet est décrit ci-dessous :

- Hauteur maximale (en bout de pale) : 150 m ;
- Diamètre : 117 m ;
- Longueur des pales : 58,5 m ;
- Hauteur du mat : 92 m ;
- Puissance unitaire : 4,2 MW.

Ce gabarit peut correspondre à l'un des modèles ci-dessous :

Modèle	Hauteur nacelle	Diamètre	Hauteur totale	Puissance
N117	91 m	117 m	150 m	3,6 MW
V117	92 m	117 m	150 m	4,2 MW
E115	92 m	115 m	150 m	2,99 MW ou 4,2 MW

Tableau 1 : Modèles potentiel d'éolienne

Le modèle retenu pour l'étude est l'éolienne Vestas V117 qui présente à la fois, la plus grande hauteur de nacelle, le plus grand diamètre et la plus grande puissance. Les périmètres d'effet calculés sont ainsi supérieurs ou identiques à ceux des autres machines envisagées. La machine retenue dans la version finale du projet, si elle est différente, correspondra donc à une éolienne présentant des dimensions inférieures ou égales, construite selon les mêmes normes et présentant les mêmes dispositifs de sécurité et les mêmes certifications.

La présente étude de dangers s'appuie sur le guide technique [19] « Elaboration de l'étude de dangers dans le cadre des parcs éoliens » de mai 2012, réalisé par l'INERIS et le Syndicat des Energies Renouvelables / France Energie Eolienne (SER-FEE) et validé par la Direction Générale de Prévention des Risques dans un courrier daté du 4 juin 2012 adressé au Syndicat des Energies Renouvelables. Certaines données du guide ont été actualisées par le bureau d'études en charge de la présente étude (notamment les données d'accidentologie et les calculs de probabilité qui en découlent)¹. L'étude comporte également des données spécifiques fournies par les constructeurs des éoliennes.

Les principaux termes utilisés dans la présente étude sont explicités dans le **glossaire** en annexe 1. Les références entre crochets [n] renvoient à la **bibliographie** (cf. paragraphe 11 à la page 69).

¹ Il est indiqué dans le guide que « ...le document est évolutif et pourra être révisé périodiquement. La révision du guide se fera à l'initiative des professionnels de la filière éolienne, représentés par le Syndicat des énergies renouvelables, et devra faire l'objet d'une validation du ministère chargé des installations classées. » A ce jour aucune révision ou mise à jour du guide n'est disponible.

2. INTRODUCTION

2.1. Objectif de l'étude de dangers

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

Le risque pour le personnel de maintenance relève de la prévention des risques et des procédures de sécurité au travail, formalisées par le document unique de l'exploitant. L'introduction de visiteurs dans une éolienne relève de la responsabilité de l'exploitant et ne peut se faire que dans le cadre de son plan de prévention. Ces 2 risques sont exclus de l'analyse des risques de l'étude de dangers telle qu'elle est définie par le guide technique [19] « Elaboration de l'étude de dangers dans le cadre des parcs éoliens ».

2.2. Contexte législatif et réglementaire

Depuis la Loi Grenelle II n° 2010-788 du 12 juillet 2010, les éoliennes sont soumises à la réglementation ICPE, et une étude de dangers est nécessaire.

L'étude de dangers exigée pour toute demande d'autorisation environnementale d'une installation relevant du régime ICPE repose sur le fondement de l'article 181-25 du code de l'environnement et vise à protéger les intérêts visés à l'article L511-1 en cas d'accident, que la cause soit interne ou externe à l'installation.

Les principaux textes applicables sont les suivants :

- **Code de l'environnement Livre V** « Prévention des Pollutions des Risques et des Nuisances », Titre I « Installations Classées pour la Protection de l'Environnement » ;
- **Loi n°2003-699 du 30 juillet 2003** relative à la prévention des risques technologiques et naturels et à la réparation des dommages ;
- **Décret n°2005-1170 du 13 septembre 2005** modifiant le décret n°77-1133 du 21 septembre 1977 pris pour application de la loi n°76-663 du 19 juillet 1976 relative aux installations classées pour la protection de l'environnement ;
- **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 ;
- **Décret n° 2011-984 du 23 août 2011** modifiant la nomenclature des installations classées.
- **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 les arrêtés du 6 novembre 2014, du 11 mai 2015 et du 22 juin 2020.**
- Ordonnance 2017-80 du 26 janvier 2017 et **Décret 2017-82 du 26 janvier 2017 relatifs à l'autorisation environnementale** ;

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

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

Selon le principe de proportionnalité, le contenu de l'étude de dangers doit être en relation avec l'importance des risques engendrés par l'installation, compte tenu de son environnement et de sa vulnérabilité :

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

De même, la circulaire du 10 mai 2010 récapitulant les règles méthodologiques applicables aux études de dangers, à l'appréciation de la démarche de réduction du risque à la source et aux plans de prévention des risques technologiques (PPRT) dans les installations classées en application de la loi du 30 juillet 2003, précise le contenu attendu de l'étude de dangers et apporte des éléments d'appréciation des dangers pour les installations classées soumises à autorisation. Enfin, l'étude de dangers s'intéresse aux risques générés par les aérogénérateurs lorsqu'ils sont 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, 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, D, E, S, C (1)	Rayon (2)
2980	Installation terrestre de production d'électricité à partir de l'énergie mécanique du vent et regroupant un ou plusieurs aérogénérateurs		
	1. Comprenant au moins un aérogénérateur dont le mât a une hauteur supérieure ou égale à 50 m	A	6
	2. Comprenant uniquement des aérogénérateurs dont le mât a une hauteur inférieure à 50 m et au moins un aérogénérateur dont le mât a une hauteur maximale supérieure ou égale à 12 m et pour une puissance totale installée : a) supérieure ou égale à 20 MW b) inférieure à 20 MW	A D	6

Tableau 2 : Nomenclature des installations classées

Avec

(1) A : Autorisation, D : déclaration, E : Enregistrement, S : Servitude d'Utilité Publique, C : soumise au contrôle périodique.

(2) Rayon d'affichage de l'enquête publique en km

Le projet du parc éolien de Landizès se situe dans le premier cas, car il comporte des aérogénérateurs dont le mât est supérieur à 50 m de hauteur. Il est donc soumis à autorisation (A) au titre des installations classées pour la protection de l'environnement et doit présenter une étude de dangers intégrée à sa demande d'autorisation environnementale. Le rayon d'affichage de l'avis d'enquête publique sera de 6 km. La liste des communes concernées par le rayon d'affichage figure dans le dossier de demande d'autorisation.

3. INFORMATIONS GENERALES CONCERNANT L'INSTALLATION

3.1. Renseignements administratifs

Le projet du parc éolien de Landizès est porté par la société « les éoliennes de Landizès ». La société « les éoliennes de Landizès » est une société filiale à 100 % de la société **VSB Energies Nouvelles**.

La présentation des sociétés « les éoliennes de Landizès » et **VSB Energies Nouvelles** figure dans le dossier de demande d'autorisation environnementale (pièce 1).

L'étude de dangers a été rédigée par le bureau d'études **Energies et Territoires Développement (ETD)**, sous la direction du maître d'ouvrage représenté par Mme. Clotilde TROUPLIN – VSB Energies Nouvelles.

ETD - Siège - Pôle d'innovation de Mescoat, 29800 LANDERNEAU
 www.etd-energies.fr
 Rédacteurs : M. Christophe ALLAIN, ingénieur. M. Brendan PARIS, technicien cartographe et PAO.
 Tél. : 02 98 30 36 82 - Fax : 02 98 30 35 13

Energies et Territoires Développement est un bureau d'études travaillant essentiellement dans le domaine du grand éolien. Créé fin 2002, ETD compte un effectif de 8 ingénieurs et chargés d'études, et dispose de 2 implantations en France (Brest et Amiens). ETD intervient en conseil et réalise de nombreuses études, à la fois pour les porteurs de projets éoliens souhaitant être accompagnés dans leurs développements, mais aussi pour les collectivités engagées dans des analyses prospectives du développement de l'éolien sur leur territoire (schémas de développement et plans climat énergie territoire).

3.2. Localisation du site

Le projet est situé en région Bretagne, dans le département des Côtes d'Armor, sur la commune de Sainte-Tréphine. Les éoliennes du projet sont implantées sur des terrains agricoles à une altitude comprise entre 150 et 180 mètres.

Voir Carte 1 : Localisation du projet en page 9.

3.3. Définition de l'aire d'étude

3.3.1. Limites de l'installation

Les limites de l'installation étudiée correspondent à l'emprise des mâts des éoliennes et autres aménagements nécessaires à l'exploitation du parc (plateforme, chemins etc.) et à celle des postes de livraison.

3.3.2. Périmètre d'étude

Les éoliennes du projet du parc éolien de Landizès présentent une hauteur totale maximale de 150 m. 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 d'élément, telle que définie au paragraphe 8.2.4. de l'étude de dangers².

La plateforme du poste de livraison est située en bordure de chemin entre les éoliennes E3 et E4. A noter que le poste de livraison ne présente pas d'enjeu en dehors de leurs limites de l'installation.

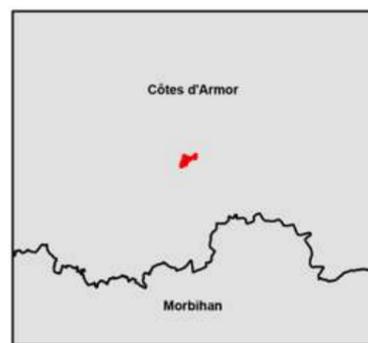
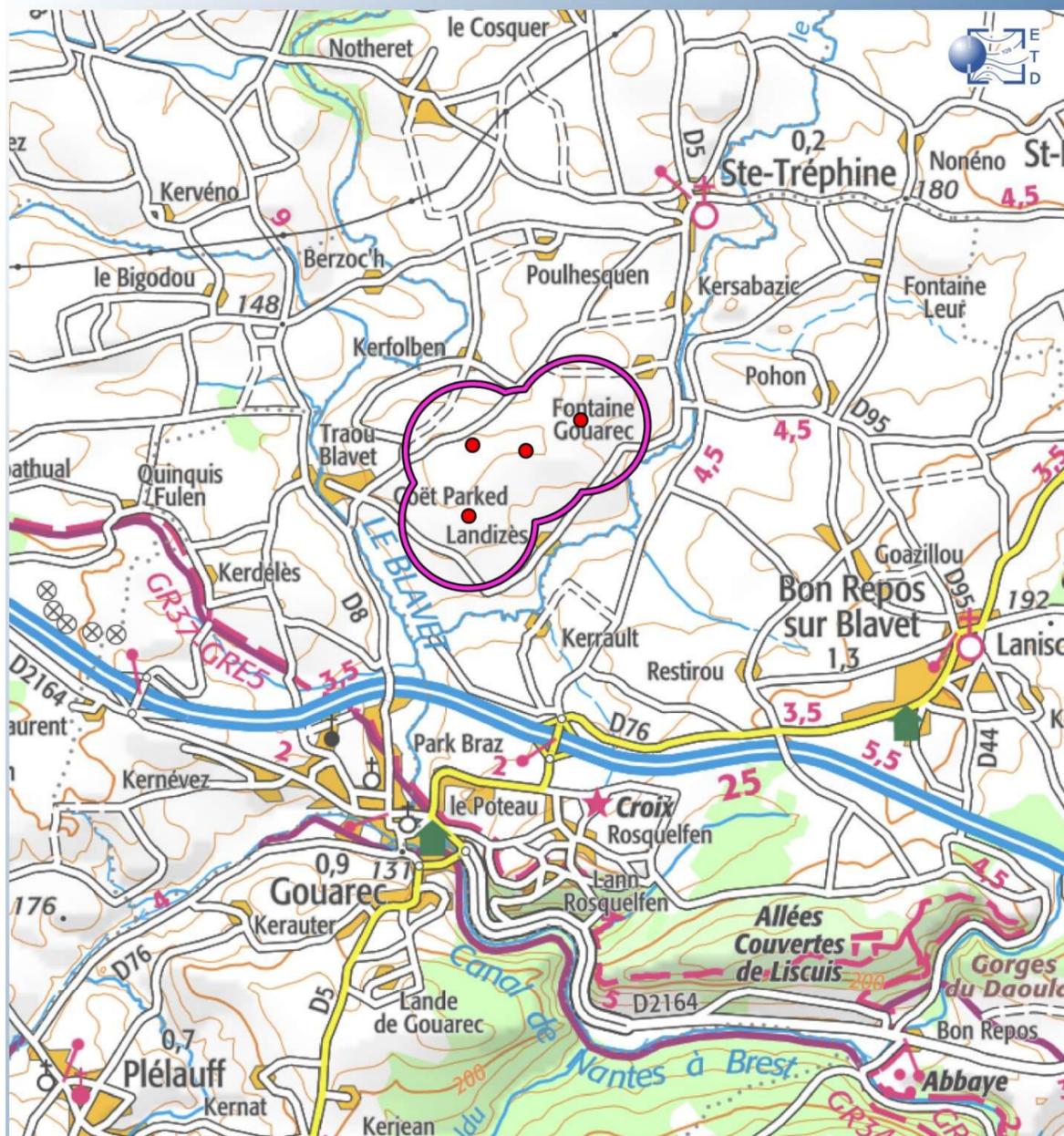
Le périmètre global d'étude des 500 mètres est représenté sur la *Carte 2 : Identification des éoliennes et périmètre d'étude* à la page 9. Ce périmètre concerne la commune de Sainte-Tréphine, et une très faible enclave sur Bon-Repos-sur-Blavet. Cette enclave étant particulièrement réduite (3573 m² pour une superficie communale de 53,91 ha soit 0,66 % de sa superficie), la commune de Bon-Repos-sur-Blavet ne sera pas retenue comme faisant partie du périmètre d'étude.

Le périmètre de l'étude de dangers figure sur la *Carte 2 : Identification des éoliennes et périmètre d'étude*.

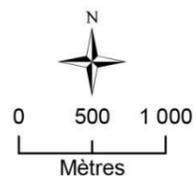
Les 4 éoliennes du projet sont numérotées E1 à E4.

² Périmètre d'effet de 500 mètres proposé dans le guide technique « Elaboration de l'étude de dangers dans le cadre des parcs éoliens » de mai 2012 [19], réalisé par l'INERIS et le Syndicat des Energies Renouvelables / France Energie Eolienne (SER-FEE) et validé par la Direction Générale de Prévention des Risques.

LOCALISATION DU PROJET



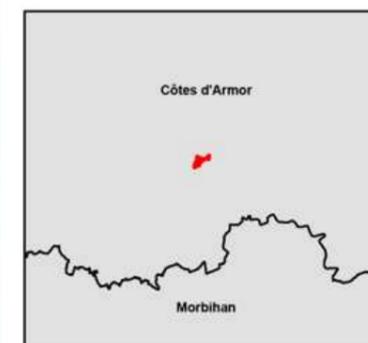
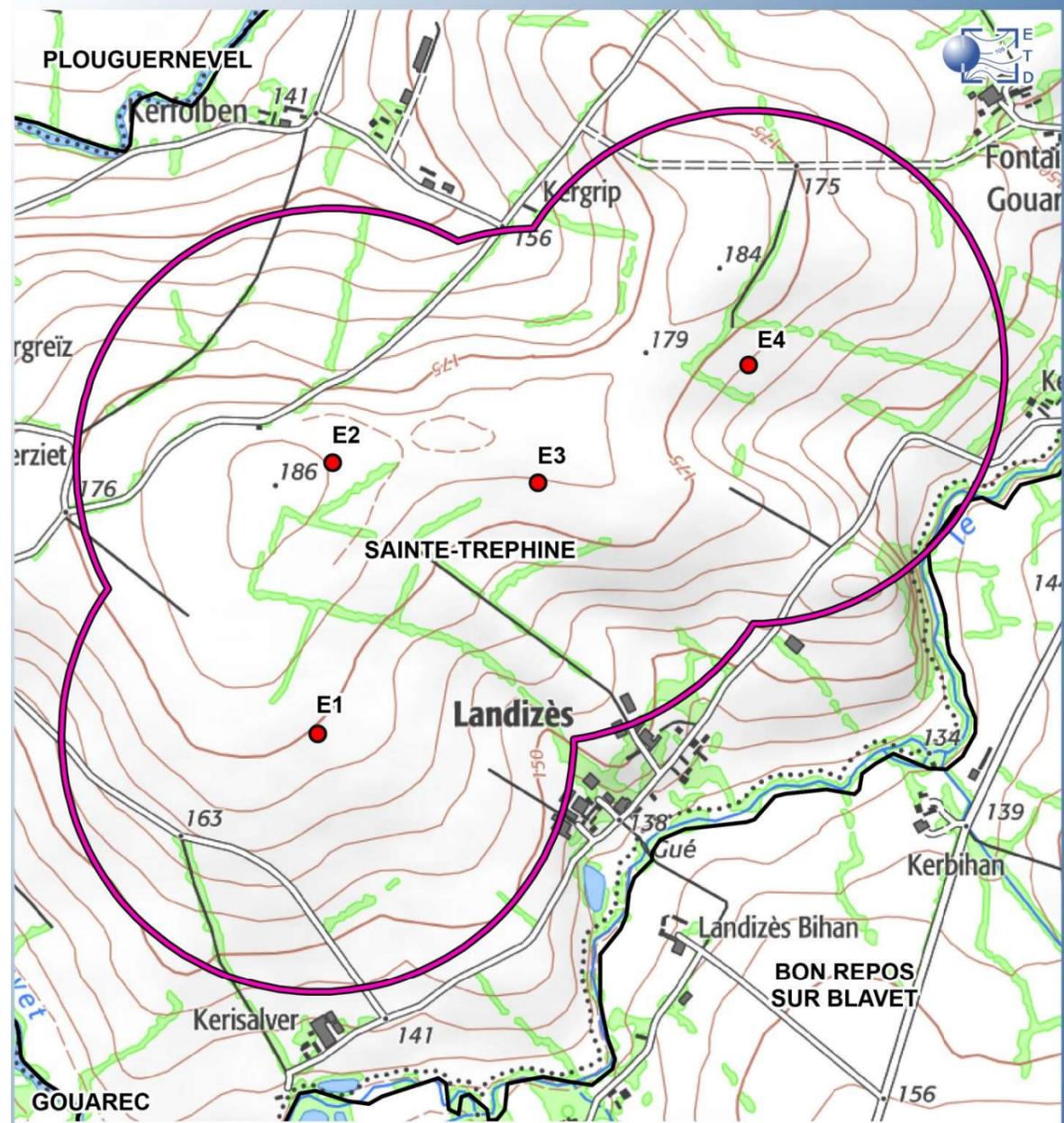
- Eoliennes du projet
- Périmètre d'étude (500m)



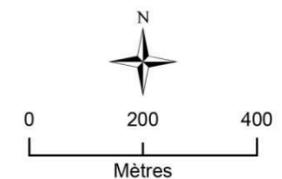
Sources : ETD, ©Scan100 IGN, 2022.

Carte 1 : Localisation du projet

IDENTIFICATION DES ÉOLIENNES ET PÉRIMÈTRE D'ÉTUDE



- Eolienne
- Périmètre d'étude (500m)
- Limite communale



Sources : ETD, ©Scan100 IGN, 2022.

Carte 2 : Identification des éoliennes et périmètre d'étude

4. DESCRIPTION DE L'ENVIRONNEMENT

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

4.1. Environnement humain

4.1.1. Zones urbanisées et urbanisables

4.1.1.1. Zones habitées

Dans le périmètre d'étude de 500 m on ne trouve aucune habitation.

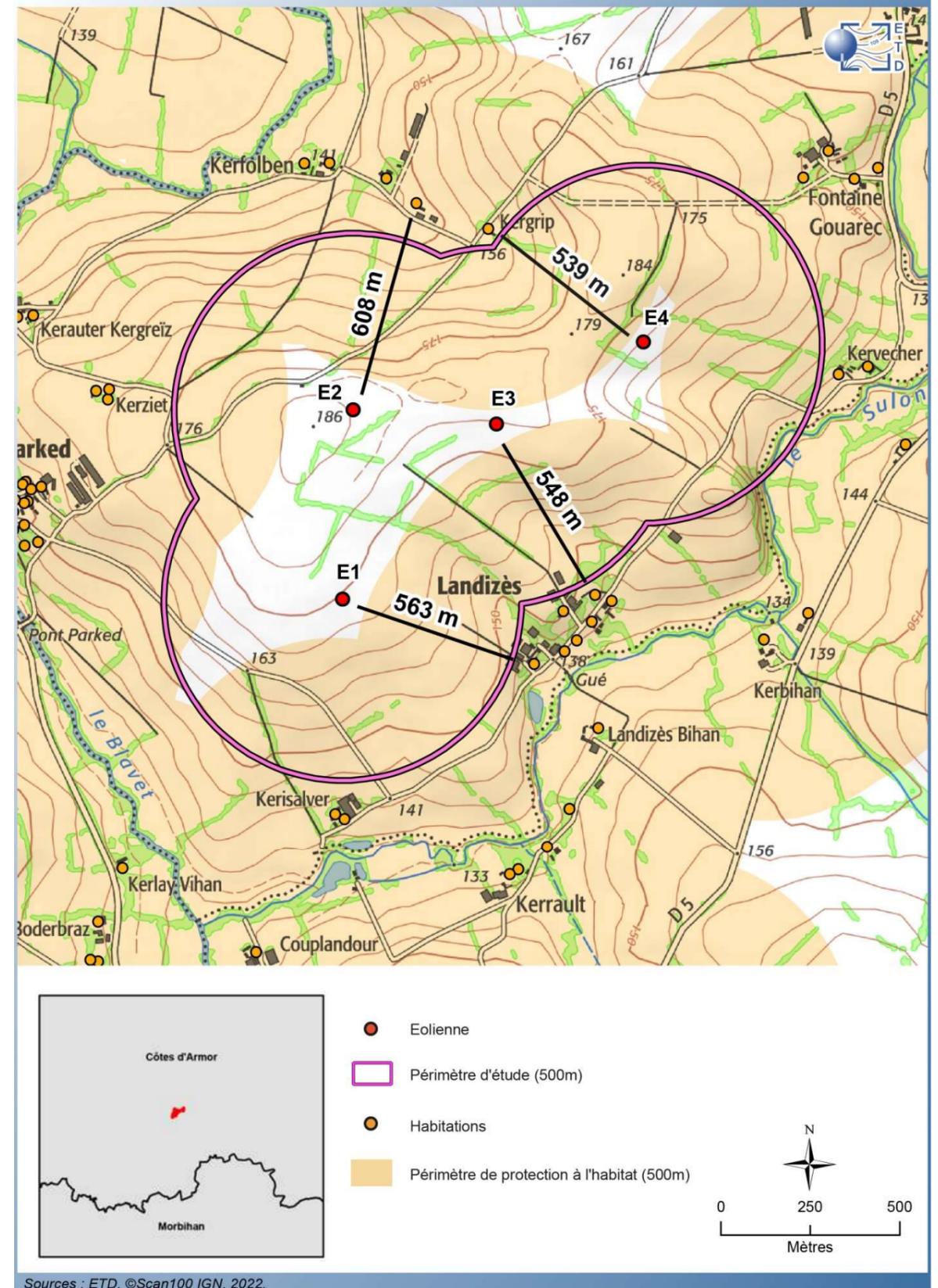
La loi du 12 juillet 2010 stipule que les aérogénérateurs sont situés à une distance minimale de « 500 mètres de toute construction à usage d'habitation, de tout immeuble habité ou de toute zone destinée à l'habitation telle que définie dans les documents d'urbanisme opposables en vigueur au 13 juillet 2010. »

Le périmètre de l'étude est situé en milieu agricole. Les distances entre les habitations les plus proches et les éoliennes sont présentées dans le tableau ci-dessous :

Habitation	éolienne	distance
Lieu-dit Landizès	E1	563 m
Lieu-dit Kergrip	E2	608 m
Lieu-dit Landizès	E3	548 m
Lieu-dit Kervecher	E4	539 m

Tableau 3 : Distance entre les éoliennes et les habitations les plus proches

ZONES HABITÉES ET ZONES DESTINÉES À L'HABITATION



Sources : ETD, ©Scan100 IGN, 2022.

Carte 3 : Zones habitées et zones destinées à l'habitation

4.1.1.2. Urbanisme

La commune de Sainte-Tréphine n'est dotée d'aucun document d'urbanisme. C'est donc le Règlement National d'Urbanisme qui s'y applique. La zone concernée par le projet éolien étant située en dehors des parties actuellement urbanisées c'est l'article L.111-1-2 du code de l'urbanisme, qui régit l'implantation de nouveaux équipements.

Cet article précise : « *En l'absence de plan local d'urbanisme ou de carte communale opposable aux tiers, ou de tout document d'urbanisme en tenant lieu, seuls sont autorisés, en dehors des parties actuellement urbanisées de la commune :*

1° *L'adaptation, le changement de destination, la réfection, l'extension des constructions existantes ou la construction de bâtiments nouveaux à usage d'habitation à l'intérieur du périmètre regroupant les bâtiments d'une ancienne exploitation agricole, dans le respect des traditions architecturales locales ;*

2° **Les constructions et installations nécessaires à l'exploitation agricole, à des équipements collectifs dès lors qu'elles ne sont pas incompatibles avec l'exercice d'une activité agricole, pastorale ou forestière sur le terrain sur lequel elles sont implantées, à la réalisation d'aires d'accueil ou de terrains de passage des gens du voyage, à la mise en valeur des ressources naturelles et à la réalisation d'opérations d'intérêt national ;**

3° **Les constructions et installations incompatibles avec le voisinage des zones habitées et l'extension mesurée des constructions et installations existantes ;**

4° *Les constructions ou installations, sur délibération motivée du conseil municipal, si celui-ci considère que l'intérêt de la commune, en particulier pour éviter une diminution de la population communale, le justifie, dès lors qu'elles ne portent pas atteinte à la sauvegarde des espaces naturels et des paysages, à la salubrité et à la sécurité publiques, qu'elles n'entraînent pas un surcroît important de dépenses publiques et que le projet n'est pas contraire aux objectifs visés à l'article L. 110 et aux dispositions des chapitres V et VI du titre IV du livre 1er ou aux directives territoriales d'aménagement précisant leurs modalités d'application. »*

Les éoliennes correspondent à plusieurs de ces catégories :

- produisant de l'électricité destinée à la vente, elles appartiennent aux constructions et installations nécessaires à (...) « des équipements collectifs dès lors qu'elles ne sont pas incompatibles avec l'exercice d'une activité agricole, pastorale ou forestière sur le terrain sur lequel elles sont implantées » ;
- utilisant l'énergie mécanique du vent, il s'agit d'équipements nécessaires à (...) « la mise en valeur des ressources naturelles » ;
- enfin, elles doivent respecter un éloignement minimum de 500 mètres aux habitations. Ce sont donc des « constructions et installations incompatibles avec le voisinage des zones habitées ».

4.1.1.3. Etablissements recevant du public (ERP)

Il n'existe aucun ERP dans le périmètre d'étude.

De même, aucun bureau n'est situé à moins de 500 m des installations (article 5 de l'arrêté du 26 août 2011 modifié par l'arrêté du 22 juin 2020 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 : contraintes si existence de bureaux à moins de 250 m).

4.1.1.4. Installations classées pour la protection de l'environnement et installations nucléaires de base

La réglementation³ impose le respect d'une distance minimum de 300 mètres entre les éoliennes et les installations SEVESO seuil bas ou seuil haut⁴ ou les installations nucléaires de base.

L'installation nucléaire de base la plus proche est la centrale de Brennilis, située dans le département du Finistère à environ 54 km à l'ouest. Cette centrale a été mise à l'arrêt définitif en 1985 et, est en cours de démantèlement. La centrale en service, la plus proche, est celle de Flamanville à 170 km au nord-est (département de la Manche).

L'installation SEVESO la plus proche (la société Distrivert) se situe sur la commune de Glomel à 15 km à l'ouest du site.

Par ailleurs, la commune de Sainte-Tréphine n'est pas concernée par un Plan de Prévention des Risques Technologiques (PPRT).

Aucune installation classée à risque technologique, ou SEVESO ou installation nucléaire de base n'est répertoriée dans le périmètre de l'étude.

4.1.2. Autres activités

4.1.2.1. Agriculture et exploitation forestière

Le périmètre de l'étude de dangers est localisé en zone agricole.

En termes de fréquentation humaine, l'enjeu représenté par les surfaces agricoles du périmètre de l'étude de dangers a été évalué selon la classification proposée par la fiche n°1 de la circulaire du 10 mai 2010 relative aux règles méthodologiques de comptage applicables aux études de dangers (voir en annexe 3), au titre des « Terrains non aménagés et très peu fréquentés (champs, prairies, forêts ...) », soit 1 personne permanente par tranche de 100 ha en moyenne annuelle.

Les chemins d'exploitation agricoles (chemins carrossables) ont été pris en compte au titre des voies de circulation non structurantes (voir paragraphe 4.3.1.1 à la page 19).

³ Arrêté du 26 août 2011 modifié par l'arrêté du 22 juin 2020, relatif aux parcs éoliens soumis à autorisation au titre des Installations Classées Pour la Protection de l'Environnement ou ICPE

⁴ La directive 2012/18/UE ou directive SEVESO 3 impose aux États membres de l'Union d'identifier les sites industriels présentant des risques d'accidents majeurs.



Figure 1 : Vue caractéristique vers le site (ETD 2020)

4.1.2.2. Tourisme

L'élément touristique majeur du secteur est le lac de Guerlédan qui est un site inscrit. Ce lac et ses rivages constituent à la fois une zone naturelle et une zone touristique.

La zone naturelle est constituée de différentes ZNIEFF, avec pour les plus proches du projet :

- Landes de Coat Lisquis et Gorges du Daoulas ;
- Forêt de Quénécan ;
- Etang du Fourneau et vallon du saut du chevreuil ;

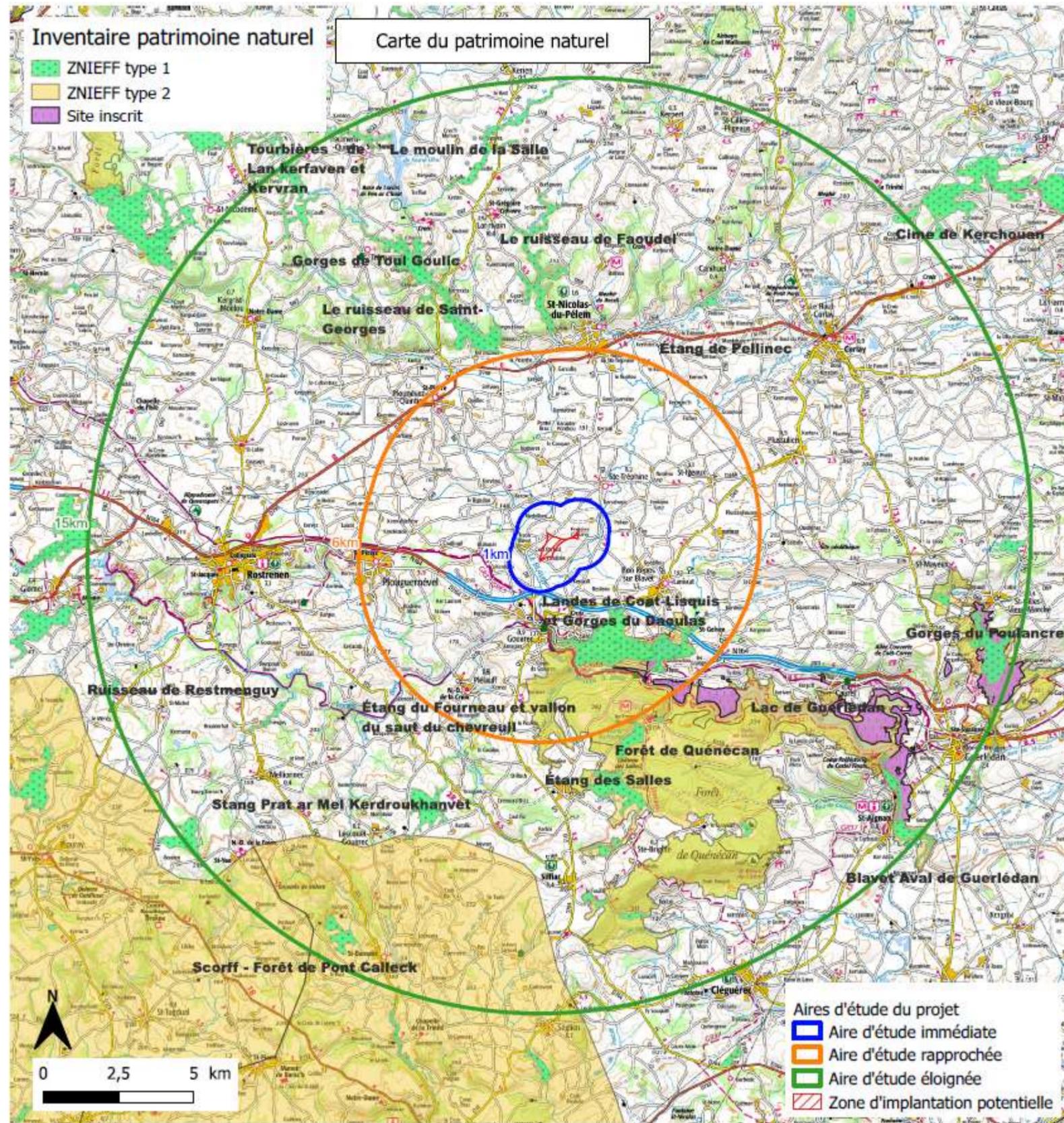
Ces éléments sont présentés sur la Carte 4 à la page 13.

En termes d'activités touristiques, le lac de Guerlédan accueille différentes activités nautiques, des zones de randonnées, de VTT. A cela s'ajoute notamment au lieu-dit Bel-Air des infrastructures touristiques : campings restaurants, hôtels.

L'élément touristique le plus proche est le GR 37 qui se trouve, au plus proche à 1800 m au sud-ouest de l'éolienne E1. Ce sentier de Grande Randonnée relie le Mont Saint Michel à Camaret sur Mer en passant par le centre Bretagne.

A noter également la présence d'un train touristique partant de Gouarec et allant jusqu'à l'abbaye de Bon -Repos.

Il n'existe aucun site touristique ni aucune zone de loisirs dans la limite de la zone d'étude de 500 m.



Carte 4 : Patrimoine naturel (source : étude paysagère, A3 Paysage)

4.1.2.3. Chemins de randonnée

Aucun chemin de randonnée référencé n'est présent au sein du périmètre d'étude.

4.1.2.4. Autres activités

La commune de Sainte-Tréphine compte quelques entreprises de services et commerces, toutes situées en dehors de la zone d'étude.

Aucune zone d'activité n'est recensée à l'intérieur du périmètre de l'étude de dangers.

4.1.2.5. Risques industriels et technologiques

Le Risque « Transport de Marchandises dangereuses » ou TMD est associé à la présence d'axes routiers, ferroviaires ou fluviaux importants ou bien à la présence de canalisations (gazoducs et pipelines le plus souvent).

D'après le DDRM des Côtes d'Armor, la commune de Sainte-Tréphine n'est pas concernée par le risque de transport de matières dangereuses quel que soit le mode de transport (canalisation, route, voie ferrée, ...).

A noter que dans le cadre de l'étude de dangers des parcs éoliens, 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) sont recensées, 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 (voir paragraphe 7.3.1).

4.2. Environnement naturel

4.2.1. Contexte climatique

Les principales données météorologiques présentées ici sont issues, suivant la donnée recherchée, de différentes stations de Météo-France :

- Vent : Station de Kerpert située à 17 km au nord et à une altitude : 281 m ;
- Brouillard : Station de Saint Briec située à 40 km au nord-est et à une altitude de 135 m ;
- Autres données : Station de Rostrenen située à 9,7 km à l'ouest et à une altitude de 236 m.

4.2.1.1. Le vent

Selon le SRE (Schéma Régional Eolien) de Bretagne, la commune de Sainte-Tréphine est située dans une zone favorable au développement de l'éolien.

Les vents dominants sont principalement de secteur sud-ouest, ainsi que le montre la rose des vents de la station Météo-France de Kerpert présentée ci-dessous.

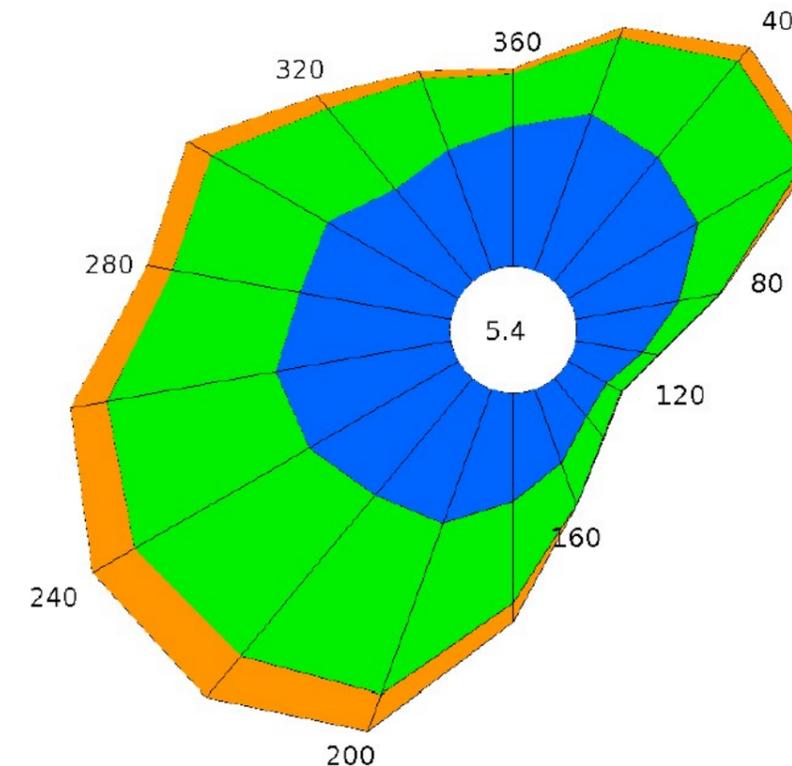


Figure 2 : Rose des vents de la station Météo-France de Kerpert : 1991-2010

Le potentiel éolien peut être considéré comme bon. Pour confirmer ce potentiel, un mat de mesure a été mis en place en septembre 2019 pour une durée d'un an.

Note : les vents extrêmes rencontrés sont abordés au paragraphe 4.2.2.6 à la page 17.

4.2.1.2. La pluviométrie

Les précipitations sont relativement abondantes (1145,7 mm de cumul sur l'année). La majeure partie des précipitations intervient d'octobre à mars. Les mois de janvier et décembre sont les plus pluvieux, celui de juin le plus sec.

Le site n'est pas soumis au risque d'inondation, l'importance des précipitations n'aura pas d'incidence sur son fonctionnement.

4.2.1.3. Températures

La température moyenne annuelle est de 10,7°C à Rostrenen, pour la période 1981-2010. La température moyenne des mois les plus chauds (juillet et août) est de 17,0°C, celle du mois le plus froid (Janvier) de 5,2°C, soit une amplitude de 11,8°C.

Le climat, de type océanique, ne présente pas de température extrême, ainsi les moyennes mensuelles minimales et maximales sont comprises entre 2,7°C et 21,5 °C avec des records de températures ponctuelles de -13,9°C le 20 janvier 1963 et 37,9 °C le 9 août 2003.

4.2.1.4. Enneigement

Le climat de type océanique n'est pas propice à de forts enneigements. Ainsi, la station météo-France de Saint-Brieuc ne recense que 6,5 jours dans l'année en moyenne où des précipitations neigeuses sont susceptibles d'apparaître.

4.2.1.5. Givre

La conjonction du froid et de l'humidité peut entraîner l'accumulation de givre sur les pales des éoliennes. L'entreprise finlandaise *VTT*, active dans le domaine de l'éolien en climat froid, a mis en ligne un atlas mondial du risque de givre⁵. Cette carte appelée *WiceAtlas* est basée sur les observations de 4500 stations météorologiques à travers le monde (données de 1979 à 2015) :

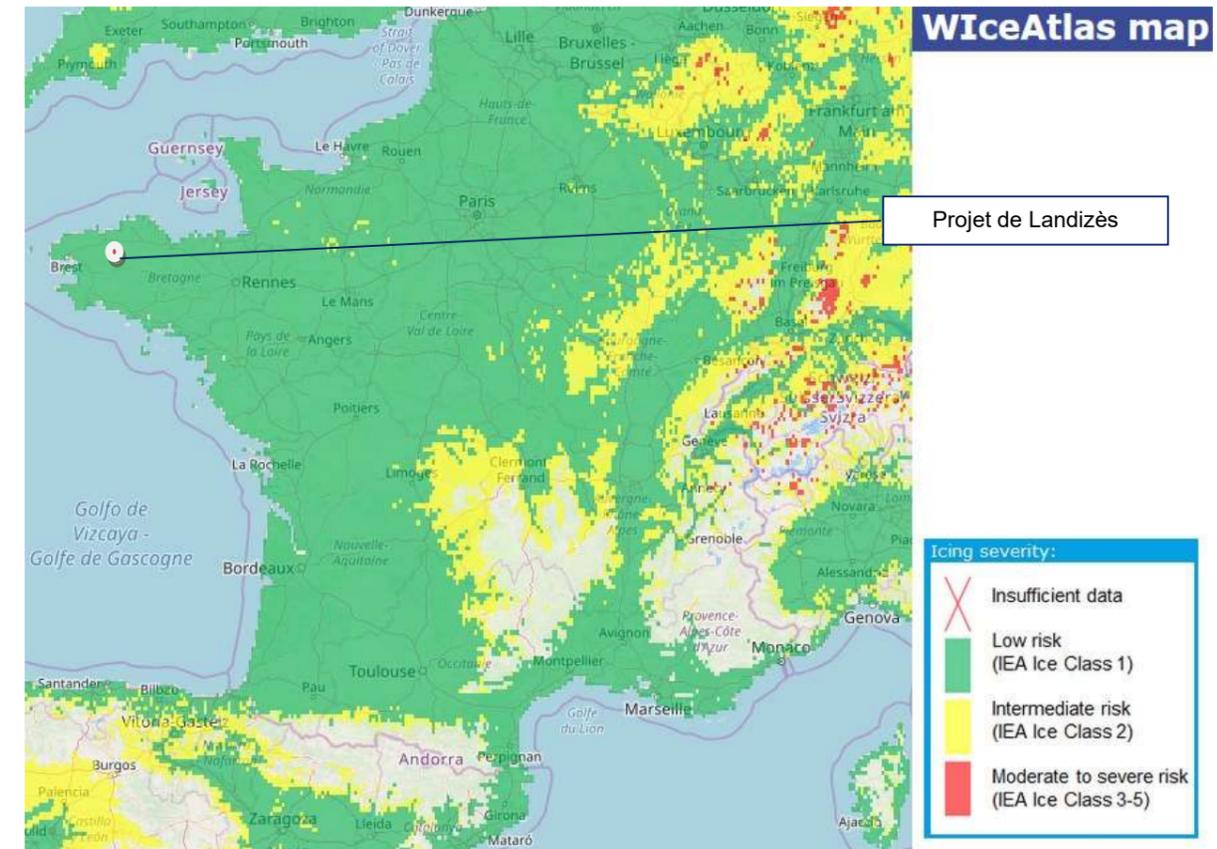


Figure 3 : Carte Wice Atlas – Risque de givre sur le site du projet

Sur cette carte, le secteur du projet apparaît en zonage à **risque faible de givre** (IEA Ice class 1) soit moins de 11 jours de givre par an.

⁵ <http://virtual.vtt.fi/virtual/wiceatla/>

4.2.2. Risques naturels

Les risques naturels sont susceptibles de constituer des agresseurs potentiels pour les éoliennes et sont donc pris en compte dans l'évaluation préliminaire des risques.

4.2.2.1. Sismicité

Le terme "zone de sismicité" désigne un territoire défini par certaines caractéristiques sismiques (en particulier la fréquence et l'intensité des séismes dans cette zone). Le zonage sismique de la France n'est pas seulement une carte d'aléas sismiques, il répond également à un objectif de protection parasismique dans les limites économiques supportables pour la collectivité.

La France dispose d'un zonage sismique divisant le territoire national en cinq zones de sismicité croissante en fonction de la probabilité d'occurrence des séismes. Ce zonage est entré en vigueur le 1^{er} Mai 2011 :

- une zone de sismicité 1 (risque « très faible ») où il n'y a pas de prescription parasismique particulière pour les bâtiments à risque normal (l'aléa sismique associé à cette zone est qualifié de très faible),
- quatre zones de sismicité 2 à 5 (de « risque faible » à « fort »), où les règles de construction parasismique sont applicables aux nouveaux bâtiments, et aux bâtiments anciens dans des conditions particulières.

En France métropolitaine, le zonage le plus fort est de type 4 (Moyen).

Le projet figure en zone de sismicité 2 (faible). Il sera donc tenu de respecter les règles de construction parasismique.

Selon l'article R563-2 du code de l'environnement, pour la prise en compte du risque sismique, les ouvrages sont classés en deux catégories respectivement dites à « risque normal » et à « risque spécial ». Les éoliennes figurent parmi les installations à risque normal.

A noter que la classe des sols (selon la norme EN 1998-1:2004) sera déterminée après les sondages de reconnaissance qui seront exécutés dans le cadre des études géotechniques d'avant projet.

RISQUE SISMIQUE

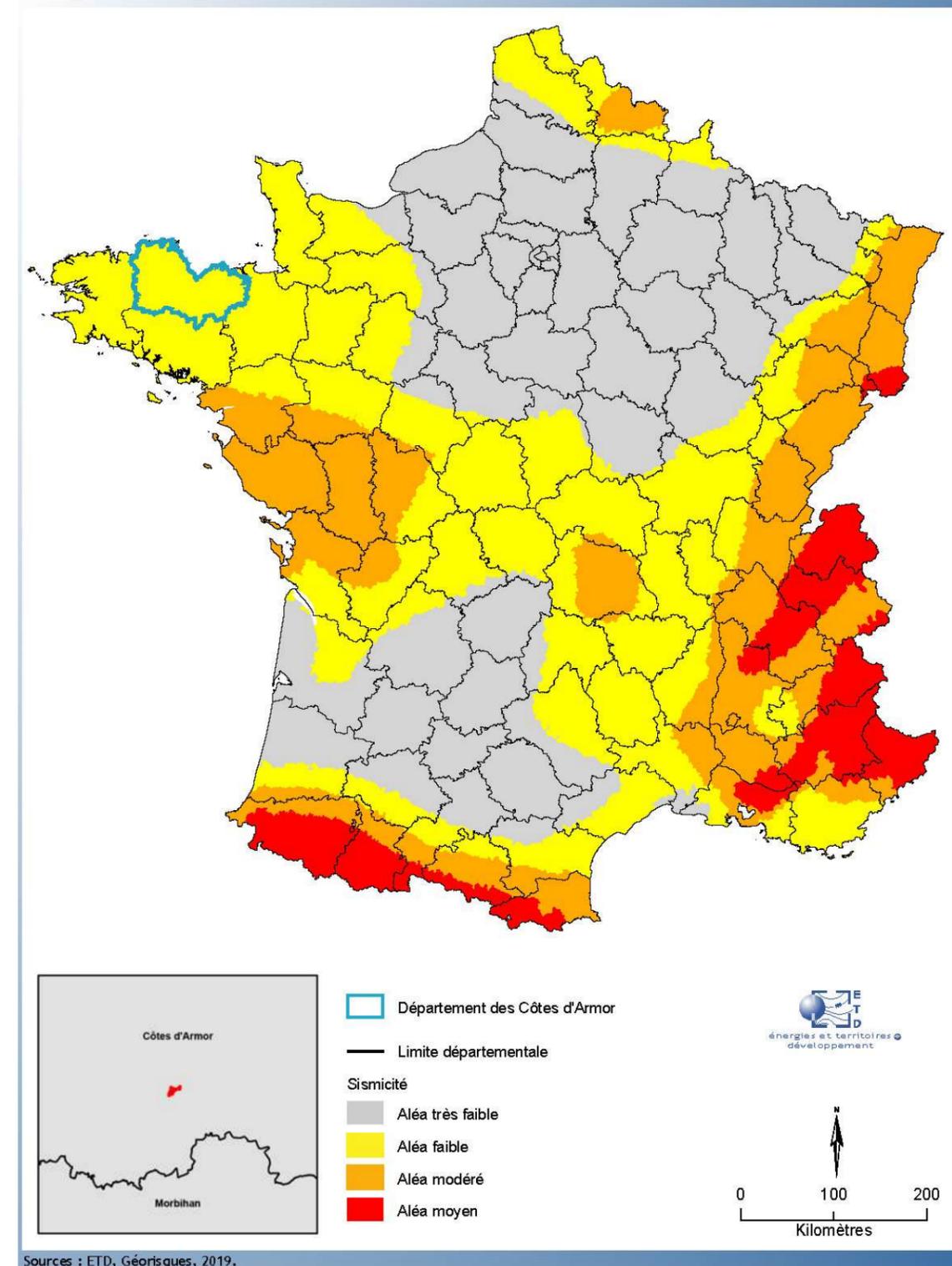


Figure 4 : Zonage sismique de la France métropolitaine et de la zone d'étude

4.2.2.2. Inondations par débordement des cours d'eau

La ZIP est située sur le sommet d'une colline d'une altitude comprise entre 150 et 180 m. Les deux cours d'eau les plus proches du site, sont à une altitude de 130 m, soit une différence de 20 m par rapport au point le plus bas du site.

Le projet étant situé sur un sommet, il n'est pas concerné par le risque inondation par débordement.

4.2.2.3. Remontée de nappe phréatique

Plusieurs années pluvieuses consécutives entraînent une remontée de la surface de la nappe phréatique qui peut atteindre la surface du sol et provoquer des inondations, notamment dans les sous-sols.

D'après les données du BRGM⁶, le site du projet n'est pas concerné par le risque de remontée de nappe.

4.2.2.4. Cavités, mouvements de terrains

Le DDRM retient la commune de Sainte-Tréphine comme potentiellement soumise au risque de cavité, mais le site Géorisques ne recense aucun risque de ce type sur la commune.

Toutefois, Géorisques fait état d'un effondrement de cavité sur la commune voisine de Plounevez-Quintin, tout près de la limite communale avec Sainte-Tréphine. Le site se situe à environ 2,5 km au nord.

D'après la fiche Géorisques de la cavité n°62200496, il pourrait s'agir d'une ancienne ardoisière. Le sous-sol est favorable à ce type d'exploitation. La découverte de cavités pouvant correspondre à d'anciennes exploitations non répertoriées n'est pas à exclure, mais reste très improbable sur ces terres régulièrement exploitées par l'agriculture.

4.2.2.5. Aléa retrait-gonflement des argiles

Le changement d'humidité des sols argileux entraîne des variations de volume du sol, pouvant créer des dégâts importants : ces tassements différentiels se manifestent par des désordres affectant principalement le bâti individuel pour lequel il n'est généralement pas mené d'étude géotechnique préalable. Dans le cadre d'un projet éolien, une telle étude est systématiquement réalisée au droit de l'implantation de chaque aérogénérateur afin d'adapter les fondations au type de sol.

D'après les données du BRGM, la zone d'implantation du projet n'est concernée que par un aléa faible.

4.2.2.6. Vents extrêmes

Selon Météo France, en moyenne quinze tempêtes affectent la France chaque année. Une sur dix peut être qualifiée de " forte " (un épisode est qualifié de " forte tempête " si au moins 20 % des stations départementales enregistrent un vent maximal instantané quotidien supérieur à 100 km/h).

L'ensemble du territoire français est exposé aux tempêtes. Les zones les plus sensibles se situent sur les franges littorales et le quart Nord-Ouest de l'hexagone : 4,3 jours par an de vent supérieur à 28m/s par exemple à Quimper.

A la station météorologique de Saint-Brieuc (données non disponibles sur la station plus proche de Rostrenen), le nombre annuel moyen de jours avec des rafales supérieures à 28 m/s (100km/h) est de 2,6 (Statistiques 1981 à 2010).

Du fait de la position à l'intérieur des terres, le site est moins exposé aux vents extrêmes que les zones littorales de la région.

4.2.2.7. Vents instantanés extrêmes

A la station de Rostrenen (à 10 km à l'ouest), les vents extrêmes mesurés à 10 m. sur la période de disponibilité de ces données sont les suivants (janvier 1981 à janvier 2019) :

- Le 15 novembre 1987 : vent instantané de 45 m/s (162 km/h),
- Le 26 décembre 1999 : vent instantané de 36 m/s (130 km/h),

On peut noter également que lors de la tempête qui a balayé la Bretagne en 1987, une rafale de 49 m/s (environ 175 km/h) a été enregistrée à Saint Brieuc. Il s'agissait cependant d'un phénomène météorologique tout à fait exceptionnel.

Sur 20 ans, le vent instantané maximum considéré (hors tempête exceptionnelle de 1987) est de 36 m/s à 10 mètres, soit 46 m/s à hauteur d'axe maximale des éoliennes (92 m) par application du coefficient de cisaillement de la norme IEC 61400-1 pour les vents extrêmes⁷.

A noter qu'il s'agit là d'un « vent instantané » et non d'un vent moyenné sur 3 secondes.

a) Vents extrêmes sur 3 secondes

Les rafales sur 3 secondes ne sont pas fournies par Météo France. A noter que les vents moyennés sur 3 secondes sont par définition inférieurs aux vents instantanés.

b) Vents moyens 10 minutes maximum

A la station de Rostrenen, le vent moyen 10 mn maximum en décembre 1999 a été de 19 m/s à 10 mètres, soit 24 m/s à hauteur d'axe maximale des éoliennes (92 m) par application du coefficient de cisaillement de la norme IEC 61400-1 pour les vents extrêmes.

⁶ BRGM : Bureau de recherches géologiques et minières

⁷ soit $\alpha = 0,11$ et $v/v_0 = (h/h_0)^\alpha$

4.2.2.8. Orages

Les orages peuvent faire courir des risques aux aérogénérateurs. 3 jours d'orage par an se produisent en moyenne sur la commune de Sainte-Tréphine (Météorage). Par comparaison, en Corse et dans le Sud de l'Aquitaine, régions françaises les plus concernées par les orages, on dénombre plus de 30 journées par an. Les statistiques de foudroiement recueillies sur la période 2009-2018 par Météorage, filiale de Météo France font apparaître les résultats annuels moyens suivants pour la commune du projet :

	Sainte Tréphine	France
Da (nombre d'arcs par an et par Km²)	0,41	1,63

Tableau 4 : Statistiques de foudroiement (source : Météorage)

Le critère « densité d'arcs » (Da - qui est le nombre d'arcs de foudre au sol par km² et par an) rend compte de l'importance (la violence) des phénomènes orageux et constitue la meilleure représentation de l'activité orageuse.

Ces chiffres montrent une activité orageuse locale nettement plus faible que la moyenne nationale.

Il est rappelé que les éoliennes du projet sont équipées d'un système de protection anti-foudre intégré conforme à la norme IEC 61400-24, relative à la protection contre la foudre des éoliennes.

4.2.2.9. Feux de forêts

Le risque incendie est lié à la présence de forêt. Le site se situe entièrement en zone de culture, aucun massif boisé d'importance n'est présent à proximité. Le DDRM des côtes d'Armor ne retient pas la commune de Sainte-Tréphine comme sensible au risque d'incendie.

Il est à noter par ailleurs que la réglementation sur les installations classées pour la protection de l'environnement impose aux parcs éoliens le maintien en permanence d'au moins une voie carrossable pour permettre l'intervention des véhicules de secours et d'incendie.

Les départs d'incendie liés à un parc éolien pourraient être dus à la foudre ou à une défaillance des équipements électriques. Les aérogénérateurs sont tous munis d'un dispositif de protection contre la foudre et les équipements électriques observent les normes en vigueur (NF EN 60204-1 et 60 204-11 (Sécurité des machines – Equipement électrique des machines). Les éoliennes sont donc peu susceptibles d'être à l'origine d'un incendie.

4.3. Environnement matériel

4.3.1. Voies de communication

Aucune voie de circulation structurante⁸ ni aucune voie ferrée ou voie navigable, ne traverse le périmètre de l'étude de dangers des éoliennes du projet.

4.3.1.1. Voies de circulation

Aucune route nationale ou départementale n'est présente au sein du périmètre d'étude de 500 m des éoliennes. Le réseau routier au sein de ce périmètre est uniquement caractérisé par des routes communales de faible gabarit reliant des hameaux locaux entre eux. A cela s'ajoutent des chemins d'exploitations agricoles.

Aucune donnée de circulation n'est disponible pour ces voies communales. Ces voies communales permettent essentiellement la circulation entre les différents hameaux disséminés dans la campagne. La circulation y est donc limitée. Ces routes ne sont donc pas des axes structurants.

La circulation de véhicules sur l'ensemble de ces voies non structurantes présente un enjeu qui a été apprécié selon la classification proposée par la fiche n°1 de la circulaire du 10 mai 2010 relative aux règles méthodologiques de comptage applicables aux études de dangers (voir en annexe 3). Les voies de circulation non structurantes sont à considérer au titre des « terrains aménagés peu fréquentés », soit 1 personne permanente pour 10 ha en considérant une largeur de voie de 6 m.

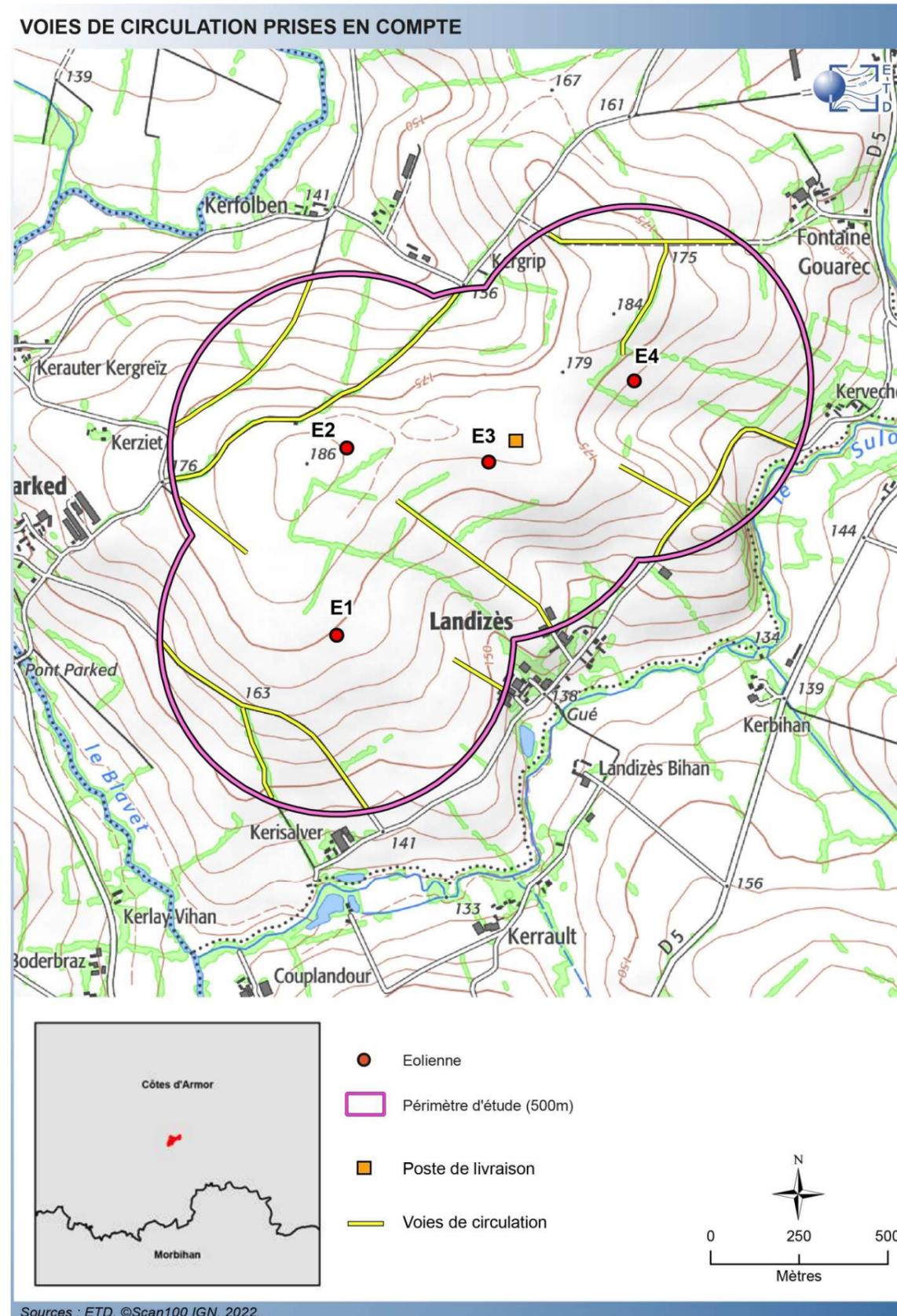
Le réseau des voies de circulation prises en compte dans le périmètre de l'étude de dangers figure sur la Carte 5 ci-contre.

Le tableau ci-après indique, par éolienne et dans le périmètre des 500 m de l'éolienne, la distance entre l'éolienne et la voie de circulation routière la plus proche, ainsi que le linéaire du total des voies de circulation pris en compte dans l'étude détaillée des risques.

(Distance par rapport au mât des éoliennes)	Distance à la voie de circulation routière la plus proche	Linéaire de voie à faible circulation dans le périmètre des 500 m de l'éolienne
E1	338 m	1746m
E2	143 m	2106 m
E3	374 m	1212 m
E4	87 m	1768 m

Tableau 5 : Distances aux voies de circulation et linéaires dans le périmètre des 500 m

Note : Le linéaire des voies de circulation pour chaque périmètre d'effet correspondant aux différents risques figure dans les tableaux de l'étude détaillée des risques et sur les cartes de cartographie des risques (cf. paragraphe 9 à la page 52).



Sources : ETD, ©Scan100 IGN, 2022.

Carte 5 : Voies de circulation prises en compte

⁸ C.à.d. dont le trafic est supérieur à 2000 véhicules par jour.

4.3.1.2. Circulation aérienne

a) Contraintes aéronautiques civiles

Il n'existe aucun aérodrome ou aéroport dans les limites de l'aire d'étude de 500 m.

Les infrastructures les plus proches dans l'environnement du projet, sont :

- L'aérodrome de Pontivy à 29 km au sud-est ;
- L'aéroport de Saint-Brieuc-Armor à 39 km au nord-est ;
- L'aérodrome Bretagne-Atlantique à Guiscriff à 41 km au sud-ouest.

Les aéroports de Saint-Brieuc Armor, Morlaix-Ploujean et l'aérodrome de Bretagne-Atlantique ne proposent pas de vol régulier. Ils mettent à disposition leurs infrastructures pour des vols privés, des formations aéronautiques et des activités de type aéroclub. L'aérodrome de Pontivy ne propose que des activités de type aéroclub.

Consulté, la Direction Générale de l'Aviation Civile (DGAC) répond dans son courrier du 19 juin 2020 signé par le responsable du Service National d'Ingénierie Aéroportuaire ouest, que : « *Au vu des éléments de ce dossier, ce projet se situe en dehors des zones intéressées par des servitudes aéronautiques et radioélectriques associées à des installations de l'aviation civile. (...) En conséquence, sous réserve du strict respect de ces conditions, je n'ai pas d'objection à formuler à l'encontre de ce projet.* ».

Un balisage "diurne et nocturne" sera nécessaire, conformément à la réglementation.

b) Contraintes aéronautiques militaires

Compte tenu de la hauteur des éoliennes, un balisage « diurne et nocturne » devra être mis en place conformément à la réglementation en vigueur

La zone potentielle d'implantation est située à l'écart des zones SETBA (Site d'Entraînement à Très Basse Altitude) ou VOLTAC (Vol Tactique) du ministère de la défense.

Consultée, l'armée de l'air précise dans son mail du 24/06/2020 que : « *Le projet se situe sous un tronçon du réseau de vol à très basse altitude des armées dénommé LF-R 56, destiné à protéger les avions des armées qui évoluent à très grande vitesse et par toutes conditions météorologiques, sans détecter systématiquement les obstacles ou éoliennes en dessous et à proximité immédiate. En mode radar suivi de terrain, les avions (évoluant à 300 mètres/sol) doivent respecter une marge de franchissement d'obstacles de 150 mètres. L'application de ces dispositions, est compatible avec la hauteur du projet.* »

4.3.1.3. Radars

L'arrêté du 26 août 2011 modifié par les arrêtés du 6 novembre 2014 et du 22 juin 2020 relatif aux parcs éoliens soumis à autorisation au titre de la réglementation ICPE précise les recommandations de distances d'éloignement minimales entre les éoliennes et les radars. Le tableau ci-dessous précise ces recommandations et les distances observées par le projet :

Type de radar	Seuil fixé par l'arrêté ministériel du 26 août 2011*	Distance au projet éolien	Conformité avec l'arrêté ministériel
Météo France	Entre 10 et 30 km selon le type de radar	Radar de Plabennec 96 km au nord-nord-ouest	Oui
Aviation civile, radars primaires	30 km	Radar de Lopherhet 87 km à l'ouest	Oui
Aviation civile, radars secondaires	16 km		Oui
VOR	15 km	Radar VOR des Monts d'Arrée 32 km à l'ouest-nord-ouest	Oui
Radars portuaires	20 km	La côte la plus proche est à 45 km (Saint-Brieuc)	Oui
CROSS	10 km		Oui

Tableau 6 : Distances aux radars

4.3.2. Réseaux publics et privés

4.3.2.1. Lignes électriques haute ou très haute tension

Aucune ligne électrique de transport n'existe à moins de 200 mètres des éoliennes du projet. Le périmètre de l'étude n'est traversé par aucun réseau électrique haute tension, aérien ou souterrain.

4.3.2.2. Canalisation de transport (gaz, hydrocarbures, produits chimiques)

Aucune canalisation enterrée ou aérienne n'est identifiée dans le périmètre de l'étude de danger par le DDRM.

4.3.2.3. Captages d'eau potable

Aucun élément du parc éolien (éolienne, accès ou poste de livraison) ne se situe à l'intérieur d'un périmètre de protection d'un captage.

4.3.2.4. Liaisons hertziennes

D'après l'Agence Nationale des Fréquences, il n'existe pas de servitude électromagnétique dans le périmètre de l'étude de danger.

4.3.2.5. Autres ouvrages publics

Il n'existe aucun autre ouvrage de type barrages, digues, châteaux d'eau, bassins de rétention, etc. dans la zone d'étude.

4.4. Synthèse des enjeux

4.4.1. Préambule

Au final, et selon les critères de l'étude de dangers⁹, les enjeux humains suivants ont été identifiés dans le périmètre de l'étude (soit dans un rayon de 500 m autour des éoliennes) :

- Personnes non abritées (promeneurs, agriculteurs) présentes dans le périmètre de l'étude.
- Véhicules susceptibles d'emprunter les voies de circulation du périmètre de l'étude.

La détermination du nombre de personnes (enjeux humains en équivalent personnes permanentes - epp) exposées dans le périmètre de l'étude de dangers est basée sur la circulaire du 10 mai 2010 relative aux règles méthodologiques de comptage applicables aux études de dangers (fiche n°1 de la circulaire – Voir l'annexe 3). Ont été distingués :

- Les terrains non aménagés très peu fréquentés (terrains agricoles) avec l'hypothèse forfaitaire d'une personne permanente pour 100 ha.
- Les voies à faible circulation (largeur: 6 m) avec l'hypothèse forfaitaire d'une personne permanente pour 10 ha.

Pour chaque éolienne, par application des hypothèses de comptage mentionnées ci-dessus, la fréquentation du périmètre d'étude (500 m) en équivalent personnes permanentes (epp) est la suivante :

Eolienne	Enjeu: personnes non abritées		Enjeu: véhicules			Total epp
	Terrains non aménagés		Voies peu fréquentées			
	S (ha)	epp	L (m)	S (ha)	epp	
E1	78,5	0,79	1746	1,048	0,10	0,89
E2	78,5	0,79	2106	1,264	0,13	0,92
E3	78,5	0,79	1212	0,727	0,07	0,86
E4	78,5	0,79	1768	1,061	0,11	0,90

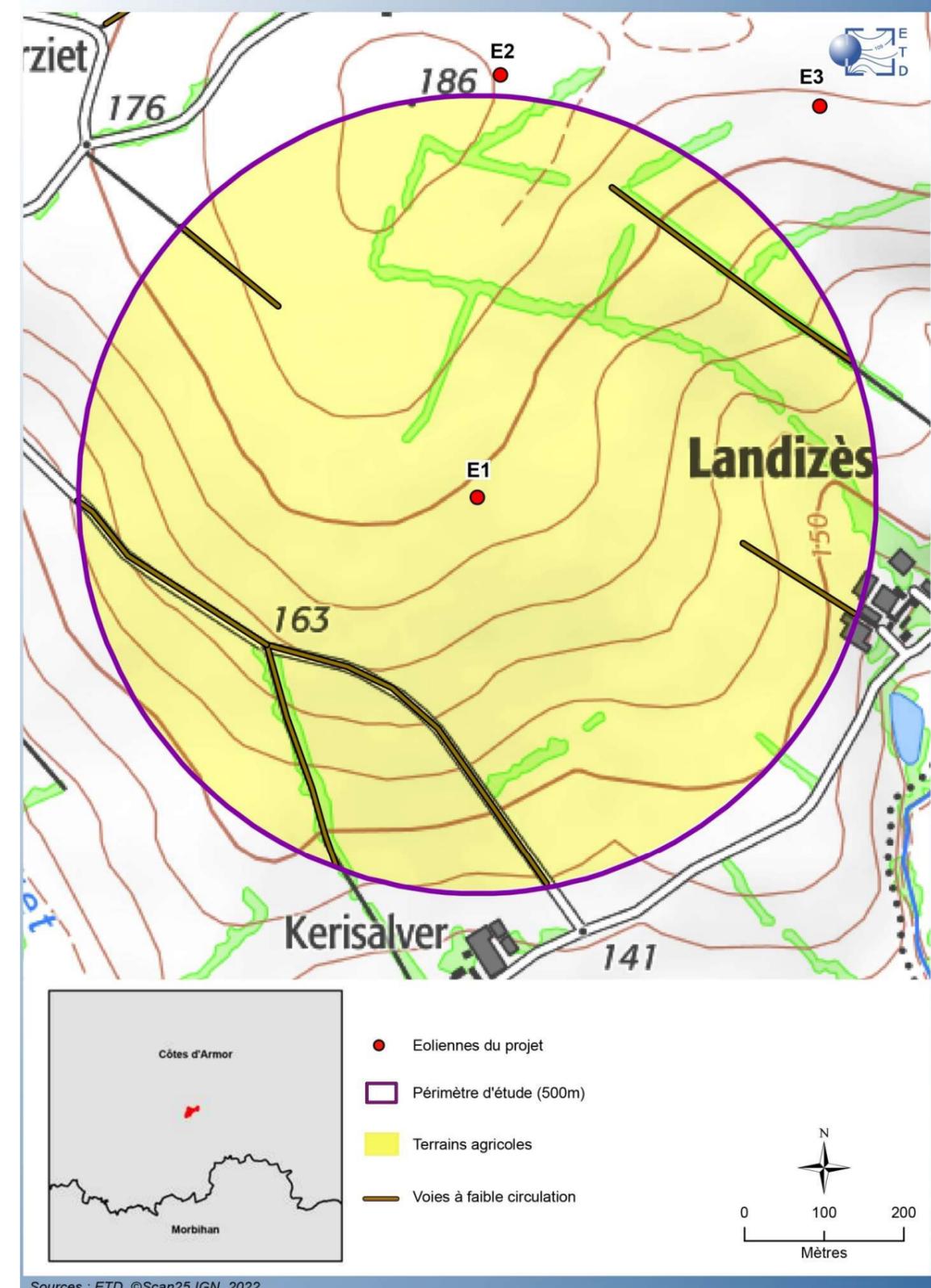
Tableau 7 : Fréquentation du périmètre d'étude (500 m)

4.4.2. Cartographie de synthèse des enjeux

Les enjeux identifiés dans le périmètre de l'étude de chaque éolienne ont été cartographiés sur les cartes ci-après.

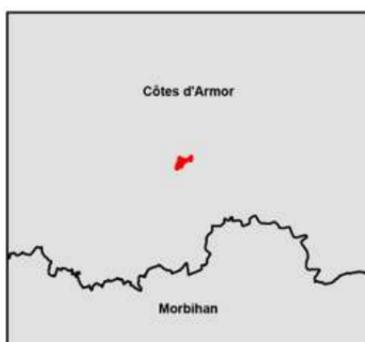
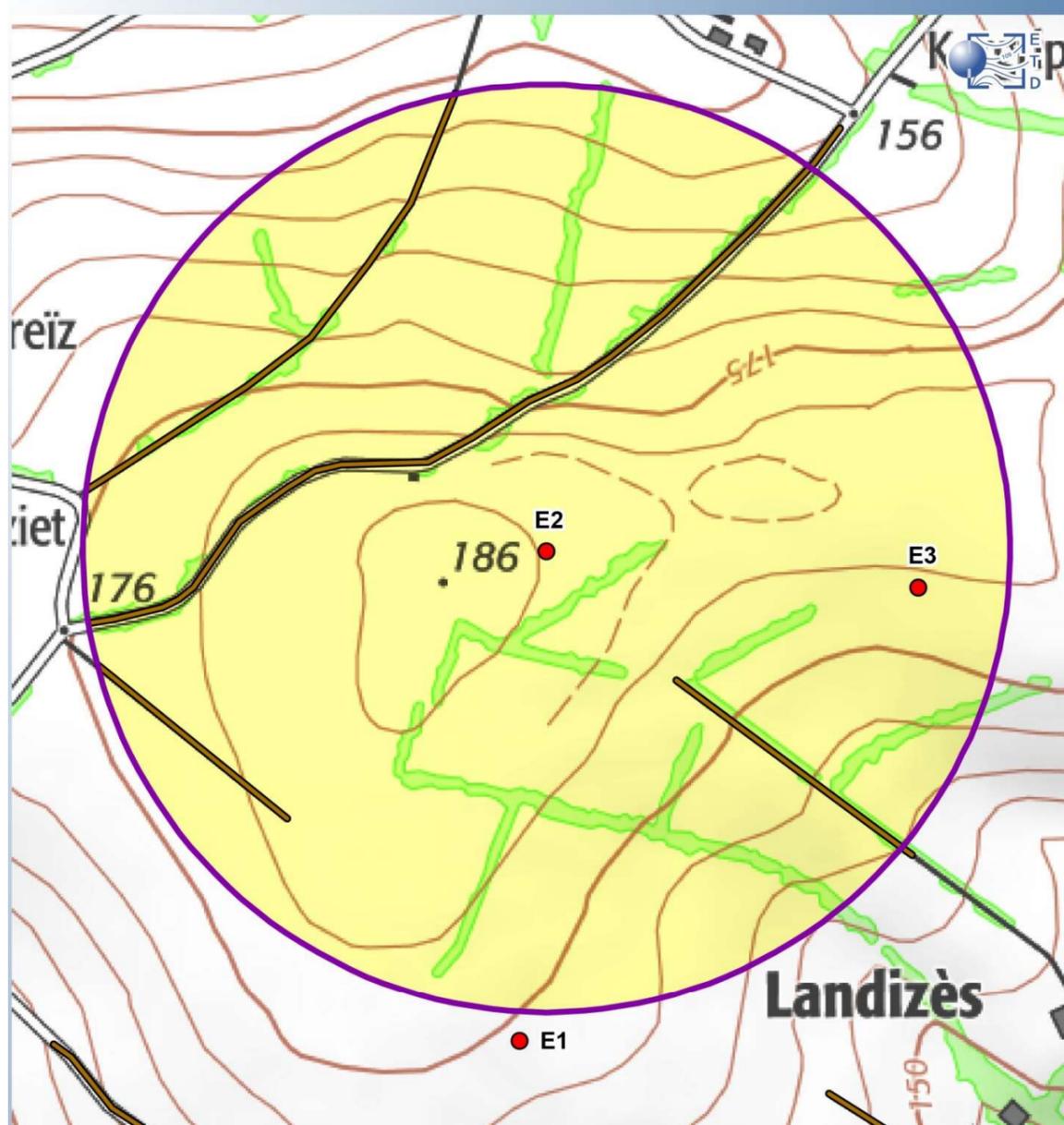
⁹ L'arrêté du 29 septembre 2005 relatif à l'évaluation et à la prise en compte des conséquences des accidents potentiels dans les études de dangers des installations classées soumises à autorisation environnementale impose une évaluation des accidents majeurs sur les personnes uniquement et non sur la 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 s'intéressera prioritairement aux dommages sur les personnes.

SYNTHÈSE DES ENJEUX : ÉOLIENNE E1

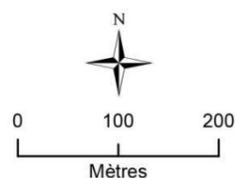


Carte 6 : Synthèse des enjeux : éolienne E1

SYNTHÈSE DES ENJEUX : ÉOLIENNE E2



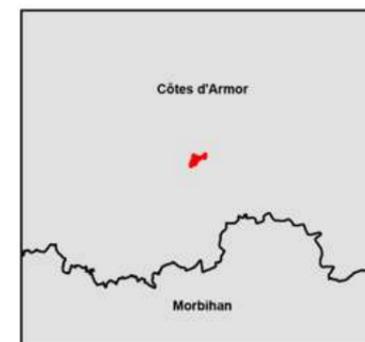
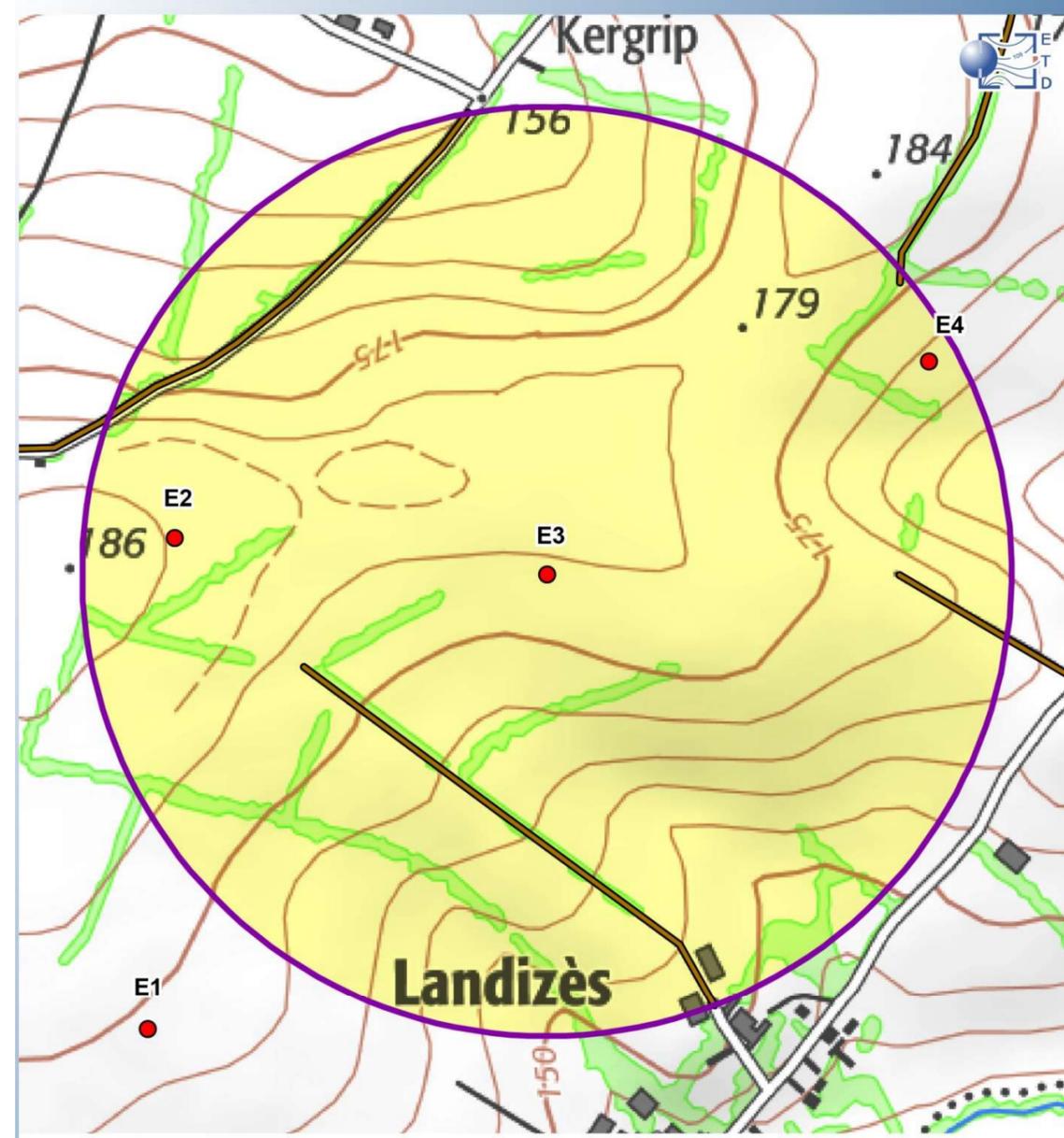
- Eoliennes du projet
- Périmètre d'étude (500m)
- Terrains agricoles
- Voies à faible circulation



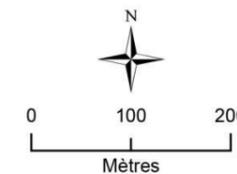
Sources : ETD, ©Scan25 IGN, 2022.

Carte 7 : Synthèse des enjeux : éolienne E2

SYNTHÈSE DES ENJEUX : ÉOLIENNE E3



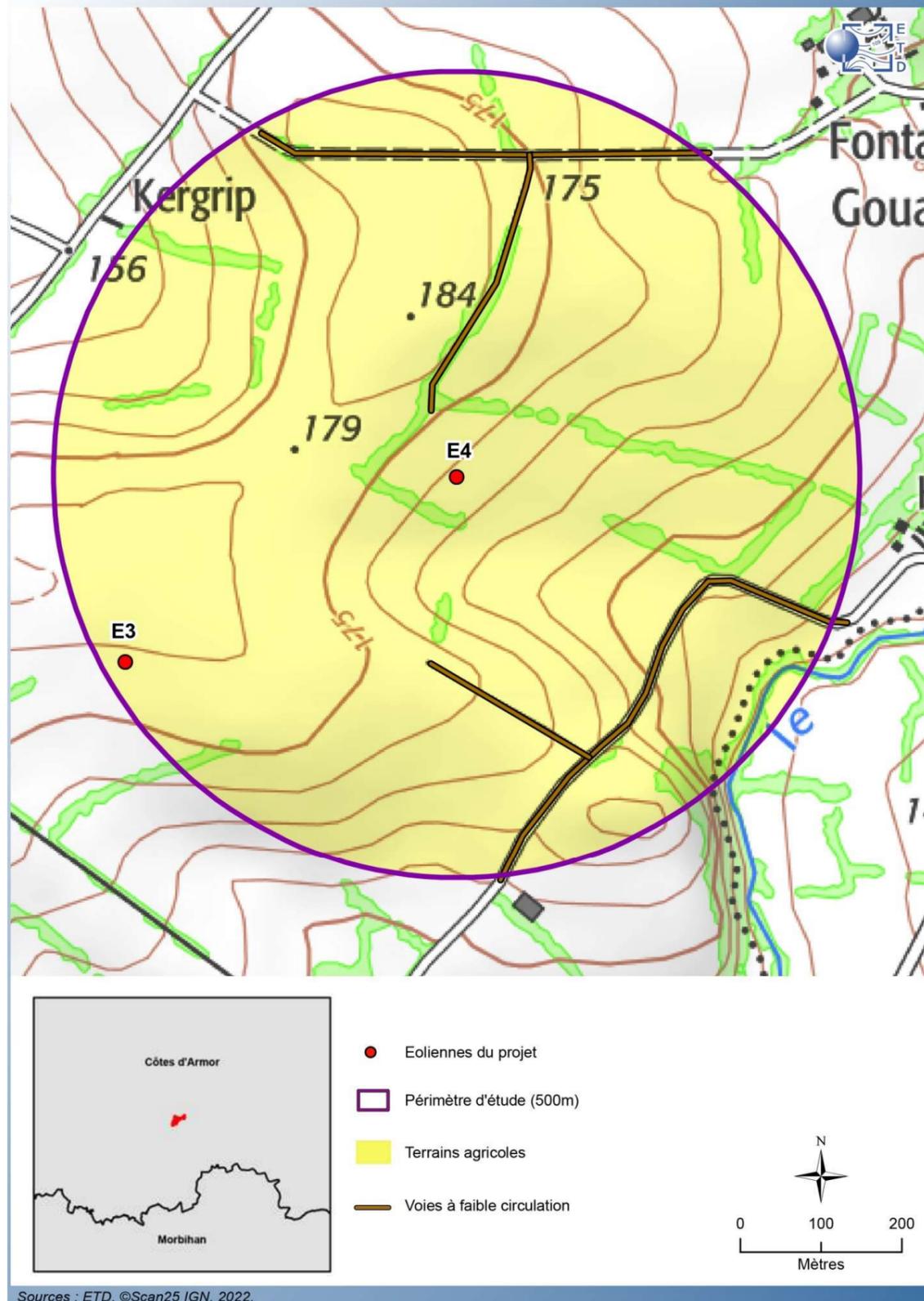
- Eoliennes du projet
- Périmètre d'étude (500m)
- Terrains agricoles
- Voies à faible circulation



Sources : ETD, ©Scan25 IGN, 2022.

Carte 8 : Synthèse des enjeux : éolienne E3

SYNTHÈSE DES ENJEUX : ÉOLIENNE E4



Carte 9 : Synthèse des enjeux : éolienne E4

5. DESCRIPTION DE L'INSTALLATION

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 :

- Plusieurs éoliennes fixées sur une fondation adaptée, accompagnée d'une aire stabilisée appelée « plate-forme » et/ ou « aire de grutage » ;
- Un réseau de câbles électriques enterrés (20 000 V) 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 postes de livraison électrique, concentrant l'électricité des éoliennes et organisant son évacuation vers le réseau public d'électricité au travers du poste source local (point d'injection de l'électricité sur le réseau public) ;
- Un réseau de câbles enterrés (20 000 V) permettant d'évacuer l'électricité regroupée au(x) poste(s) de livraison vers le poste source (appelé « réseau externe » et appartenant le plus souvent au gestionnaire du réseau de distribution d'électricité) ;
- Un réseau de chemins d'accès ;
- Eventuellement des éléments annexes type mât de mesure de vent, aire d'accueil du public, aire de stationnement, etc...

La distribution électrique sur le réseau est illustrée par la figure suivante :

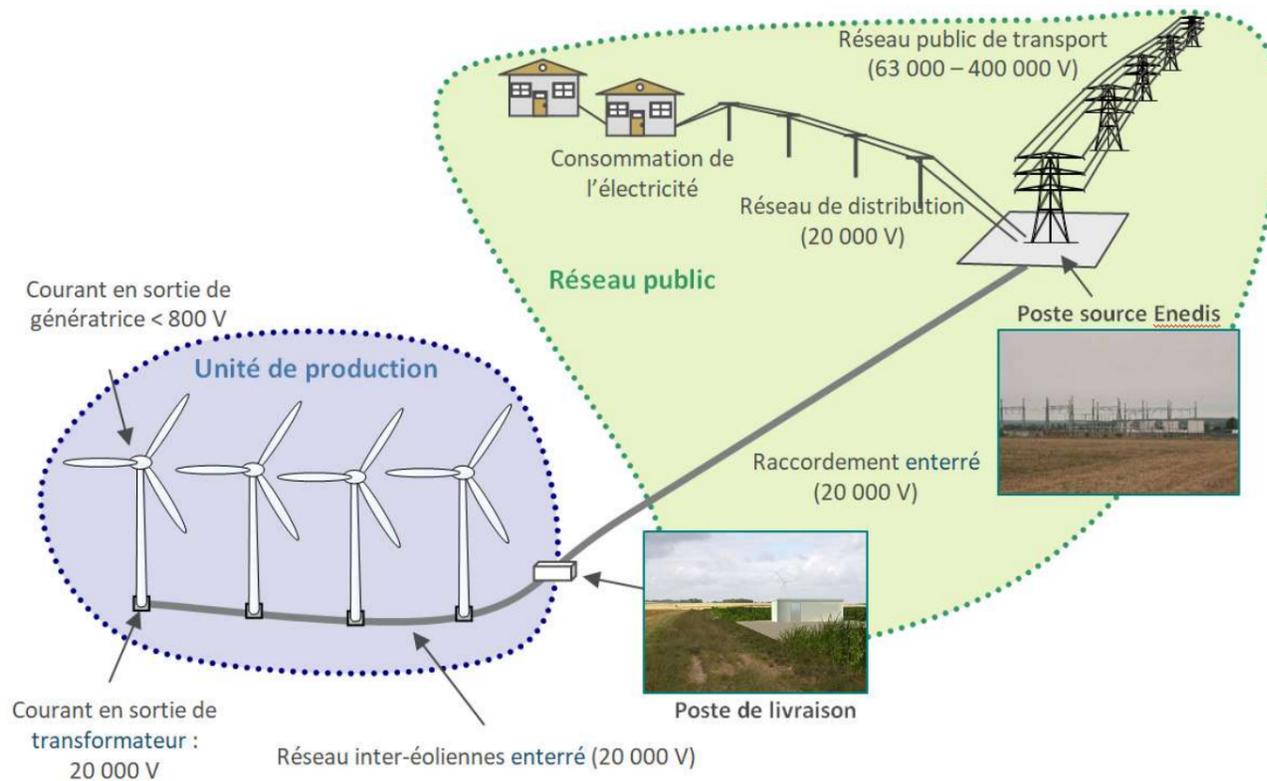


Figure 5 : Fonctionnement d'un parc éolien

5.1.1.1. L'éolienne

Une éolienne est constituée des éléments principaux suivants :

- un rotor, constitué du moyeu, de trois pales et du système à pas variable (1) ;
- une nacelle supportant le rotor (2), dans laquelle se trouvent des éléments techniques indispensables à la création d'électricité (train d'entraînement, éventuellement multiplicateur, génératrice, système d'orientation, ...) ainsi que le système de freinage mécanique, les équipements de mesure de vent (anémomètre, girouette), le balisage diurne et nocturne nécessaire à la sécurité aéronautique ;
- un mât maintenant la nacelle et le rotor (3) ;
- une fondation assurant l'ancrage de l'ensemble (4) ;
- un transformateur (dans le mât ou dans la nacelle) et une installation de commutation moyenne tension.

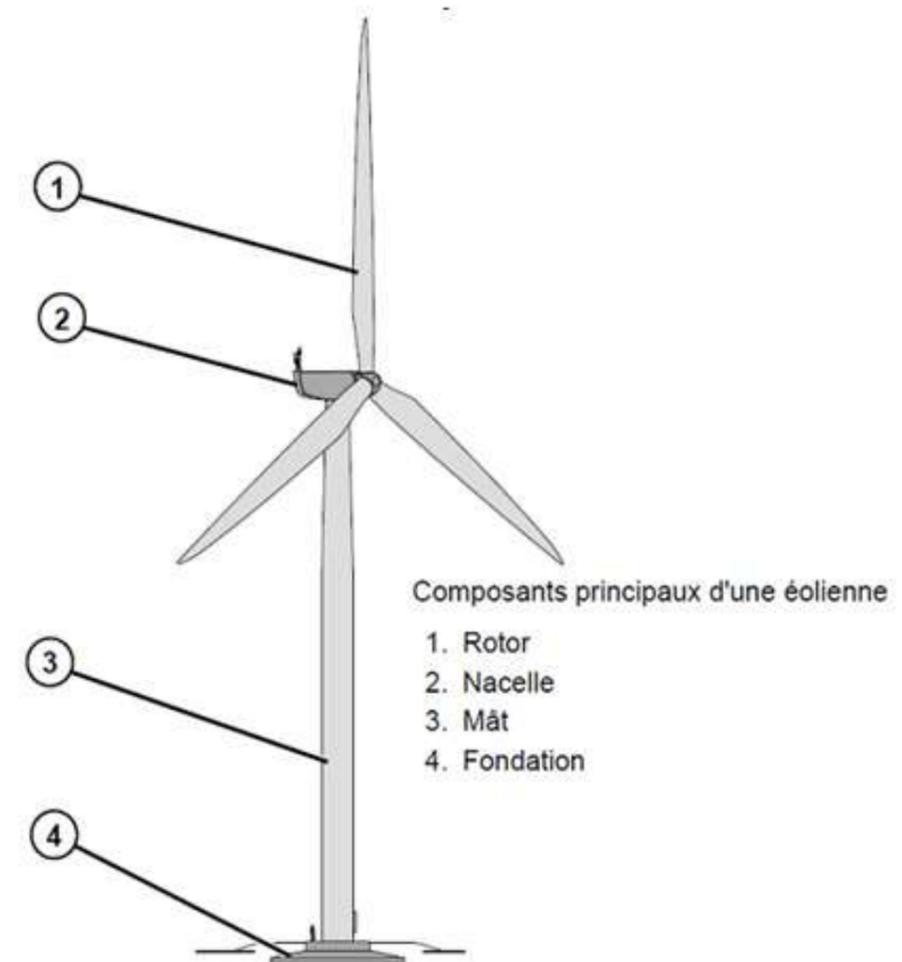


Figure 6 : Dénomination des différents éléments d'une éolienne

5.1.1.2. Emprise au sol

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

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

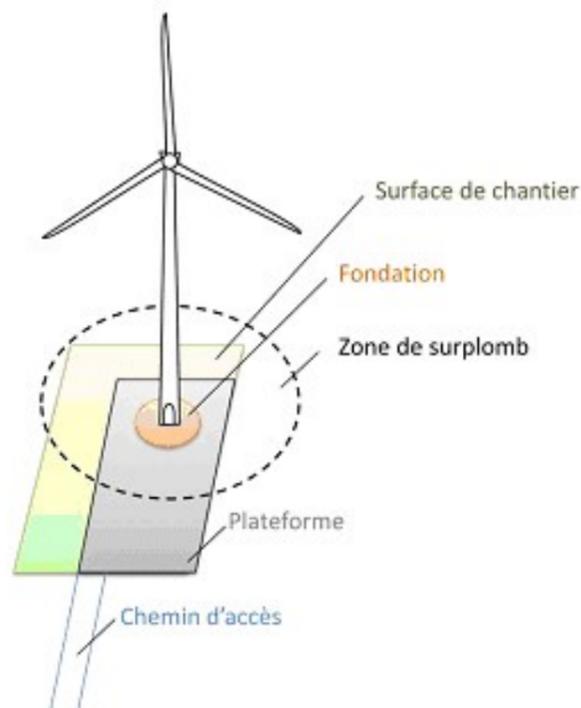


Figure 7 : Illustration des emprises au sol d'une éolienne

5.1.1.3. Chemins d'accès

Pour accéder à chaque aérogénérateur, des pistes d'accès sont aménagées pour permettre aux véhicules d'accéder aux éoliennes aussi bien pour les opérations de 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 ou forestiers existants ;
- Si nécessaire, de nouveaux chemins sont créés sur les parcelles agricoles ou forestières.

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

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

5.1.2. Activité de l'installation

Le parc éolien de Landizès est destiné à la production d'électricité à partir de l'énergie mécanique du vent avec des aérogénérateurs d'une hauteur totale maximale de 150 mètres. A ce titre, cette installation est soumise à la rubrique 2980 des installations classées pour la protection de l'environnement.

5.1.3. Composition de l'installation

Le projet du parc éolien de Landizès est composé de 4 éoliennes (le type Vestas V117 a été retenu pour la présente étude) et d'une plateforme de livraison (constituée d'un poste de livraison). La puissance totale maximale du projet est de 11,96 à 16,8 MW suivant le modèle retenu.

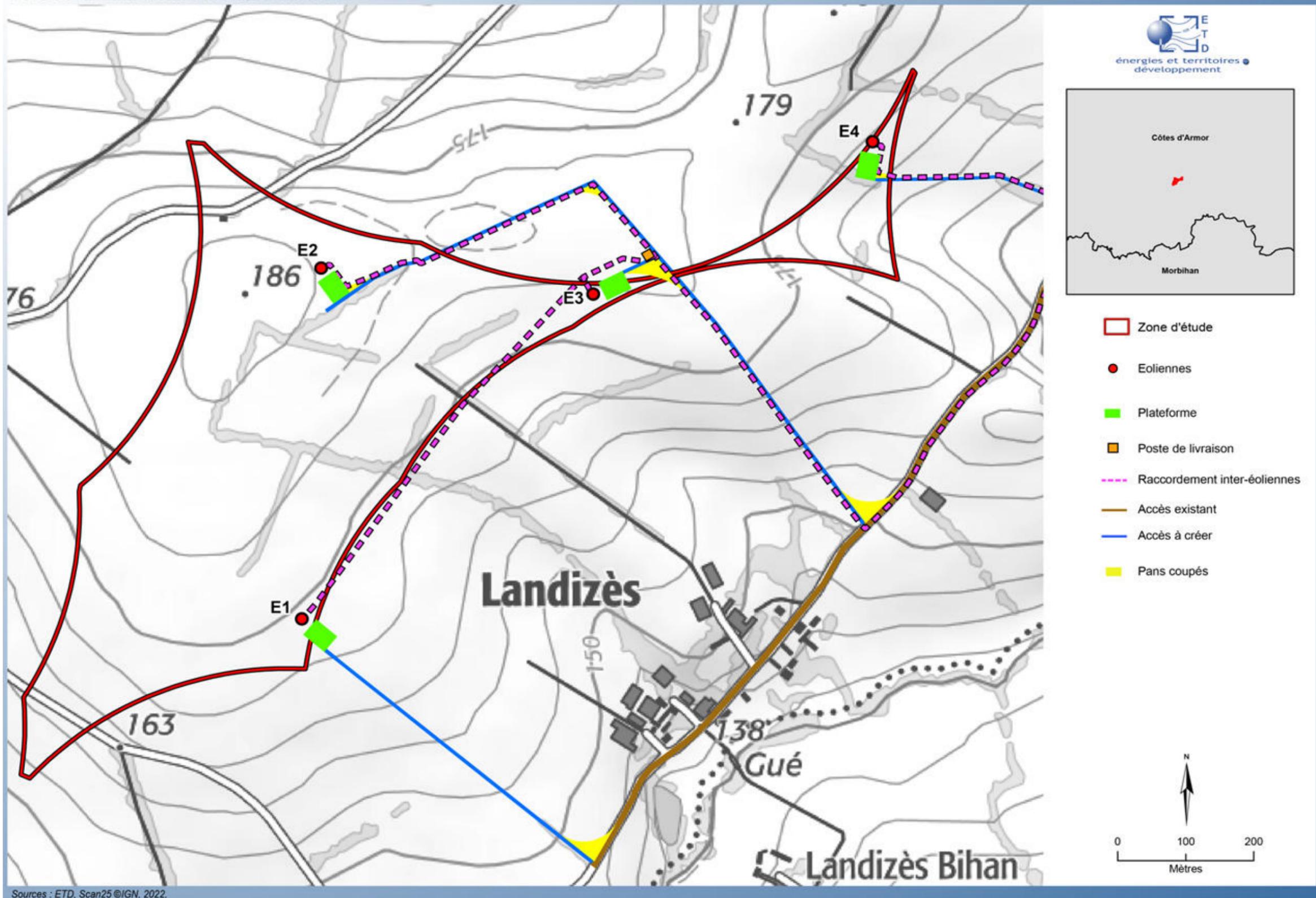
Les coordonnées des éoliennes et de la plateforme de livraison (PDL) sont les suivantes :

Eolienne	X	Y
1	242139	6811974
2	242168	6812502
3	242568	6812463
4	242979	6812692

Tableau 8 : Coordonnées des éoliennes et de la plateforme de livraison

A la page suivante, figure un plan schématique de l'installation (éoliennes, accès, réseau électrique, plateformes, postes de livraison).

RACCORDEMENT ÉLECTRIQUE INTERNE



Carte 10 : Plan détaillé de l'installation

5.2. Fonctionnement de l'installation

5.2.1. Principe de fonctionnement de l'éolienne

Les instruments de mesure de vent placés au-dessus de la nacelle conditionnent le fonctionnement de l'éolienne. Grâce aux informations transmises par l'anémomètre qui détermine la vitesse et la direction du vent, le rotor se positionnera pour être continuellement face au vent. Les pales se mettent en mouvement lorsque l'anémomètre indique une vitesse de vent d'environ 2 m/s, et c'est seulement à partir de 3 m/s que l'éolienne peut être couplée au réseau électrique.

Le rotor et l'arbre dit « lent » transmettent alors l'énergie mécanique à basse vitesse (ici entre 6,7 et 17,5 tr/min) aux engrenages du multiplicateur, dont l'arbre dit « rapide » tourne environ 100 -120 fois plus vite que l'arbre lent. 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 la vitesse minimale nécessaire à la production maximale, l'éolienne fournit sa puissance nominale.

L'électricité produite par la génératrice est convertie en courant alternatif de fréquence 50 Hz avec une tension de 720 V dans le cas présent. La tension est ensuite élevée jusqu'à 20 000 V par un transformateur placé dans chaque éolienne pour être ensuite injectée dans le réseau électrique public.

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

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

Les principales caractéristiques des éoliennes du projet sont synthétisées dans le Tableau 9 ci-contre :

Caractéristiques générales de l'éolienne retenue : Vestas V117 4,2 MW		
Température ambiante d'opération	-40 °C à +50 °C	
Conception technique	Puissance nominale	4200 kW
	Régulation de puissance	Variation active de pale individuelle (pitch) et vitesse de rotation variable
	Diamètre du rotor	117 m
	Hauteur du moyeu	92 m
	Concept de l'installation	Vitesse de rotation variable et multiplicateur à engrenages.
	Plage de vitesse de rotation du rotor	6,7 à 17,5 tours par min
Rotor <i>Capte l'énergie mécanique du vent et la transmette à la génératrice</i>	Type	Orientation active des pales face au vent
	Nombre de pales	3
	Surface balayée	10 751 m ²
	Contrôle de vitesse	Variable via microprocesseur
	Contrôle de survitesse	Vestas Pitch System + accumulateurs hydropneumatiques autonomes sur chaque pale
	Matériau des pales	Fibre de verre renforcée avec époxy et fibre de carbone, protection contre la foudre intégrée en accord avec la norme IEC 61 - 400-24 (Juin 2010)
Nacelle <i>Supporte le rotor et abrite le dispositif de conversion de l'énergie mécanique en électricité (génératrice, etc.) ainsi que les dispositifs de contrôle et de sécurité</i>	Arbre de rotor <i>Transmet le mouvement de rotation des pales</i>	Arbre lent entraîné par les pales
	Multiplicateur <i>Augmente le nombre de rotation de l'arbre</i>	Multiplicateur à engrenages – Rapport de multiplication supérieur à 100 – Couplage flexible avec la génératrice
Système de freinage	Génératrice <i>Produit l'électricité</i>	Technologie asynchrone + système de conversion « Grid Streamer™ convertir ». Tension nominale de 800 V
	Frein principal aérodynamique	Orientation individuelle des pales par activation hydraulique avec accumulateurs hydropneumatiques autonomes sur chaque pale
Mât <i>Supporte le rotor et la nacelle</i>	Frein auxiliaire mécanique	Frein à disque à actionnement actif sur l'arbre rapide
	Type	Tubulaire en acier
	Protection contre la corrosion	Le traitement anticorrosion des éoliennes répond à la norme ISO 12944
	Fixation du pied du mât	Fixée par une bride à l'insert disposé dans le massif de fondation

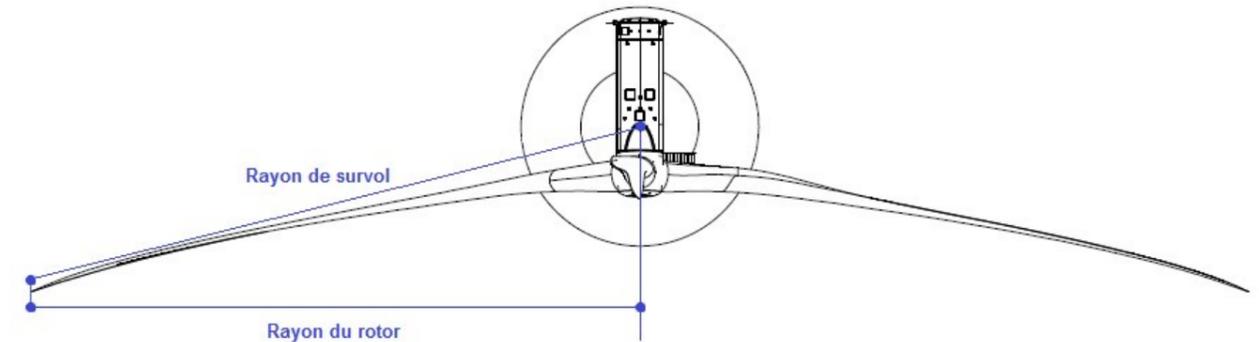
Caractéristiques générales de l'éolienne retenue : Vestas V117 4,2 MW		
Transformateur <i>Elève la tension de sortie de la génératrice avant l'acheminement du courant électrique par le réseau</i>	Caractéristiques	A l'intérieur de la nacelle Tension de 20 kV à la sortie
Fondation <i>Ancre et stabilise le mât dans le sol</i>	Type	En béton armé.
	Dimensions	Les fondations ont entre 3 et 5 mètres d'épaisseur pour un diamètre de l'ordre d'une vingtaine de mètres.
Périodes de fonctionnement	Vent inférieur à 3 m/s	Un automate, informé par une girouette, commande aux moteurs d'orientation de placer l'éolienne face au vent
	Environ 3 m/s	Le vent est suffisant pour générer de l'électricité. L'éolienne peut être couplée au réseau électrique
	> 3 m/s	La génératrice délivre un courant électrique alternatif, dont l'intensité varie en fonction de la vitesse du vent
	13,5 à 27 m/s	L'éolienne fournit sa puissance nominale. Cette dernière est maintenue constante grâce à une réduction progressive de la portance des pales
Poste(s) de livraison <i>Adapte les caractéristiques du courant électrique à l'interface entre le réseau privé et le réseau public</i>	Caractéristiques	Equipé de différentes cellules électriques et automates qui permettent la connexion et la déconnexion du parc éolien au réseau 20 kV

Tableau 9 : Principales caractéristiques des éoliennes du projet (Vestas V117 4,2 MW)

Dimensions caractéristiques utilisées par l'étude de danger :

- Hauteur maximale (en bout de pale) : 150 m ;
- Longueur des pales : 58,5 m ;
- Hauteur du mât : 92 m ;
- Longueur de la pale : 58,5 m ;
- Rayon de survol (*) : arrondi à 60 m ;
- Corde de la pale : 4,0 m ;
- Largeur de la base du mât : 4,0 m.

(*) Le rayon de survol est supérieur au rayon du rotor en raison du déport du plan du rotor par rapport à l'axe vertical de rotation de la nacelle, comme illustré ci-après (schéma de principe) :



5.2.2. Sécurité de l'installation

5.2.2.1. Systèmes de sécurité

Les différents systèmes de sécurité de l'installation sont détaillés au stade de l'analyse préliminaire des risques (paragraphe 7.6 - Mise en place des mesures de sécurité), et notamment les principales fonctions de sécurité contre les risques suivants :

- Le risque lié au givre (fonctions de sécurité n°1 et 2) ;
- L'échauffement des pièces mécaniques (fonction n°3) ;
- La survitesse du rotor (fonction n°4) ;
- Le risque électrique (court-circuit) (fonction n° 5) ;
- La foudre (fonction n° 6) ;
- L'incendie interne à l'éolienne (fonction n° 7) ;
- Le vent fort (fonction n°11).

5.2.2.2. Conformité et respects des normes

a) Conformité aux prescriptions de l'arrêté ministériel

L'installation est déclarée conforme aux prescriptions de l'arrêté ministériel du 26 août 2011 modifié par l'arrêté du 22 juin 2020 relatif aux installations soumises à autorisation au titre de la rubrique 2980 des installations classées relatives à la sécurité de l'installation ainsi qu'aux principales normes et certifications applicables à l'installation. Notamment le fournisseur des éoliennes sera en mesure de justifier des solutions mises en œuvre pour répondre article par article aux prescriptions de l'arrêté du 26 août 2011 modifié par l'arrêté du 22 juin 2020.

Notamment : « Art. 8.-L'aérogénérateur est conçu pour garantir le maintien de son intégrité technique au cours de sa durée de vie. Le respect de la norme NF EN 61 400-1 ou IEC 61 400-1, dans leur version en vigueur à la date de dépôt du dossier de demande d'autorisation environnementale prévu par l'article L. 181-8 du code de l'environnement, ou toute norme équivalente en vigueur dans l'Union européenne à l'exception des dispositions contraires aux prescriptions du présent arrêté, permet de répondre à cette exigence. « 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. »

b) Classification des éoliennes selon la norme IEC 61400-1

Les éoliennes qui sont envisagées pour le projet sont certifiées notamment **au titre de la solidité intrinsèque de la machine et de son adéquation aux conditions du site du projet**. En France, la classification fait référence à la norme « IEC 61400-1 ». Cette classification est résumée ci-dessous (vitesse du vent à hauteur d'axe de l'éolienne):

		Vitesse du vent à hauteur d'axe (m/s)			
	Moyenne annuelle	entre 8,5 et 10	entre 7,5 et 8,5	inférieure à 7,5	
	Moyenne sur 10 mn maximale / 50 ans	entre 42,5 et 50	entre 37,5 et 42,5	inférieure à 37,5	
	Moyenne sur 3 s maximale / 50 ans	entre 59,5 et 70	entre 52,5 et 59,5	inférieure à 52,5	
	Classe de vitesse:	I	II	III	
Intensité de turbulence moyenne (%)	entre 14% et 16%	A	IEC I A	IEC II A	IEC III A
	entre 12% et 14%	B	IEC I B	IEC II B	IEC III B
	Inférieure à 12%	C	IEC I C	IEC II C	IEC III C
Classe de turbulence		Classe de vent de l'éolienne			

Tableau 10 : Classe de vent des éoliennes

Les éoliennes industrielles sont dimensionnées pour chacune de ces classes. Il est donc important de faire correspondre la classe du site avec la classe de la turbine. A titre indicatif :

- les éoliennes de « classe IA » sont dimensionnées pour des sites avec beaucoup de vent et assez turbulent ;
- les éoliennes de « classe IIIC » sont dimensionnées pour des sites avec peu de vent et très peu de turbulence.

Les éoliennes retenues pour le projet présentent les caractéristiques de la classe IEC I

Comparaison entre les vents estimés sur le site à la hauteur d'axe des éoliennes (voir le paragraphe 3.2.2) et la classe de vent retenue:

	Vent estimé sur le site à hauteur d'axe (92 m)	Classe de vitesse de vent des éoliennes retenues: IEC I
Moyenne annuelle	6,9 m/s	inférieure à 10 m/s
Moyenne sur 10 mn maximale / 50 ans	24 m/s	inférieure à 50 m/s
Moyenne sur 3 secondes maximale / 50 ans	Rafale maximale sur 3 secondes non disponible, mais inférieure au vent maximal instantané de 46 m/s	inférieure à 70 m/s

Pour les 3 critères de vitesse de vent de la norme IEC 61400-1, le site présente des vitesses de vent inférieures aux maxima de la classe IEC I retenue. Il s'agit de vitesses moyennes. Des vitesses de vent instantanées supérieures peuvent être supportées par les éoliennes et des coefficients de sécurité sont appliqués lors de leur conception.

Il s'agit de vitesses moyennes. Des vitesses de vent instantanées supérieures peuvent être supportées par les éoliennes et des coefficients de sécurité sont appliqués lors de leur conception.

A noter que les constructeurs des machines demandent systématiquement à l'exploitant de leur mettre à disposition les données climatiques (vent, température, etc.) représentatives des conditions du site, ceci afin de vérifier que les conditions du site sont compatibles avec les hypothèses de conception de l'aérogénérateur.

L'exploitant impose par ailleurs au constructeur qu'il délivre un **certificat de conformité** à la norme IEC 61400-1 adapté aux conditions de vent du site et réalisé suivant les règles et procédures de l'IEC WT 01 (*type certificate*). La fourniture des certificats est une condition de la réception définitive de l'installation.

c) *Autres règles de conception, système qualité, respect des normes*

Les éoliennes qui seront implantées sur le parc éolien de Landizès sont certifiées à plusieurs titres :

- **Conception des installations** : dispositions de la norme NF EN 61400-1 dans sa version de juin 2006 à l'exception des dispositions contraires aux prescriptions de l'arrêté du 26 août 2011 modifié par l'arrêté du 22 juin 2020. Dispositions de la norme IEC EN 61400-24 dans sa version de juin 2010.
- **Pour la partie turbine**, la machine respecte les normes EN53108, EN 61400 ainsi que la directive machine 2006/42/CE.
- **Au titre de la conception et du contrôle des fondations**, outre l'application des règlements nationaux usuels pour les ouvrages de génie civil, le maître d'ouvrage impose dans son cahier des charges que les fondations soient conçues conformément à l'Eurocode 2 concernant les sollicitations de fatigue¹⁰. En outre, le maître d'ouvrage confie toujours une mission couvrant la "Solidité des ouvrages et des éléments d'équipements indissociables" à un bureau de contrôle agréé. Les plans et notes de calcul doivent donc être soumis à l'avis du bureau de contrôle avant la réalisation des travaux.
- **Au titre de la sécurité du personnel d'exploitation et de maintenance**, les éoliennes qui seront érigées seront conformes :
 - aux directives européennes :
 - "directive machine" 98/37/CE
 - directive 73/23/EEC, relative aux équipements électriques,
 - directive 89/336/EEC, relative à la compatibilité électromagnétique
 - à la norme : EN 50308 : aérogénérateurs – mesures de protection – exigences pour la conception, le fonctionnement et la maintenance
 - au Code du travail.
- **Installations électriques extérieures aux aérogénérateurs** : La tension présente aux postes de livraison est de 20000 Volts. L'ensemble des installations du réseau d'évacuation d'électricité répond aux normes en vigueur et en particulier aux normes suivantes :
 - NFC 15-100 : installations électriques basse tension (version compilée de 2008)
 - NFC 13-200 : installations électriques haute tension (version de 2009)
 - NFC 13-100 : postes de livraison Haute tension/Basse tension raccordés à un réseau de distribution de seconde catégorie (version de 2001)
- **Mesures des nuisances acoustiques**, NF 31-114 dans sa version en vigueur six mois après la publication de l'arrêté de classement ICPE des parcs éoliens ; NFS 31-114 dans sa version de mai 2011.

Enfin, l'exploitation et la maintenance des éoliennes sont confiées à du personnel qualifié et formé régulièrement suivant les consignes préalablement définies dans les manuels rédigés par le constructeur lui-même.

d) *Balisage des éoliennes*

Le balisage des éoliennes est défini par l'arrêté du 23 avril 2018 relatif à la réalisation du balisage des obstacles à la navigation aérienne. Les éoliennes retenues seront conformes à cet arrêté.

5.2.2.3. Contrôle du système

a) *Procédures d'exploitation*

Un ensemble de procédures d'exploitation est mis en place par l'exploitant. Ces procédures se conforment notamment aux obligations de l'arrêté du 26 août 2011 modifié par l'arrêté du 22 juin 2020.

b) *Conduite du système*

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

Il permet également de relancer aussitôt les éoliennes si les paramètres requis sont validés et les alarmes traitées. C'est notamment le cas lors des arrêts de l'éolienne par le système normal de commande (en cas de vent faible, de vent fort, de température extérieure trop élevée ou trop basse, de perte du réseau public,...). Par contre, en cas d'arrêt lié à des déclenchements de capteurs de sécurité (déclenchement survitesse, déclenchement détecteur d'arc ou température haute, pression basse huile, ...), une intervention humaine sur l'éolienne est nécessaire pour examiner l'origine du défaut et acquiescer l'alarme avant de pouvoir relancer un démarrage.

En cas d'intervention, des équipes de techniciens sont réparties sur le territoire afin de pouvoir réagir rapidement. Les interventions sont toujours faites par une équipe d'au moins deux personnes. Afin d'assurer la sécurité des équipes intervenantes, un dispositif de prise de commande locale de l'éolienne est disposé en partie basse de la tour. Ainsi, lors des interventions sur l'éolienne, les opérateurs basculent ce dispositif sur « commande locale » ce qui interdit toute action pilotée à distance.

Toute intervention dans le rotor n'est réalisée qu'après mise à l'arrêt de celui-ci et sous condition de vent adaptée. De plus, des dispositifs de sectionnement sont répartis sur l'ensemble de la chaîne électrique afin de pouvoir isoler certaines parties et protéger ainsi le personnel intervenant. Au-delà de certaines vitesses de vent, les interventions sur les équipements ne sont pas autorisées.

c) *Moyens de détection et/ou d'extinction incendie*

Il est strictement interdit de fumer dans les aérogénérateurs et dans les postes de livraison.

Chacun des aérogénérateurs est doté de détecteurs de fumée¹¹ et de plusieurs extincteurs et a minima : dans la nacelle et au pied de la tour. Tous les techniciens d'entretien seront correctement formés à l'utilisation appropriée des équipements de sécurité, et notamment des extincteurs. Les emplacements, état et qualité des extincteurs feront l'objet de contrôles réguliers de sécurité.

¹⁰ Rupture progressive

¹¹ Conformément à l'arrêté ICPE du 26 août 2011

5.2.2.4. Situations d'urgence

a) Gestion de la sécurité et gestion des situations d'urgence et de crises

L'exploitant du site dispose d'une procédure de gestion des situations d'urgence. Le personnel intervenant et les équipes extérieures sont formés pour réagir à ces situations et des exercices sont réalisés périodiquement.

Les éoliennes sont munies de systèmes de protection et se mettent en sécurité en cas de dysfonctionnement. Des alertes sont alors envoyées aux centres de conduite et de surveillance. De plus, un numéro d'astreinte 24/24 est fourni aux mairies, et au Services Départementaux d'Incendie et Secours (SDIS¹²) situés à proximité des parcs éoliens.

En cas d'urgence, une procédure d'alerte pour remonter les informations aux autorités concernées est en place.

Par ailleurs, l'exploitant du site dispose d'une procédure de maîtrise des risques accompagnée du Document Unique et des plans de prévention sont établis pour les opérations réalisées par des Entreprises Extérieure.

b) Prévention incendie

La réglementation sur les installations classées pour la protection de l'environnement impose aux parcs éoliens le maintien en permanence d'au moins une voie carrossable pour permettre l'intervention des véhicules de secours et d'incendie.

Les départs d'incendie liés à un parc éolien pourraient être dus à la foudre ou à une défaillance des équipements électriques. Les aérogénérateurs sont tous munis d'un dispositif de protection contre la foudre et les équipements électriques observent les normes en vigueur (NF EN 60204-1 et 60 204-11 (Sécurité des machines – Equipement électrique des machines). Les éoliennes sont donc peu susceptibles d'être à l'origine d'un incendie.

c) Numéros d'urgence

Le personnel intervenant a pour consigne d'appeler le **112** en cas d'accident ou d'incendie. Les plans d'accès au site, ainsi que les coordonnées et caractéristiques pertinentes des aérogénérateurs (hauteur, conditions d'accès, identification et localisation des dangers, etc.) seront communiqués au SDIS avant la mise en service des éoliennes.

d) Circuits d'évacuation en cas de sinistre

Chaque aérogénérateur compte 2 issues :

- Une porte en pied de tour,
- Une trappe dans la nacelle, qui permet l'évacuation par la nacelle à l'aide d'un dispositif de secours et d'évacuation (chaque aérogénérateur est équipé d'un tel dispositif, le nombre de dispositifs étant toutefois à adapter en fonction du nombre de personnes intervenant simultanément dans la nacelle).

e) Premiers secours

Le personnel intervenant dans les aérogénérateurs est formé aux premiers secours. Chaque aérogénérateur est équipé de 2 boîtes de premiers secours (1 en pied de tour, 1 en nacelle). Les véhicules des techniciens de maintenance sont également dotés d'une boîte de premiers secours.

Règles particulières en cas de choc électrique : Les consignes de soins aux électrisés sont affichées dans chaque aérogénérateur et au poste de raccordement. Une perche à corps doit être utilisée lors des manœuvres sur les installations HT, conformément aux instructions données lors des formations de préparation à l'habilitation électrique.

f) Moyens externes

En cas de sinistre, les procédures indiquent d'alerter les services de secours et d'incendie. Le centre de secours le plus proche est celui de **Rostrenen**, situé à quelques km du site.

Les accès sont aménagés et entretenus pour permettre aux engins des services d'incendie et de secours d'évoluer sans difficulté en toute circonstance, ces pistes étant par ailleurs régulièrement empruntées par les véhicules des équipes de maintenance.

En cas d'incendie avancé, les sapeurs-pompiers se concentreront sur le barrage de l'accès au foyer d'incendie. Une zone de sécurité avec un rayon de 500 mètres autour de l'éolienne devra être respectée.

Les plans d'accès au site, ainsi que les coordonnées et caractéristiques pertinentes des aérogénérateurs (hauteur, conditions d'accès, identification et localisation des dangers, etc.) seront communiquées au SDIS.

¹² SDIS : Service départemental incendie et secours

5.3. Opération d'entretien et de maintenance

Note : 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.

Par ailleurs, 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 (voir au paragraphe 8.6 à la page 45).

5.3.1. Formation des personnels

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

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

5.3.2. Entretien préventif du matériel

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

Composants	Opérations
Etat général	Vérification de la propreté de l'intérieur de l'éolienne Vérification qu'aucun matériau combustible ou inflammable n'est entreposé dans l'éolienne
Moyeu	Inspection visuelle du moyeu Vérification des boulons entre le moyeu et les supports de pale* Vérification des boulons maintenant la coque du moyeu
Pales	Vérification des roulements et du jeu Vérification des joints d'étanchéité Inspection visuelle des pales, de l'extérieur et de l'intérieur Vérification des boulons de chaque pale* Vérification des bruits anormaux Vérification des bandes paratonnerres
Système de transfert de courant foudre Moyeu / nacelle	Vérification des boulons et de l'absence d'impacts de foudre.
Arbre principal	Vérification des boulons fixant l'arbre principal et le moyeu* Inspection visuelle des joints d'étanchéité Vérification des bruits anormaux et des vibrations Vérification du fonctionnement du système de lubrification Vérification des dommages au niveau des boulons de blocage du rotor
Système d'orientation de la nacelle (Yaw system)	Vérification des boulons fixant le haut du palier d'orientation et la tour* Vérification des bruits anormaux Vérification du système de lubrification
Tour	Vérification de l'état du béton à l'intérieur et à l'extérieur de la tour Vérification des boulons entre la partie fondation et la tour, entre les sections de la tour et sur l'échelle* Vérification des brides et des cordons de soudure Vérification des plateformes Vérification du câble principal
Bras de couple	Vérification boulons Vérification et serrage de la connexion à la terre
Système d'inclinaison des pales (Vestas Pitch System)	Vérification des boulons du cylindre principal et du bras de manivelle Vérification des boulons de l'arbre terminal et des roulements
Multiplicateur	Changement d'huile et nettoyage du multiplicateur si nécessaire Vérification du niveau sonore lors du fonctionnement du multiplicateur Vérification des joints, de l'absence de fuite, etc... Vérification d'absence de fuites au niveau des points de lubrification

Inspection après 3 mois de fonctionnement

Les opérations de maintenance supplémentaires sont présentées ci-après.

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

Inspection après chaque année de fonctionnement

	Vérification des capteurs de débris
Huile du multiplicateur	Vérification du niveau d'huile Vérification des composants du bloc hydraulique et des pompes
Système de freinage	Vérification des étriers, des disques et des plaquettes de freins Inspection des entrées et des sorties de tuyaux
Générateur	Vérification des câbles électriques dans le générateur Vérification des fuites de liquides de refroidissement et de graisse Lubrification des roulements
Système de refroidissement par eau	Vérification du fonctionnement des pompes à eau Vérifications des tubes et des tuyaux Vérification du niveau de liquide de refroidissement
Vestas Cooler Top™	Vérification boulons
Système hydraulique	Vérification d'absence de fuites dans la nacelle, l'arbre principal et les pompes
Onduleur	vérification du fonctionnement de l'onduleur.
Capteur de vent et balisage aérien	Vérification du bon fonctionnement du balisage aérien et inspection visuelle du capteur de vitesse de vent.
Nacelle	Vérification boulons Vérification d'absence de fissures autour des raccords Vérification des points d'ancrage et des fissures autour de ceux-ci
Extérieur	Vérification de la protection de surface Nettoyage des têtes de boulons et d'écrous, des raccords, etc.
Transformateur	Inspection mécanique et électrique du transformateur
Sécurité générale	Inspection des câbles électriques Inspection du système de mise à la terre

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

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

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

5.3.3. Contrôles réglementaires périodiques

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

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

5.3.4. Maintenance curative

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

5.3.5. Stockage et flux de produits dangereux

Conformément à l'article 16 de l'arrêté du 26 août 2011 modifié par l'arrêté du 22 juin 2020, aucun matériel inflammable ou combustible ne sera stocké dans les éoliennes du parc en projet.

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

Nota : les produits de nettoyage (type solvant) ne sont pas présents sur le site mais sont apportés de manière ponctuelle par les techniciens lors des phases de maintenance.

5.4. Fonctionnement des réseaux de l'installation

5.4.1. Raccordements électriques

Trois réseaux sont nécessaires au bon fonctionnement d'un parc éolien :

- Le réseau HTA inter-éoliennes, qui achemine l'énergie produite par les éoliennes au(x) poste(s) de livraison,
- La liaison de télécommande qui permet la supervision du parc,
- La liaison HTA entre le ou les postes de livraison et le poste source Enedis.

Le schéma ci-dessous permet d'illustrer le raccordement électrique d'un parc éolien au réseau public :

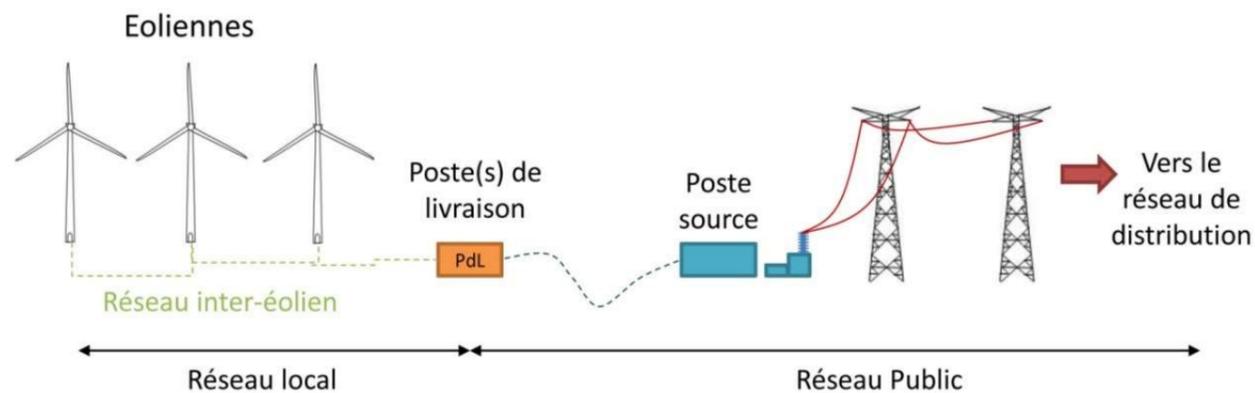


Figure 8 : Schéma de principe du raccordement électrique d'un parc éolien

5.4.1.1. Le réseau HTA inter-éoliennes et la liaison de télécommande

La tension de l'électricité produite par la génératrice de chaque éolienne est élevée à 20 000 Volts par des transformateurs intégrés dans le mât ou la nacelle de l'éolienne. Les éoliennes sont reliées entre elles par des câbles enfouis à une profondeur minimale de 80 cm, normalisés et prévus pour le transport d'un courant d'une tension de 20 000 V. Les liaisons enterrées inter-éoliennes, puis de raccordement vers les postes de livraison, sont réalisées soit en bordure de chemin ou sous la route si l'accotement n'est pas utilisable, soit directement au travers des terrains agricoles.

Ce réseau comporte également une liaison de télécommunication qui relie chaque éolienne au terminal de télésurveillance.

L'ensemble des installations du réseau d'évacuation d'électricité répond aux normes en vigueur et en particulier aux normes suivantes :

- NFC 15-100 : installations électriques basse tension ;
- NFC 13-200 : installations électriques haute tension ;
- NFC 13-100 : postes de livraison Haute tension/Basse tension raccordés à un réseau de distribution de seconde catégorie.

Par ailleurs, le pétitionnaire s'engage à respecter les dispositions de l'article **R323-40 modifié** par décret n°2018-1160 du 17 décembre 2018 - art. 4 (code de l'énergie) relatif à la conformité des ouvrages électriques situés en amont du point d'injection.

5.4.1.2. La liaison postes de livraison - poste source

L'énergie produite par le parc éolien est centralisée vers les postes de livraison et ensuite injectée sur le réseau Enedis ou RTE via une liaison HTA (20 000 V) enterrée et à réaliser entre les postes de livraison et le poste source Enedis ou RTE.

Trois postes sources sont présents dans les environs du projet :

- Saint-Nicolas-Du-Pélem ;
- Mûr-de-Bretagne ;
- Rostrenen.

A ce stade aucun de ces trois postes n'a été retenu.

Conformément aux informations transmises par ERDF, le choix définitif du poste de transformation sur lequel viendra se raccorder le parc éolien ne s'effectuera qu'après obtention de l'autorisation environnementale.

Le raccordement entre les postes de livraison du parc éolien et le poste de transformation représente un réseau électrique 20 kV enfoui le long des voies de circulation pour une longueur de 18 km maximum.

5.4.2. Autres réseaux

Le parc éolien de Landizès 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.

6. IDENTIFICATION DES POTENTIELS DE DANGERS DE L'INSTALLATION

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

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

6.1. Les potentiels de dangers liés aux produits

6.1.1. Préambule

Les risques associés aux différents produits sont :

- **L'incendie** : des produits combustibles sont présents dans l'éolienne. 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.

L'activité de production d'électricité par les éoliennes ne consomme pas de matières premières (hormis l'acier et/ou le béton qui ont été nécessaires à la construction des éoliennes), ne génère pas d'émission atmosphérique mais peut générer une petite quantité de déchets dans le cadre de l'exploitation des parcs.

Les produits identifiés dans le cadre du projet 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...), évacués selon la procédure adaptée¹³. Le détail concernant les produits de nettoyage et d'entretien des installations présents ponctuellement au moment des opérations d'entretien des machines sera apporté par l'exploitant au moment de la mise en service de l'installation.

Conformément à l'article 16 de l'arrêté du 26 août 2011 modifié par l'arrêté du 22 juin 2020 relatif aux installations éoliennes soumises à autorisation, aucun produit inflammable ou combustible n'est stocké dans les aérogénérateurs ou les postes de livraison (en dehors des produits nécessaires au fonctionnement de l'éolienne).

Rappel de la réglementation :

- Code de l'environnement articles L541-1 à L541-8 ;
- Directive 67/548/CEE du 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.

¹³ Voir demande d'autorisation environnementale - Procédure de Gestion des déchets

6.1.2. Inventaire des produits (source : Vestas)

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

- L'huile hydraulique (circuit haute pression) dont la quantité présente est de l'ordre de 250 litres ;
- L'huile de lubrification du multiplicateur dont la quantité présente est de l'ordre de 1000 litres ;
- L'eau glycolée (mélange d'eau et d'éthylène glycol), qui est utilisée comme liquide de refroidissement, dont le volume total de la boucle est d'environ 400 litres) ;
- Les graisses pour les roulements et systèmes d'entraînement ;
- L'hexafluorure de soufre (SF₆), qui est le gaz utilisé comme milieu isolant pour les cellules de protection électrique. La quantité présente varie entre 1,5 kg et 2,2 kg suivant le nombre de caissons composant la cellule.

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

6.2. Les potentiels de dangers liés au fonctionnement de l'installation

Les dangers liés au fonctionnement du parc éolien (hors causes externes) sont de cinq types :

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

Ces dangers potentiels sont recensés dans le tableau suivant :

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

Tableau 11 : Potentiels de dangers liés au fonctionnement de l'installation

6.3. Réduction des potentiels de dangers à la source

Le porteur du projet a veillé à réduire autant que possible les potentiels de dangers en intégrant cet aspect dans la conception du projet. Les modèles d'éoliennes retenus sont certifiés ce qui contribue à assurer une sécurité optimale de l'installation.

6.3.1. Réduction des potentiels de dangers lors de la conception du projet

Les éoliennes doivent être légalement éloignées d'au minimum 500 m des habitations. La distance minimale aux habitations observée sur ce projet est de 536 m (Hameau de Kerveccher).

Les éoliennes sont implantées sur des terrains agricoles. Les principaux enjeux rencontrés dans le périmètre de l'étude de dangers (soit dans le rayon des 500 m autour des éoliennes) sont ceux liés à la présence de quelques voies de circulation non structurantes (dessertes locales et chemins d'exploitation).

Dans le périmètre de l'étude, on ne note aucune voie de circulation structurante¹⁴, aucune voie ferrée, ni voie navigable, aucun terrain aménagé, aucun établissement recevant du public et aucune zone d'activité.

¹⁴ C'est-à-dire présentant un trafic moyen supérieur à 2000 véhicule par jour

6.3.2. Réduction des potentiels de dangers par le choix des caractéristiques de l'éolienne

L'éolienne choisie est une éolienne de conception récente certifiée, respectant les normes européennes.

En ce qui concerne la résistance aux vents extrêmes, les éoliennes retenues présenteront les caractéristiques de la classe IEC I (norme IEC 61400-1), vérifiées conformes aux caractéristiques de vent du site. La classification de l'éolienne, les normes de sécurité appliquées, ainsi que les principaux systèmes de sécurité de l'éolienne retenue sont décrits au paragraphe 4.2.2 – Sécurité de l'installation.

Concernant la projection de bris de glace, la réduction des dangers est assurée via un système de déduction de formation de glace sur l'éolienne avec arrêt automatique de l'éolienne (voir fonction de sécurité n°1 du paragraphe 8.6 – Mise en place des mesures de sécurité). Conformément à la réglementation ICPE, des panneaux d'information seront mis en place pour informer les riverains des risques éventuels. L'option dégivrage des pales (pales chauffantes) a également été retenue pour les éoliennes du projet.

Concernant les incendies, la majorité des matériaux composant les éoliennes sont incombustibles. La maintenance permettra également de repérer et d'endiguer (si besoin est) les fuites de lubrifiants. Des extincteurs sont mis à disposition dans chaque éolienne. La voie d'accès sera entretenue de manière régulière pour faciliter le passage des pompiers. On notera également la présence d'extincteurs et de systèmes de protection anti-incendie à l'intérieur de chaque éolienne.

Concernant les feux de forêt, les recommandations pour le projet du SDIS seront respectées. Elles visent à réduire le risque de propagation d'un incendie (débroussaillage) et faciliter l'intervention des secours en cas de feu (maintien d'un accès permanent aux éoliennes et autres équipements pour les véhicules de secours).

Une maintenance régulière permet de prévenir les accidents type bris de pales, chute d'objets.

Concernant les dangers associés à la foudre, des systèmes parafoudres internes et externes (paratonnerre) sont prévus pour chaque éolienne.

Le balisage des éoliennes permet de les distinguer plus facilement de jour comme de nuit et ainsi d'éviter des collisions avec les aéronefs.

Une surveillance constante effectuée via les capteurs placés sur l'éolienne permet de détecter les dérives de fonctionnement du système.

6.3.3. Substitution des équipements

Les dangers des équipements sont principalement dus au caractère mobile de ceux-ci (pièces en rotation) et à leur situation (à plusieurs dizaines de mètres au-dessus du sol). Ceci peut entraîner des chutes ou projections de pièces au sol. Un autre danger est lié à la présence d'installations électriques avec des tensions élevées (jusqu'à 20 000 volts), dont le dysfonctionnement peut être à l'origine d'incendies.

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

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

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

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

6.3.4. Réduction des dangers liés aux produits

Les plus gros volumes de produits présents dans une éolienne sont les lubrifiants (plusieurs centaines de litres). Les lubrifiants sont contrôlés et partiellement renouvelés tous les 6 mois à 5 ans selon le type.

Les quantités de produits ne peuvent être diminuées et les produits lubrifiants en eux-mêmes ne peuvent faire l'objet de substitution (considérés comme non dangereux pour l'environnement si utilisés comme recommandés et combustibles mais non inflammables).

Les produits de nettoyage de type solvant, classés comme dangereux pour l'environnement peuvent quant à eux potentiellement faire l'objet de substitution. On rappelle cependant que ces produits ne sont utilisés que de manière ponctuelle et ne sont pas présents sur le site.

La réduction des dangers liés aux produits dépend donc essentiellement de la bonne maintenance des appareils et du respect des règles de sécurité. Une attention particulière devra également être portée au transport des lubrifiants sur le site lors des phases de renouvellement.

6.3.5. Utilisation des meilleures techniques disponibles

La directive relative aux émissions industrielles (2010/75/UE dite IED transposée) définit une **approche intégrée** de la prévention et de la réduction des pollutions émises par les installations industrielles et agricoles entrant dans son champ d'application. Un de ses principes directeurs est le recours aux **meilleures techniques disponibles (MTD)** afin de prévenir les pollutions de toutes natures. Elle impose aux États membres de fonder les conditions d'autorisation des installations concernées sur les performances des MTD. La directive IED remplace la directive 2008/1/CE, dite directive IPPC (*Integrated Pollution Prevention and Control*), relative à la prévention et à la réduction intégrées de la pollution.

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

7. ANALYSE DES RETOURS D'EXPERIENCE

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

7.1. Inventaire des accidents et incidents en France

Un inventaire des incidents et accidents en France a été réalisé afin d'identifier les principaux phénomènes dangereux potentiels pouvant affecter un parc éolien. Cet inventaire se base sur la base de données ARIA du Ministère du Développement Durable, permettant d'arriver à un inventaire aussi complet que possible des incidents survenus 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.

Au 18 novembre 2022, **96 accidents majeurs** ont été recensés en France. Cette synthèse exclut les accidents de construction et les événements qui n'ont pas conduit à des effets sur les zones autour des aérogénérateurs. A ce jour, à l'exception des opérations de maintenance, aucun des accidents français n'a entraîné de victime.

Le graphique suivant montre **la répartition de ces événements accidentels** survenus sur le parc d'aérogénérateurs français **entre 2002 et 2022**.

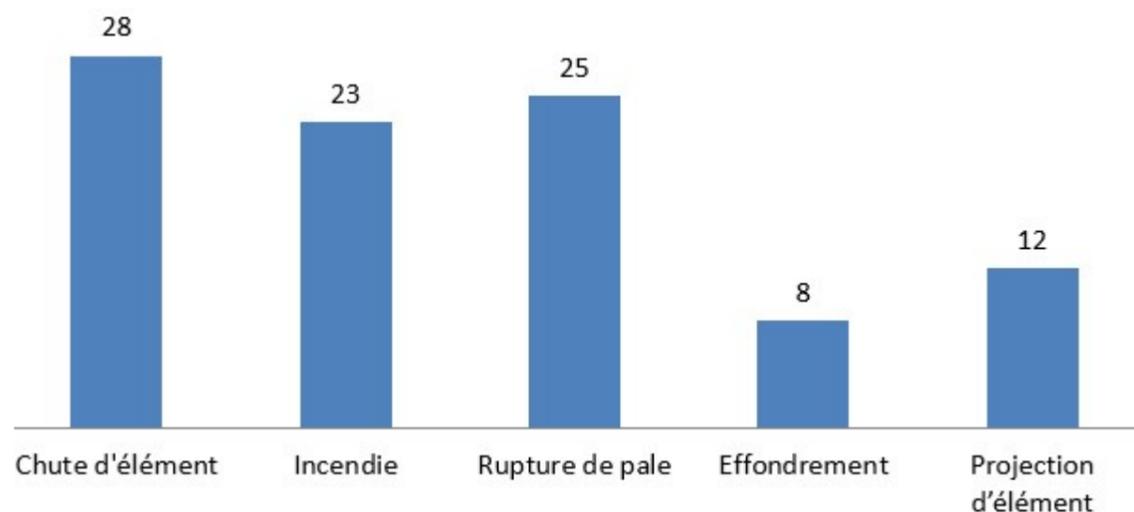


Figure 9 : Répartition des accidents du parc éolien français (base ARIA - 2002-2022)

Par ordre d'importance, les accidents les plus recensés sont les chutes d'élément, les incendies (hors incendies criminels), les ruptures de pale, les projections d'élément ou de pale et les effondrements.

7.2. Inventaire des accidents et incidents à l'international

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

La synthèse ci-dessous provient de l'analyse de la base de données réalisée par l'association **Caithness Wind Information Forum**¹⁵ (CWIF). Seuls les « accidents majeurs » ont été considérés. Les autres concernant plutôt des accidents du travail, des presque-accidents, des incidents, etc. n'ont pas été pris en compte dans l'analyse.

A fin septembre 2019, 998 accidents pouvant être considérés comme des accidents majeurs (effondrements, ruptures de pale et incendie) sont recensés au niveau mondial. Le graphique suivant montre la répartition de ces événements accidentels :

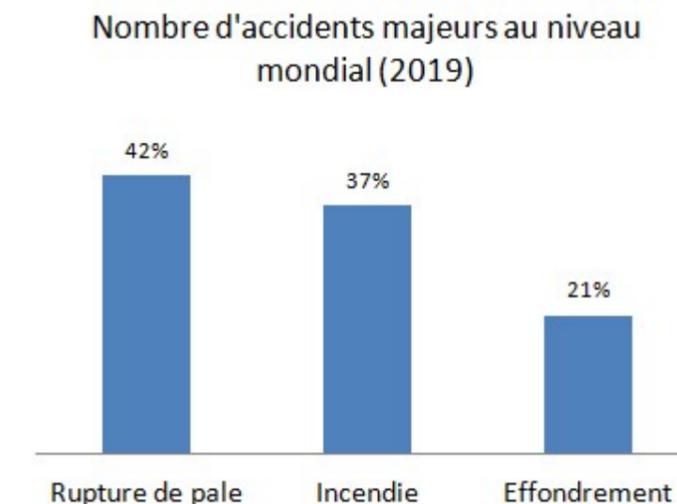


Figure 10 : Répartition des événements accidentels majeurs dans le monde (CWIF 2019)

Soit pour les ruptures de pale, 42% des accidents majeurs contre 44% à fin 2010, 37% d'incendies contre 32% à fin 2010 et 21% d'effondrements contre 24% à fin 2010.

A la page suivante, est présenté le recensement des causes premières pour chacun des événements accidentels recensés au niveau mondial (données en répartition par rapport à la totalité des accidents analysés). Cette analyse des causes premières est celle effectuée par le groupe de travail Ineris/SER/FEE au moment de la rédaction du guide de l'étude de dangers en 2012.

¹⁵ <http://www.caithnesswindfarms.co.uk/AccidentStatistics.htm>

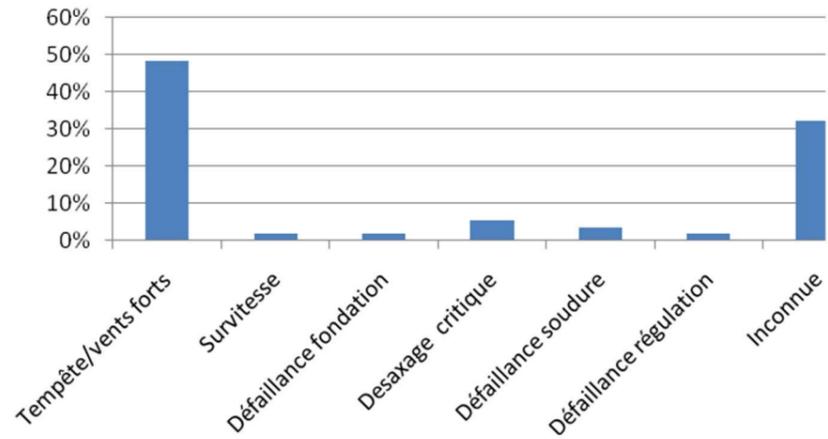


Figure 11 : Répartition des causes premières d'effondrement, SER-FEE 2012

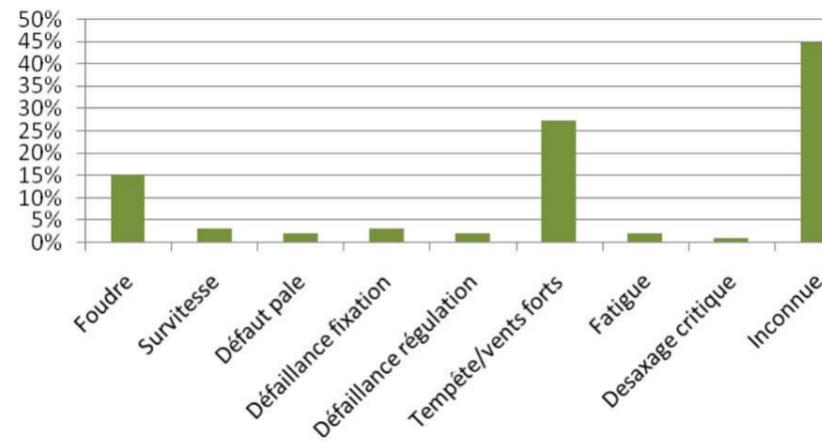


Figure 12 : Répartition des causes premières de rupture de pale, SER-FEE 2012

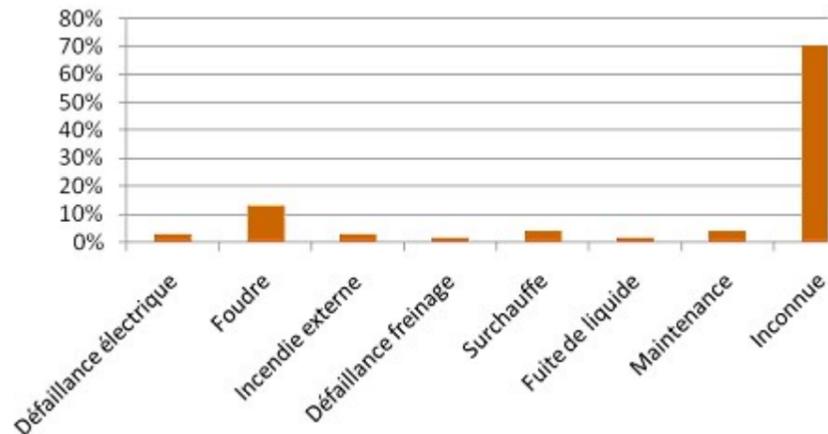


Figure 13 : Répartition des causes premières d'incendie, SER-FEE 2012

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

7.3. Inventaires des accidents majeurs survenus sur les sites de l'exploitant

D'après le guide de l'étude de dangers éolienne [19], la liste des accidents survenus sur le site de l'exploitant doit être fournie en cas d'extension d'une installation existante du même exploitant, ce qui n'est pas le cas ici.

7.4. Synthèse des phénomènes dangereux redoutés issus du retour d'expérience

7.4.1. Analyse de l'évolution des accidents et incidents en France

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

Les figures ci-dessous montrent cette évolution entre 2002 et 2022. Il apparaît que le nombre d'accidents (par éolienne) a fortement décru en début de période (second graphe) pour se stabiliser depuis 10 ans à **entre 1 et 2 accidents par an pour 1000 éoliennes installées** (soit moins de 10 accidents par an pour les 4 dernières années). Cette tendance s'explique principalement par un parc éolien français assez récent, qui utilise majoritairement des éoliennes de nouvelle génération, équipées de technologies plus fiables et plus sûres.

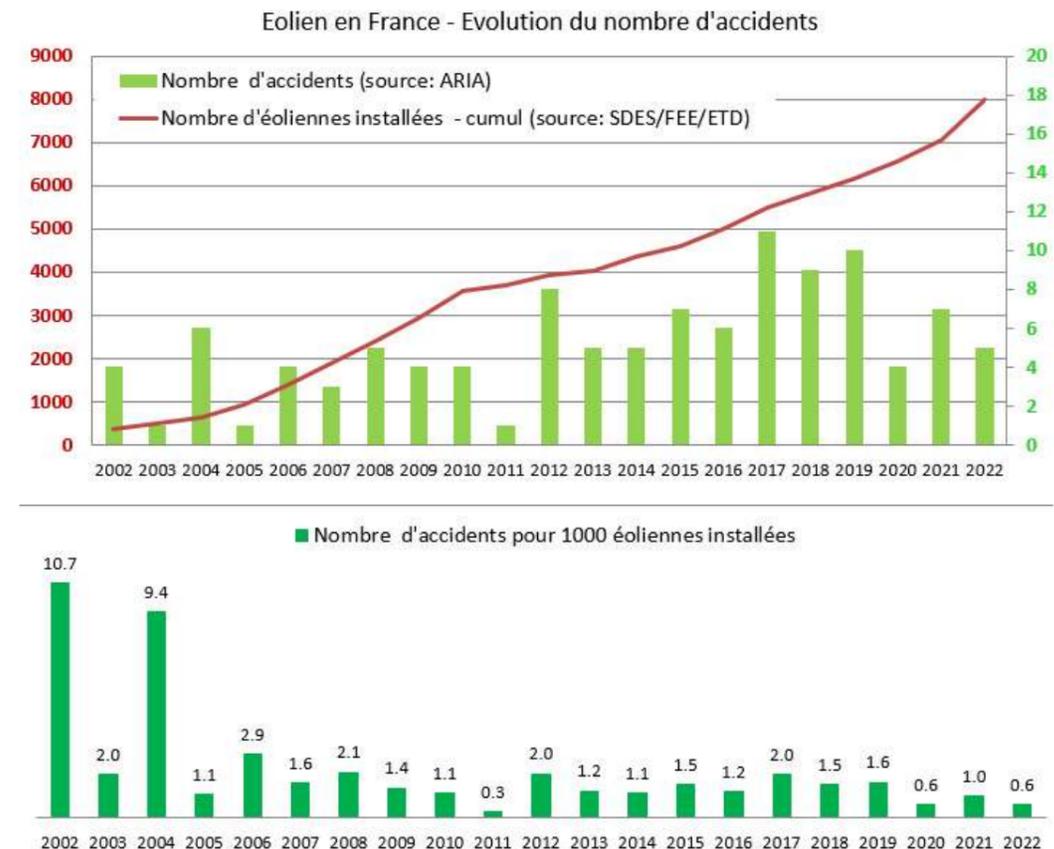


Figure 14 : Evolution du nombre d'accidents en France (ETD - 2022)

7.4.2. Analyse des typologies d'accidents les plus fréquents

7.4.2.1. Cause des accidents

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

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

7.4.2.2. Effondrement d'une machine, perte de pales

D'après le Conseil Général des Mines, la première cause d'accident est la perte de tout ou partie d'une pale, causée par 2 phénomènes :

- une faiblesse dans la structure de la pale ;
- une mise en survitesse de la machine (ex : Port-la-Nouvelle, carence des dispositifs de sécurité).

L'effondrement d'une éolienne peut avoir d'autres origines : tempête, fondations mal réalisées, erreur de calcul, etc. Cependant, ce risque est très limité quant à ses conséquences, qui sont circonscrites au périmètre d'effondrement (soit la taille de l'éolienne).

La réglementation actuelle, exigeant une distance minimale de 500 mètres par rapport aux habitations et zones destinées à l'habitation, permet d'écarter ce risque pour les riverains. On ajoutera que peu de personnes se rendent à proximité des éoliennes lors d'une tempête, limitant d'emblée ce risque pour d'éventuels promeneurs.

7.4.2.3. Incendie

L'incendie d'une nacelle à une centaine de mètres d'altitude est impossible à éteindre s'il n'est pas traité dès le départ avec un extincteur. Ces incendies peuvent être causés par des défaillances du système électrique ou des systèmes de lubrification ou de refroidissement, par une survitesse du rotor, ou par des actes de malveillance. Cette éventualité, pouvant avoir plusieurs causes, a tout de même un impact mesuré et encadré.

7.4.2.4. Projection de glace

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 (De) = 1,5 x (hauteur de moyeu + diamètre de rotor)

7.4.2.5. Accidents du travail

La grande majorité des accidents qui concernent les éoliennes relèvent des accidents du travail, et sont liés soit au travail à grande hauteur, soit au matériel électrique ou mécanique. Ces accidents relèvent de la réglementation hygiène et sécurité du travail.

7.4.2.6. Synthèse et atteinte aux personnes

L'analyse précédente a montré que les incidents liés aux éoliennes de par le monde étaient relativement peu nombreux. D'après les données disponibles les incidents de type chute d'éolienne, projection de débris ou de glace, ou incendie sur les éoliennes n'ont jamais été à l'origine de décès de personnes extérieures à l'exploitation dans le monde. Par ailleurs l'analyse des accidents en France ne montre aucun blessé en dehors du personnel de maintenance.

7.5. Limites d'utilisation de l'accidentologie

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

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

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

8. ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES

8.1. Objectif de l'analyse préliminaire des risques

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

Les scénarios d'accidents potentiels sont d'abord 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'accidents majeurs, ces derniers pouvant avoir des conséquences sur les personnes tierces.

8.2. Recensement des événements initiateurs exclus de l'analyse des risques

Comme cela est précisé dans la circulaire du 10 mai 2010, les événements 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 ;
- Evénements 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.

Du fait du choix du site d'implantation, certains risques ont été volontairement écartés de l'analyse des risques, il s'agit de :

- Avalanche : site en dehors d'une zone concernée ;
- Inondations / crues : site non concerné d'après les plans de prévention en vigueur ;
- Houle, vague : site non concerné ;
- Tsunami : site non concerné car à plus de 50 km de l'océan ;
- Accident ferroviaire : site non concerné, aucune voie de chemin de fer dans le périmètre de l'étude.

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

- 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.

8.3. 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, une forte tempête peut endommager une éolienne et conduire à la destruction du rotor. Traditionnellement, deux types d'agressions externes sont identifiés : d'une part les agressions externes liées aux activités humaines, et d'autre part les agressions externes liées à des phénomènes naturels.

8.3.1. Agressions externes liées aux activités humaines

Dans le tableau qui suit figure l'estimation des distances minimales séparant chaque aérogénérateur des éventuelles sources d'agression potentielle. 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.

(Distance par rapport au mât des éoliennes)	Voies de circulation	Autres éoliennes	Lignes THT
Fonction	Transport	Production d'électricité	Transport d'électricité
Evénement redouté	Accident entraînant la sortie de voie d'un ou plusieurs véhicules	Accident générant des projections d'éléments	Rupture de câble
Danger potentiel	Energie cinétique des véhicules et flux thermiques	Energie cinétique des éléments projetés	Arc électrique, surtensions
Périmètre	200 m	500 m	200 m
E1	-	-	-
E2	138 m (route communale)	403 m (E3)	-
E3	-	403 m (E2) 473 m (E4)	-
E4	87 m (chemin agricole)	473 m (E3)	-

Tableau 12 : Principales agressions externes liées aux activités humaines

Par ailleurs : aucun aérodrome n'est présent dans un rayon de 2 km des éoliennes. Aucune installation classée pour l'environnement (autre que les autres éoliennes du projet) n'est présente dans un rayon de 500 m des éoliennes. Il n'existe aucune ligne THT de transport électrique, ni aucune canalisation de transport de gaz, hydrocarbures ou produits chimiques à moins de 200 m des éoliennes.

8.3.2. Agressions externes liées aux phénomènes naturels

8.3.2.1. Généralités

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 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 (voir paragraphe 8.6 - Mise en place des mesures de sécurité à la page 45). 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.

8.3.2.2. Identification des agressions potentielles

En ce qui concerne les phénomènes naturels, les agressions externes potentielles à considérer sont les :

- Les tempêtes ;
- La formation de glace ;
- Les cavités.

a) Les tempêtes

Les vents violents peuvent être la cause de détériorations de structures, de chute/pliage de mât, de survitesse des pales et de projection de pales. Les vents violents sont pris en compte dans le dimensionnement des éoliennes.

Du point de vue de la résistance aux vents extrêmes, l'éolienne retenue présentera les caractéristiques de la classe de vent IEC I (norme IEC 61400-1), qui seront vérifiées conformes aux caractéristiques de vent du site (voir à ce sujet le paragraphe 4.2.2 – Sécurité de l'installation).

b) La formation de glace ou l'accumulation de neige

Il n'est pas rare que de la glace se forme sur les éoliennes en période hivernale, que ce soit sur les pales, le moyeu ou sur la nacelle. L'augmentation de température entraînant la fonte partielle ou la mise en rotation du rotor peuvent alors provoquer des chutes de glace ou des projections de morceaux de glace.

A noter que les machines sont équipées d'un système de détection par déduction de la formation de glace sur les pales de l'aérogénérateur.

c) Les cavités

On recense un certain nombre de cavités souterraines à proximité (voir paragraphe 4.2.2.4 à la page 17).

Des analyses géotechniques et pédologiques seront menées sur les points d'implantation des éoliennes. Cette étude de sol permettra de déterminer la technologie de fondation la plus adaptée au sol concerné, et de vérifier l'absence de cavité au droit des éoliennes.

Par ailleurs, le projet figure en zone de sismicité 2 (faible). Il sera tenu de respecter les règles de construction parasismique.

8.4. Scénarios étudiés dans l'analyse préliminaire des risques

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

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

- une description des causes et de leur séquençage (événements initiateurs et événements intermédiaires) ;
- une description des événements redoutés centraux qui marquent la partie incontrôlée de la séquence d'accident ;
- une description des fonctions de sécurité permettant de prévenir l'événement redouté central ou de limiter les effets du phénomène dangereux (voir le tableau des fonctions de sécurité au paragraphe 7.6 - *Mise en place des mesures de sécurité*) ;
- une description des phénomènes dangereux dont les effets sur les personnes sont à l'origine d'un accident ;
- une évaluation qualitative de l'intensité de ces événements.

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.

L'annexe 5 du présent document apporte un certain nombre de précisions par rapport à chacun des scénarios étudiés dans le cadre de l'analyse préliminaire des risques.

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 sont regroupés et numérotés par thématique, en fonction des typologies d'événements redoutés centraux identifiés (« G » pour les scénarios concernant la glace, « I » pour ceux concernant l'incendie, « F » pour ceux concernant les fuites, « C » pour ceux concernant la chute d'éléments de l'éolienne, « P » pour ceux concernant les risques de projection, « E » pour ceux concernant les risques d'effondrement).

N°	Evénement initiateur	Evénement intermédiaire	Evénement redouté central	Fonction de sécurité (intitulé générique et N°)	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 (fonction N°2) <i>Option : prévenir la formation de glace sur les pales (N°15)</i>	Impact de glace sur les enjeux	1	
G02		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 (fonction N°1) <i>Option : prévenir la formation de glace sur les pales (N°15)</i>		2	
I01	Humidité / Gel	Court-circuit	Incendie de tout ou partie de l'éolienne	Prévenir les courts-circuits (fonction N°5)	Chute/projection d'éléments enflammés Propagation de l'incendie	2	
I02	Dysfonctionnement électrique			Prévenir l'échauffement significatif des pièces mécaniques Prévenir la survitesse (fonction N°4)			
I03	Survitesse	Echauffement des parties mécaniques et inflammation	Prévenir l'échauffement significatif des pièces mécaniques (fonction N°3)				
I04	Désaxage de la génératrice / Pièce défectueuse / Défaut de lubrification						
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
I06	Rongeur						
I07	Défaut d'étanchéité	Perte de confinement	Fuites d'huile isolante	Prévention et rétention des fuites (N°8)			Incendie au poste de transformation Propagation de l'incendie
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	

N°	Evénement initiateur	Evénement intermédiaire	Evénement redouté central	Fonction de sécurité (intitulé générique et N°)	Phénomène dangereux	Qualification de la zone d'effet
F02	Renversement de fluides lors des opérations de maintenance	Ecoulement				
C01	Défaut de fixation	Chute de trappe	Chute d'élément de l'éolienne	Prévenir les erreurs de maintenance (N°10)	Impact sur cible	1
C02	Défaillance fixation anémomètre	Chute anémomètre		Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N°9)		
C3	Défaut fixation nacelle – pivot central – mât	Chute nacelle				
P01	Survitesse	Contraintes trop importantes sur les pales	Projection de tout ou partie de pale	Prévenir la survitesse (N°4)	Impact sur cible	2
P02	Fatigue Corrosion	Chute de fragment de pale		Prévenir la dégradation de l'état des équipements (N°11) Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N°9)		
P03	Serrage inapproprié Erreur maintenance – desserrage			Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N°9) Prévenir les erreurs de maintenance (N°10)		
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					
E05	Crash d'aéronef					
E07	Effondrement engin de levage travaux				Chute fragments et chute mât	

N°	Evénement initiateur	Evénement intermédiaire	Evénement redouté central	Fonction de sécurité (intitulé générique et N°)	Phénomène dangereux	Qualification de la zone d'effet
E08	Vents forts	Défaillance fondation		Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N°9) Prévenir les risques de dégradation de l'éolienne en cas de vent fort (N°12)		
E09	Fatigue	Défaillance mât		Prévenir la dégradation de l'état des équipements (N°11)	Projection/chute fragments et chute mât	
E10	Désaxage critique du rotor	Impact pale – mât		Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) (N°9) Prévenir les erreurs de maintenance (N°10)		

Tableau 13 : Tableau synthétique des risques

8.5. 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 ».

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 ».

Mis à part les éoliennes du projet, il n'existe aucune autre installation classée dans le périmètre d'étude du projet. Le guide de l'INERIS [19] préconise de négliger les effets dominos potentiels pour les installations ICPE situées à plus de 100 mètres des éoliennes.

8.6. Mise en place des mesures de sécurité

Le tableau suivant synthétise les fonctions de sécurité identifiées et mise en œuvre sur les éoliennes du projet. Les aspects relatifs aux fonctions de sécurité qui sont détaillés sont les suivants :

- **Fonction de sécurité** : il est proposé un tableau par fonction de sécurité. Cet intitulé décrit l'objectif de la ou des mesure(s) de sécurité : il s'agira principalement d'« empêcher, éviter, détecter, contrôler ou limiter » et sera en relation avec un ou plusieurs événements conduisant à un accident majeur identifié dans l'analyse des risques. Plusieurs mesures de sécurité peuvent assurer une même fonction de sécurité.
- **Numéro de la fonction de sécurité** : vise à simplifier la lecture de l'étude de dangers en permettant des renvois à l'analyse de risque par exemple.
- **Mesures de maîtrise des risques** : permet d'identifier les mesures assurant la fonction concernée. Dans le cas de systèmes instrumentés de sécurité, tous les éléments de la chaîne devront être présentés (détection + traitement de l'information + action).
- **Description** : 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. Il s'agit de vérifier qu'une mesure de sécurité est bien dimensionnée pour remplir la fonction qui lui a été assignée.
- **Test (fréquence)** : dans ce champ sont rappelés les tests/essais qui seront réalisés sur les mesures de maîtrise des risques. Conformément à la réglementation, un essai d'arrêt, d'arrêt d'urgence et d'arrêt à partir d'une situation de survitesse seront réalisés avant la mise en service de l'aérogénérateur. Dans tous les cas, les tests effectués sur les mesures de maîtrise des risques seront tenus à la disposition de l'inspection des installations classées pendant l'exploitation de l'installation.
- **Maintenance (fréquence)** : Ce critère porte sur la périodicité des contrôles qui permettront de vérifier la performance de la mesure de maîtrise des risques dans le temps. Pour rappel, la réglementation demande qu'à minima : un contrôle tous les ans soit réalisé sur la performance des mesures de sécurité permettant de mettre à l'arrêt, à l'arrêt d'urgence et à l'arrêt à partir d'une situation de survitesse et sur tous les systèmes instrumentés de sécurité.

Fonction de sécurité	Prévenir la mise en mouvement de l'éolienne lors de la formation de glace	N° de la fonction de sécurité	1
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 redondant du givre permettant, en cas de détection de glace, une mise à l'arrêt 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), des systèmes additionnels peuvent être envisagés.		
Temps de réponse	Quelques minutes (<60 min.) conformément à l'article 25 de l'arrêté du 26 août 2011		
Efficacité	100 %		
Tests	Tests menés par le concepteur au moment de la construction de l'éolienne		
Maintenance	Vérification du système au bout de 3 mois de fonctionnement puis maintenance de remplacement en cas de dysfonctionnement de l'équipement		

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

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

Fonction de sécurité	Prévenir la survitesse	N° de la fonction de sécurité	4-a
Mesures de sécurité	Détection de vent fort et freinage aérodynamique par le système de contrôle.		
Description	L'éolienne est mise à l'arrêt si la vitesse de vent mesurée dépasse la vitesse maximale de 27 m/s. Cet arrêt est réalisé par le frein aérodynamique de l'éolienne avec mise en drapeau des pales (le freinage est effectué en tournant ensemble les 3 pales à un angle de 85 à 90°, afin de positionner celles-ci en position où elles offrent peu de prise au vent). Cette mise en drapeau est effectuée par le système d'inclinaison des pales « Vestas Pitch System ».		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	Temps de détection de l'ordre de la seconde Mise en pause de la turbine < 1 min L'exploitant ou l'opérateur désigné sera en mesure de transmettre l'alerte aux services d'urgence compétents dans un délai de 15 minutes suivant l'entrée en fonctionnement anormal de l'aérogénérateur conformément aux dispositions de l'arrêté du 26 août 2011.		
Efficacité	100 %		
Tests	Test d'arrêt simple, d'arrêt d'urgence et de la procédure d'arrêt en cas de survitesse avant la mise en service des aérogénérateurs conformément à l'article 15 de l'arrêté du 26 août 2011. Tests à chaque maintenance préventive.		
Maintenance	Maintenance de remplacement en cas de dysfonctionnement de l'équipement.		

	Vérification du système au bout de 3 mois de fonctionnement puis contrôle annuel conformément à l'article 18 de l'arrêté du 26 août 2011.
--	---

Fonction de sécurité	Prévenir la survitesse	N° de la fonction de sécurité	4-b
Mesures de sécurité	Détection de survitesse du générateur		
Description	Les vitesses de rotation du générateur et de l'arbre lent sont mesurées et analysées en permanence par le système de contrôle. Cette mesure redondante permet de limiter les défaillances liées à un seul capteur. En cas de discordance des mesures, l'éolienne est mise à l'arrêt. Si la vitesse de rotation est supérieure à la vitesse d'alarme, l'éolienne est considérée comme étant en survitesse et est donc mise à l'arrêt.		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	Temps de détection de l'ordre de la seconde Mise en pause de la turbine < 1 min L'exploitant ou l'opérateur désigné sera en mesure de transmettre l'alerte aux services d'urgence compétents dans un délai de 15 minutes suivant l'entrée en fonctionnement anormal de l'aérogénérateur conformément aux dispositions de l'arrêté du 26 août 2011.		
Efficacité	100 %		
Tests	Test d'arrêt simple, d'arrêt d'urgence et de la procédure d'arrêt en cas de survitesse avant la mise en service des aérogénérateurs conformément à l'article 15 de l'arrêté du 26 août 2011. Tests à chaque maintenance préventive (tous les ans).		
Maintenance	Maintenance de remplacement en cas de dysfonctionnement de l'équipement. Vérification du système au bout de 3 mois de fonctionnement puis contrôle annuel conformément à l'article 18 de l'arrêté du 26 août 2011.		

Fonction de sécurité	Prévenir la survitesse	N° de la fonction de sécurité	4-C
Mesures de sécurité	Vestas Overspeed Guard » (VOG)		
Description	En complément aux capteurs de mesure de vitesse, un système instrumenté de sécurité est présent (automate totalement indépendant de l'automate de conduite utilisé pour la fonction 4-b), et dispose d'un capteur de vitesse de rotation disposé sur l'arbre lent. Le dépassement d'une certaine vitesse de rotation sur l'arbre lent conduit à la mise à l'arrêt de la machine par mise en drapeau des pales (cette mise en drapeau est assurée par le circuit hydraulique avec l'assistance complémentaire des accumulateurs disposés sur les vérins). En cas d'arrêt par survitesse (déclenchement du VOG), l'éolienne ne peut pas être redémarrée à distance. Il est nécessaire de venir acquitter localement le défaut et d'effectuer un contrôle de la machine avant de relancer l'éolienne.		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	Temps de détection < 1 min Le couplage du système de détection de survitesse au système SCADA permet l'envoi en temps réel d'alertes par SMS et par courriel, selon les instructions de l'exploitant. L'exploitant sera ainsi en mesure de transmettre l'alerte aux services d'Urgence compétents dans un délai de 15 minutes suivant l'entrée en fonctionnement anormal de l'aérogénérateur conformément à l'article 23 de l'arrêté du 26 août 2011.		
Efficacité	100 %		
Tests	Lors de la mise en service de l'aérogénérateur, une série de tests (arrêts simples, d'urgence et de survitesse) est réalisée afin de s'assurer du fonctionnement et de la sécurité de l'éolienne conformément à l'article 15 de l'arrêté du 26 août 2011.		
Maintenance	Vérification du système au bout de 3 mois de fonctionnement puis contrôle annuel conformément à l'article 18 de l'arrêté du 26 août 2011.		

Fonction de sécurité	Prévenir les courts-circuits	N° de la fonction de sécurité	5
Mesures de sécurité	Détecteur d'arc avec coupure électrique (salle transformateur et armoires électriques).		
Description	Outre les protections traditionnelles contre les surintensités et les surtensions, les armoires électriques disposées dans les nacelles Vestas (qui abritent les divers jeux de barres), sont équipées de détecteurs d'arc électrique. Ce système de capteurs photosensibles a pour objectif de détecter toute formation d'un arc électrique (caractéristique d'un début d'amorçage) qui pourrait conduire à des phénomènes de fusion de conducteurs et de début d'incendie. Le fonctionnement de ces détecteurs commande le déclenchement de la cellule HT située en pied de mât, conduisant ainsi à la mise hors tension de la machine. La remise sous tension puis le recouplage de la machine ne peuvent être faits qu'après inspection visuelle des éléments HT de la nacelle, puis du réarmement du détecteur d'arc et de l'acquiescement manuel du défaut.		
Indépendance	Oui		

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

Fonction de sécurité	Prévenir les effets de la foudre	N° de la fonction de sécurité	6
Mesures de sécurité	Système de protection contre la foudre conçu pour répondre à la classe de protection I de la norme internationale IEC 61400.		
Description	Compte tenu de leur situation et des matériaux de construction, les pales sont les éléments les plus sensibles à la foudre. Des pastilles métalliques en acier inoxydable permettant de capter les courants de foudre sont disposées à intervalles réguliers sur les deux faces des pales. Elles sont reliées entre elles par une tresse en cuivre, interne à la pale. Le pied de pale est muni d'une plaque métallique en acier inoxydable, sur une partie de son pourtour, raccordée à la tresse de cuivre. Un dispositif métallique flexible (nommé LCTU – Lightning Current Transfer Unit) assure la continuité électrique entre la pale et le châssis métallique de la nacelle (il s'agit d'un système de contact glissant comportant deux points de contact par pale). Ce châssis est relié électriquement à la tour, elle-même reliée au réseau de terre disposé en fond de fouille. En cas de coup de foudre sur une pale, le courant de foudre est ainsi évacué vers la terre via la fondation et des prises profondes.		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	Immédiat, dispositif passif		
Efficacité	100 %		
Tests	Avant la première mise en route de l'éolienne, une mesure de mise à la terre est effectuée.		
Maintenance	Contrôle visuel des pales et des éléments susceptibles d'être impactés par la foudre inclus dans les opérations de maintenance, conformément à l'article 9 de l'arrêté du 26 août 2011.		

Fonction de sécurité	Protection et intervention incendie	N° de la fonction de sécurité	7
Mesures de sécurité	1. Sondes de température sur pièces mécaniques. Suivant les niveaux d'alarme et les capteurs, la machine peut être bridée ou mise à l'arrêt jusqu'à refroidissement. Le redémarrage peut être effectué à distance, si les seuils de température sont au-dessous des seuils d'alarme. 2. Système de détection incendie		
Description	1. Des sondes de température sont mises en place sur les équipements ayant de fortes variations de température au cours de leur fonctionnement (paliers et roulements des machines tournantes, enroulements du générateur et du transformateur). Ces sondes ont des seuils hauts qui, une fois dépassés, conduisent à une alarme et à une mise à l'arrêt du rotor. 2. Les éoliennes sont équipées par défaut d'un système autonome de détection composé de plusieurs capteurs de fumée et de chaleur disposés aux possibles points d'échauffements tels que : <ul style="list-style-type: none"> - La chambre du transformateur - Le générateur - La cellule haute tension - Le convertisseur - Les armoires électriques principales - Le système de freinage. En cas de détection, une sirène est déclenchée, l'éolienne est mise à l'arrêt en « emergency stop » et isolement électrique par ouverture de la cellule en pied de mât. De façon concomitante un message d'alarme est envoyé au centre de télésurveillance via le système de contrôle commande. Le système de détection incendie est alimenté par le réseau secouru (UPS). Vis-à-vis de la protection incendie, deux extincteurs sont présents dans la nacelle et un extincteur est disponible en pied de tour (utilisables par le personnel sur un départ de feu).		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	Temps de détection de l'ordre de la seconde Le couplage des éléments de détection de fumée au système SCADA permet l'envoi en temps réel d'alertes par SMS et par courriel, selon les instructions de l'exploitant. L'exploitant sera ainsi en mesure de transmettre l'alerte aux services d'Urgence compétents dans un délai de 15 minutes suivant l'entrée en fonctionnement anormal de l'aérogénérateur conformément à l'article 23 de l'arrêté du 26 août 2011.		
Efficacité	100%		
Tests	Test des détecteurs de fumée à la mise en service puis tous les ans.		
Maintenance	Contrôle tous les ans et au bout de 3 mois de fonctionnement du système de détection incendie pour être conforme à l'article 18 de l'arrêté du 26 août 2012 Le matériel incendie (extincteurs) est contrôlé périodiquement par un organisme spécialisé. Maintenance prédictive sur les capteurs de température.		

Fonction de sécurité	Prévention et rétention des fuites	N° de la fonction de sécurité	8
Mesures de sécurité	<ol style="list-style-type: none"> Détecteurs de niveau d'huile et capteurs de pression Capteur de niveau du circuit de refroidissement (niveau bas alarmé avec arrêt après temporisation) Procédure d'urgence Kit antipollution Bacs de rétention 		
Description	<p>1. Le circuit hydraulique est équipé de capteurs de pression (une mesure de pression dans le bloc hydraulique de chaque pale) permettant de s'assurer de son bon fonctionnement. Toute baisse de pression au-dessous d'un seuil préalablement déterminé, conduit au déclenchement de l'arrêt du rotor (mise en drapeau des pales). Afin de pouvoir assurer la manœuvre des pales en cas de perte du groupe de mise en pression ou en cas de fuite sur le circuit, chaque bloc hydraulique (situé au plus près du vérin de pale) est équipé d'un accumulateur hydropneumatique (pressurisé à l'azote) qui permet la mise en drapeau de la pale.</p> <p>La pression du circuit de lubrification du multiplicateur fait également l'objet d'un contrôle, asservissant le fonctionnement de l'éolienne.</p> <p>Les niveaux d'huile sont surveillés d'une part au niveau du multiplicateur et d'autre part au niveau du groupe hydraulique. L'atteinte du niveau bas sur le multiplicateur ou sur le groupe hydraulique, déclenche une alarme et conduit à la mise à l'arrêt du rotor.</p> <p>2. Le circuit de refroidissement (eau glycolée) est équipé d'un capteur de niveau bas, qui en cas de déclenchement conduit à l'arrêt de l'éolienne.</p> <p>3. Les opérations de vidange font l'objet de procédures spécifiques. Le transfert des huiles s'effectue de manière sécurisée via un système de tuyauterie et de pompes directement entre l'élément à vidanger et le camion de vidange. Une procédure Vestas en cas de pollution accidentelle du sol est communiquée au personnel intervenant dans les aérogénérateurs.</p> <p>4. En cas de fuite, les véhicules de maintenance Vestas sont équipés de kits de dépollution composés de grandes feuilles absorbantes. Ces kits d'intervention d'urgence permettent :</p> <ul style="list-style-type: none"> de contenir et arrêter la propagation de la pollution ; d'absorber jusqu'à 20 litres de déversements accidentels de liquides (huile, eau, alcools ...) et produits chimiques (acides, bases, solvants ...) ; de récupérer les déchets absorbés. <p>Si ces kits de dépollution s'avèrent insuffisants, Vestas se charge de faire intervenir une société spécialisée qui récupérera et traitera la terre souillée via les filières adéquates.</p> <p>5. Des bacs de rétention empêchent l'huile ou la graisse de couler le long du mât et de s'infiltrer dans le sol. Les principaux bacs de rétention sont équipés de capteurs de niveau d'huile afin d'informer les équipes de maintenance via les alertes cas de fuite importante. De plus, la plateforme supérieure de la tour a les bords relevés et a les jointures étanches entre plaques d'acier. Cette plateforme fait office de bac de rétention de secours en cas de fuite importante dans la nacelle.</p>		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	Temps de détection de l'ordre de la seconde Mise en pause de la turbine < 1 min. Dépendant du débit de fuite.		
Efficacité	100%		

Fonction de sécurité	Prévention et rétention des fuites	N° de la fonction de sécurité	8
Tests	Tests des systèmes hydrauliques à la mise en service, au bout de 3 mois de fonctionnement puis tous les ans suivant les manuels de maintenance Vestas.		
Maintenance	Les vérifications d'absence de fuites sont effectuées à chaque service planifié. Surveillance des niveaux d'huile via des outils d'analyses instantanées ou hebdomadaires. Inspection et maintenance curative en fonction du type de déclenchement d'alarme.		

Fonction de sécurité	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation)	N° de la fonction de sécurité	9
Mesures de sécurité	Contrôles réguliers des fondations et des différents assemblages de structure (ex : brides, joints, etc.) Procédures et contrôle qualité		
Description	<p>La norme IEC 61 400-1 « Exigence pour la conception des aérogénérateurs » fixe les prescriptions propres à fournir « un niveau approprié de protection contre les dommages résultant de tout risque durant la durée de vie » de l'éolienne.</p> <p>Vestas remet à chacun de ses clients, un document « Type certificate » qui atteste de la conformité de l'éolienne fournie au standard IEC 61400-1 (édition 2005). Ainsi la nacelle, le moyeu, les fondations et la tour répondent aux standards IEC 61 400-1. Les pales respectent le standard IEC 61 400 -1 ; 12 ; 23.</p> <p>De plus, des organismes compétents externes, mandatés par l'exploitant du parc, produisent des rapports attestant de la conformité de nos turbines à la fin de la phase d'installation.</p> <p>L'article R111-38 du code de la construction et de l'habitation fait référence au contrôle technique de construction. Il est obligatoire, à la charge de l'exploitant et réalisé par des organismes agréés par l'État. Ce contrôle assure la solidité des ouvrages ainsi que la sécurité des biens et des personnes.</p> <p>Les éoliennes sont protégées contre la corrosion due à l'humidité de l'air, selon la norme ISO 9223.</p>		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	NA		
Efficacité	100%		
Tests	NA		
Maintenance	Le plan de maintenance Vestas prévoit le contrôle des brides de fixation, des brides de mât, des fixations des pales et le contrôle visuel du mât trois mois puis un an après la mise en service industrielle puis tous les trois ans, conformément à l'article 18 de l'arrêté du 26 août 2011.		

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

Fonction de sécurité	Prévenir la dégradation de l'état des équipements	N° de la fonction de sécurité	11
Mesures de sécurité	1. Procédure de contrôle des équipements lors des maintenances planifiées. 2. Suivi de données mesurées par les capteurs et sondes présentes dans les éoliennes Vestas		
Description	1. Ce point est détaillé dans le chapitre dédié aux maintenances planifiées. 2. L'intégralité des données mesurées par les capteurs et sondes présentes dans les éoliennes Vestas est suivie et enregistrée dans une base de données unique. Ces données sont traitées par des algorithmes en permanence afin de détecter, au plus tôt, les dégradations des équipements. Lorsqu'elle est nécessaire, une inspection de l'équipement soupçonné de se dégrader est planifiée. Les algorithmes de détection et de génération d'alarmes sont en amélioration continue.		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	Entre 12 heures et 6 mois selon le type de dégradation		
Efficacité	NA		
Tests	Traçabilité : rapport de service		
Maintenance	NA		

Fonction de sécurité	Prévenir les risques de dégradation de l'éolienne en cas de vent fort	N° de la fonction de sécurité	12
Mesures de sécurité	Classe d'éolienne adaptée au site et au régime de vents Mise à l'arrêt sur détection de vent fort et freinage aérodynamique par le système de contrôle		
Description	En France, la classification de vents des éoliennes fait référence à la norme « IEC 61400-1 ». Les éoliennes Vestas sont dimensionnées pour chacune de ces classes. Il est donc important de faire correspondre la classe du site avec la classe de la turbine Les éoliennes sont mises à l'arrêt si la vitesse de vent mesurée dépasse la vitesse maximale de 27 m/s Cet arrêt est réalisé par le frein aérodynamique de l'éolienne avec mise en drapeau des pales. Cette mise en drapeau est effectuée par le système d'orientation des pales « Vestas Pitch System ».		
Indépendance	Oui		
Temps de réponse	Temps de détection de l'ordre de la seconde. Mise drapeau des pales < 1 min		
Efficacité	100%		
Tests	Pitch system testé tous les ans lors des maintenances préventives.		
Maintenance	Tous les ans.		

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

8.7. Conclusion de l'analyse préliminaire des risques

8.7.1. Identification des scénarios à retenir dans l'analyse détaillée des risques

L'analyse préliminaire des risques, permet d'identifier huit catégories de scénarios :

- Projection de tout ou partie de pale ;
- Effondrement de l'éolienne ;
- Chute d'éléments de l'éolienne ;
- Chute de glace ;
- Projection de glace ;
- Incendie de l'éolienne ;
- Incendie d'un poste de livraison ;
- Infiltration d'huile dans le sol.

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 retenues 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, trois catégories de scénarios sont a priori exclues de l'étude détaillée, en raison de leur faible intensité :

Nom du scénario exclu	Justification
Incendie de l'éolienne (effets thermiques)	En cas d'incendie de nacelle, et en raison de la hauteur des nacelles, les effets thermiques ressentis au sol seront mineurs. Par exemple, dans le cas d'un incendie de nacelle située à 50 mètres de hauteur, la valeur seuil de 3 kW/m ² n'est pas atteinte. Dans le cas d'un incendie au niveau du mât les effets sont également mineurs et l'arrêté du 26 août 2011 modifié par l'arrêté du 22 juin 2020 encadre déjà largement la sécurité des installations. Ces effets ne sont donc pas étudiés dans l'étude détaillée des risques. Néanmoins, il peut être redouté que des chutes d'éléments (ou des projections) interviennent lors d'un incendie. Ces effets sont étudiés avec les projections et les chutes d'éléments.
Incendie du poste de livraison ou du transformateur	En cas d'incendie de ces éléments, les effets ressentis à l'extérieur des bâtiments (poste de livraison) seront mineurs ou inexistant du fait notamment de la structure en béton. De plus, la réglementation encadre déjà largement la sécurité de ces installations (l'arrêté du 26 août 2011 modifié par l'arrêté du 22 juin 2020 [9] et impose le respect des normes NFC 15-100, NFC 13-100 et NFC 13-200)
Infiltration d'huile dans le sol	En cas d'infiltration d'huiles dans le sol, les volumes de substances libérées dans le sol restent mineurs et ne sont pas de nature à créer un danger pour l'homme. Les risques d'atteinte au milieu naturel sont limités et sont abordés dans l'étude d'impact.

8.7.2. Conclusion

A l'issue de l'analyse préliminaire des risques, cinq catégories de scénarios sont à étudier dans l'étude détaillée des risques :

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

Rappelons cependant que l'analyse de l'accidentologie a montré que ces accidents n'avaient encore jamais entraîné de décès dans le monde (sur la base des données disponibles).

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

9. ETUDE DETAILLEE DES RISQUES

L'étude détaillée des risques vise à caractériser les scénarios sélectionnés 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. La méthode utilisée se base sur celle proposée par l'INERIS dans le guide de l'étude de dangers éolienne, dans sa version définitive de mai 2012 [19].

9.1. Rappel des définitions

9.1.1. Réglementation

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 d'effets toxiques.

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

Cette circulaire précise en son point 1.2.2 qu'à l'exception de certains explosifs pour lesquels les effets de projection présentent un comportement caractéristique à faible distance, les projections et chutes liées à des ruptures ou fragmentations ne sont pas modélisées en intensité et gravité dans les études de dangers. Force est néanmoins de constater que ce sont les seuls phénomènes dangereux susceptibles de se produire sur des éoliennes.

Afin de pouvoir présenter des éléments au sein de cette étude de dangers, il est proposé de recourir à la méthode ad hoc préconisée par le guide technique national relatif à l'étude des dangers dans le cadre d'un parc éolien dans sa version définitive de mai 2012 [19]. 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.

Dans le cas des scénarios d'effondrement, de projection ou de chute d'objets retenus pour l'étude, un accident majeur correspond à l'atteinte d'une cible.

9.1.2. Cinétique

La cinétique d'un accident est la vitesse d'enchaînement des événements constituant une séquence accidentelle, de l'événement initiateur aux conséquences sur les éléments vulnérables. Selon l'article 8 de l'arrêté du 29 septembre 2005, la cinétique peut être qualifiée de « lente » ou « 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. La cinétique est rapide dans le cas contraire. Dans le cadre de l'étude de danger, il est considéré, de façon conservatoire, que tous les accidents étudiés ont une cinétique rapide. Par conséquent, ce paramètre n'est pas réétudié dans la suite de l'étude pour chacun des phénomènes redoutés étudiés.

9.1.3. 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 tout ou partie de pale), de chute d'éléments (glace ou tout 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 : seuil 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 %

Tableau 14 : Seuils d'intensité

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

9.1.4. Gravité

Par analogie avec les 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.

La gravité correspond au nombre de personnes potentiellement impactées. Les seuils retenus pour l'étude sont liés au degré d'exposition.¹⁶

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

Tableau 15 : Gravité des conséquences des accidents associés aux phénomènes dangereux
Source : guide de l'étude de dangers éolienne mai 2012

9.1.5. Probabilité

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

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

Tableau 16 : Echelle des probabilités

Dans la présente étude, les probabilités ont été majoritairement calculées à partir d'une approche dite « quantitative » basée sur le guide de l'étude de dangers des parcs éoliens de l'INERIS [19] et s'appuyant sur des fréquences génériques d'événements redoutés centraux (voir l'annexe 2 « Probabilité d'atteinte et risque individuel »). En effet, le retour d'expérience est apparu suffisamment fourni pour permettre l'utilisation de cette méthode. La probabilité de chaque événement accidentel identifié pour une éolienne est donc 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.

¹⁶ Arrêté du 29 septembre 2005

Cependant, on pourra rappeler que la probabilité qu'un accident sur une personne ou un bien se produise est très largement inférieure à la probabilité de départ de l'événement redouté. La probabilité d'accident est en effet le produit de plusieurs probabilités :

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

Où :

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

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

9.1.6. Grille de criticité

La circulaire du 10 mai 2010 propose une grille de criticité qui permet la justification par l'exploitant des mesures de maîtrise du risque en termes de couple probabilité-gravité des conséquences sur les personnes physiques correspondant aux intérêts visés par l'article L.511-1 du code de l'Environnement. Cette grille définit deux types de zones :

- **Zone en rouge « NON » : zone de risque élevé** ⇔ accidents « **inacceptables** » susceptibles d'engendrer des dommages sévères à l'intérieur et hors des limites du site ; dans ce cas l'exploitant doit mettre en place des mesures de réduction des risques.
- **Zone en vert : zone de risque moindre** ⇔ accidents qui ne nécessitent pas de mesures de réduction du risque supplémentaires.

Dans le guide de l'étude de dangers de mai 2012 [19], l'INERIS propose une grille légèrement adaptée de celle proposée par la circulaire du 10 mai 2010. Dans cette grille (cf. ci-dessous), les cases en jaune correspondent comme les cases en vert à des risques faibles. Cependant, des mesures de sécurité ont été mises en place dans ces cas là. Ces mesures ont été présentées au paragraphe 7.6 – *Mise en place des mesures de sécurité*.

Gravité/Probabilité	E	D	C	B	A
Désastreux	jaune	rouge	rouge	rouge	rouge
Catastrophique	jaune	jaune	rouge	rouge	rouge
Important	jaune	jaune	jaune	rouge	rouge
Sérieux	vert	vert	jaune	jaune	rouge
Modéré	vert	vert	vert	vert	jaune

Légende de la matrice :

Niveau de risque	Couleur	Acceptabilité
Risque très faible	vert	acceptable
Risque faible	jaune	acceptable
Risque important	rouge	non acceptable

Tableau 17 : Grille de criticité adaptée par l'INERIS

Source : guide de l'étude de dangers éolienne mai 2012

Le positionnement des phénomènes dangereux identifiés et des accidents correspondants dans cette grille de criticité permet de les hiérarchiser et d'identifier les **accidents majeurs**.

9.2. Caractérisation des scénarios retenus

9.2.1. Effondrement de l'éolienne

9.2.1.1. Zone d'effet

La zone d'effet de l'effondrement d'une éolienne correspond à une surface circulaire de rayon égal à la hauteur totale de l'éolienne en bout de pale. 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.

La zone d'effet est un cercle de 150 m de rayon autour de chaque éolienne. Les enjeux concernés sont les suivants :

- Personnes non abritées (promeneurs, agriculteurs) présentes dans la zone d'effet ;
- Véhicules susceptibles d'emprunter les voies de circulation de la zone d'effet.

9.2.1.2. Intensité

Pour le phénomène d'effondrement de l'éolienne, le degré d'exposition correspond au ratio entre la surface d'impact et la superficie de la zone d'effet du phénomène.

La zone d'impact correspondra à la surface totale de l'éolienne couchée au sol, soit la surface du mât et la surface des 3 pales. La surface du mât est considérée égale à un rectangle dont la hauteur est celle du mât assimilée à la hauteur de moyeu (H), et la largeur celle de la base du mât (L) (en réalité le mât est conique et la largeur diminue depuis la base vers le sommet). La pale est assimilée à un triangle dont la longueur est celle de la pale assimilée au rayon du rotor (R) et dont la base correspond à la largeur maximale de la pale (LB). Soit, dans le cas de la configuration étudiée :

- R (rayon du rotor) = 58,5 m ;
- H (hauteur du moyeu) = 92 m ;
- L (largeur de la base du mât) = 4,0 m ;
- LB (largeur maximale de la pale) = 4,00 m (corde de la pale).

Effondrement de l'éolienne (dans un rayon inférieur ou égal à la hauteur totale de l'éolienne)			
Zone d'impact en m ² (Zi) = H x L + 3*R*LB/2	Zone d'effet du phénomène étudié en m ² (Ze)	Degré d'exposition du phénomène étudié en %	Intensité
Eoliennes E1 à E4 La zone d'impact est de 719 m²	= π x (H+R) ² La zone d'effet est de 71 122 m²	Zi / Ze = 1,011 % Soit 1% < x < 5%	exposition forte

Tableau 18 : Intensité du scénario d'effondrement

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

9.2.1.3. Gravité

Pour une exposition **forte**, et selon les définitions issues de l'arrêté du 29 septembre 2005 (voir paragraphe 9.1.3. à la page 52), 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.

La détermination du nombre de personnes (enjeu humain en *epp* : équivalent personnes permanentes) exposées dans chacune des zones d'effet est basée sur la circulaire du 10 mai 2010 relative aux règles méthodologiques applicables aux études de dangers (fiche n°1 de la circulaire en **annexe 3**).

Ont été distingués (dans le périmètre d'effondrement autour des éoliennes):

- Les terrains non aménagés très peu fréquentés (terrains agricole) avec l'hypothèse forfaitaire d'une personne permanente pour 100 ha ;
- Les voies à faible circulation (largeur: 6 m) avec l'hypothèse forfaitaire d'une personne permanente pour 10 ha.

Pour chaque éolienne, par application des hypothèses de comptage ci-dessus et par analogie avec les niveaux de gravité retenus dans l'annexe III de l'arrêté du 29 septembre 2005, la détermination du niveau de gravité de l'évènement « effondrement » est le suivant :

Effondrement - rayon d'effet = 150 m							
Eolienne	Enjeu: personnes non abritées		Enjeu: véhicules			Total epp	Exposition:
	Terrains non aménagés		Voies peu fréquentées				Forte
	S (ha)	epp	L (m)	S (ha)	epp		Niveau de gravité
E1	7,1	0,07	0	0,00	0,00	0,07	Sérieux
E2	7,1	0,07	120	0,07	0,01	0,08	Sérieux
E3	7,1	0,07	0	0,00	0,00	0,07	Sérieux
E4	7,1	0,07	90	0,05	0,01	0,08	Sérieux

epp : équivalent personnes permanentes

Tableau 19 : Niveaux de gravité de l'évènement « effondrement »

9.2.1.4. Probabilité

Ces données mises à jour correspondent bien à la définition qualitative de l'arrêté du 29 septembre 2005 d'une probabilité « D ».

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

Source	Fréquence	Justification
<i>Guide for risk based zoning of wind turbines [5]</i>	4,5 x 10 ⁻⁴	Retour d'expérience
<i>Specification of minimum distances [6]</i>	1,8 x 10 ⁻⁴ (effondrement de la nacelle et de la tour)	Retour d'expérience

Tableau 20 : Références quant à la probabilité d'effondrement de l'éolienne

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'expérience¹⁷, soit une probabilité de 4,47 x 10⁻⁴ par éolienne et par an. Ces événements correspondent également à la définition qualitative de l'arrêté du 29 septembre 2005 d'une probabilité « C », à savoir : « *Événement similaire déjà rencontré dans le secteur d'activité ou dans ce type d'organisation au niveau mondial, sans que les éventuelles corrections intervenues depuis apportent une garantie de réduction significative de sa probabilité* ». Une probabilité de classe « C » est donc retenue par défaut pour ce type d'événement.

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

De manière générale, le respect des prescriptions de l'arrêté du 26 août 2011 modifié par l'arrêté du 22 juin 2020 relatif aux installations éoliennes soumises à autorisation permet de s'assurer que les éoliennes font l'objet de mesures réduisant significativement la probabilité d'effondrement.

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

Note : mise à jour à fin juillet 2019 :

Les données mises à jour à partir de la base de données ARIA (voir le paragraphe accidentologie) recensent 4 accidents supplémentaires de type effondrement à fin juillet 2019. D'après la base de données Windpower.net fournissant des données quantitatives sur l'éolien au niveau national comme au niveau mondial, le nombre d'éoliennes installées en France à fin juillet 2019 est de 8397, soit un total de 155 680 années d'expérience. La probabilité est donc de 7,07 x 10⁻⁵ par éolienne et par an.

¹⁷ 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.

9.2.1.5. Acceptabilité

Pour conclure à l'acceptabilité du risque lié à l'évènement « **effondrement** », les paramètres de niveau de gravité (modéré à sérieux suivant les éoliennes) et de probabilité (D : rare) retenus ont été croisés dans la grille de criticité adaptée de la circulaire du 29 septembre 2005 reprise dans la circulaire du 10 mai 2010. Le risque est jugé « très faible » et de niveau « acceptable » pour toutes les éoliennes.

Effondrement		Probabilité			
		D	C	B	A
Gravité	Désastreux				
	Catastrophique				
	Important				
	Sérieux	Toutes les éoliennes			
	Modéré				

Risque très faible	Acceptable
Risque faible	
Risque important	Non acceptable

9.2.2. Chute de glace

9.2.2.1. Généralités

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. 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). Ce type de chute de glace est similaire à ce qu'on observe sur d'autres bâtiments et infrastructures.

NB : le scénario « projection de glace » fait l'objet du paragraphe 9.2.5. à la page 62.

9.2.2.2. Zone d'effet

Le risque de chute de glace est cantonné à la zone de survol des pales, soit un disque de rayon arrondi à **60 m** (rayon de survol).

Les enjeux concernés sont les suivants :

- Personnes non abritées (promeneurs, agriculteurs) présentes dans la zone d'effet.
- Véhicules susceptibles d'emprunter les voies de circulation de la zone d'effet.

9.2.2.3. 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). La surface maximale d'un morceau de glace est estimée à 1 m².

Le tableau ci-dessous permet d'évaluer l'intensité du phénomène de chute de glace dans le cas de la configuration étudiée. Z_I est la zone d'impact, Z_E est la zone d'effet, R est le rayon d'effet ($R=60\text{ m}$), SG est la surface du morceau de glace majorant ($SG=1\text{ m}^2$).

Chute de glace (dans la zone de survol)			
Zone d'impact	Zone d'effet du phénomène étudié	Degré d'exposition du phénomène étudié en %	Intensité
$Z_I = SG$	$Z_E = \pi \times R^2$	$d = Z_I / Z_E$	exposition modérée
1 m ²	11 310 m ²	0,01% < 1%	

Tableau 21 : Intensité du scénario de chute de glace

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

9.2.2.4. Gravité

Pour une exposition **modérée**, et selon les définitions issues de l'arrêté du 29 septembre 2005 (voir paragraphe 9.1.3 à la page 52), il est possible de définir les différentes classes de gravité pour le phénomène de chute de glace dans le rayon de survol du rotor.

La détermination du nombre de personnes (enjeu humain en *epp* : équivalent personnes permanentes) exposées dans chacune des zones d'effet est basée sur la circulaire du 10 mai 2010 relative aux règles méthodologiques applicables aux études de dangers (fiche n°1 de la circulaire en **annexe 3**).

Ont été distingués (dans la zone de survol de chaque éolienne) :

- Les terrains non aménagés très peu fréquentés (terrains agricoles) avec l'hypothèse forfaitaire d'une personne permanente pour 100 ha ;
- Les voies à faible circulation (largeur: 6 m) avec l'hypothèse forfaitaire d'une personne permanente pour 10 ha.

Pour chaque éolienne, par application des hypothèses de comptage ci-dessus et par analogie avec les niveaux de gravité retenus dans l'annexe III de l'arrêté du 29 septembre 2005, la détermination du niveau de gravité de l'évènement « chute de glace » est le suivant :

Eolienne	Enjeu : personnes non abritées		Enjeu : véhicules			Total epp	Exposition
	Terrains non aménagés		Voies peu fréquentées				Modérée
	S (ha)	epp	L (m)	S (ha)	epp		Niveau de gravité
E1	1,1	0,01	-	-	-	0,01	Modéré
E2	1,1	0,01	-	-	-	0,01	Modéré
E3	1,1	0,01	-	-	-	0,01	Modéré
E4	1,1	0,01	-	-	-	0,01	Modéré

epp : équivalent personnes permanentes

Tableau 22 : Niveaux de gravité de l'évènement « chute de glace »

9.2.2.5. Probabilité

De façon conservatoire, il est considéré que pour chaque jour où les conditions sont réunies pour la formation de glace sur un aérogénérateur, une chute de morceau de glace est possible. Cette hypothèse est simplificatrice dans la mesure où lors de ce type d'épisode, le cas de plusieurs chutes de glace et d'aucune chute de glace peut se présenter. La classe de probabilité retenue est maximale, soit une **probabilité de classe « A »**, c'est-à-dire une probabilité supérieure à 10⁻².

9.2.2.6. Acceptabilité

Pour conclure à l'acceptabilité du risque lié à l'évènement « chute de glace », les paramètres de niveau de gravité (modéré pour toutes les éoliennes) et de probabilité (A : courant) retenus ont été croisés dans la grille de criticité adaptée de la circulaire du 29 septembre 2005 reprise dans la circulaire du 10 mai 2010. Le risque est jugé « faible » et de niveau « acceptable » pour toutes les éoliennes.

Chute de glace		Probabilité			
		D	C	B	A
Gravité	Désastreux				
	Catastrophique				
	Important				
	Sérieux				
	Modéré				Toutes les éoliennes

Risque très faible	Acceptable
Risque faible	
Risque important	

Conformément à l'article 14 de l'arrêté du 26 août 2011 modifié par l'arrêté du 22 juin 2020 relatif aux installations éoliennes soumises à autorisation, un panneau informant le public des risques (et notamment des risques de chute de glace) sera installé sur le chemin d'accès de chaque aérogénérateur, c'est-à-dire en amont de la zone d'effet de ce phénomène. Cette mesure permettra de réduire les risques pour les personnes potentiellement présentes sur le site lors des épisodes de grand froid.

9.2.3. Chute d'éléments de l'éolienne

9.2.3.1. Généralités

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

NB : le scénario « projection d'éléments, pales ou fragments de pale » fait l'objet du paragraphe 9.2.4. à la page 60.

9.2.3.2. Zone d'effet

Le risque de chute d'éléments est cantonné à la zone de survol des pales, soit un disque de rayon de **60 m** (rayon de survol).

Les enjeux concernés sont les suivants :

- Personnes non abritées (promeneurs, agriculteurs) présentes dans le périmètre de l'étude ;
- Véhicules susceptibles d'emprunter les voies de circulation du périmètre de l'étude.

9.2.3.3. 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).

La zone d'impact Z_i correspondra à la surface d'une pale (événement majorant). La pale est assimilée à un triangle dont la longueur est celle de la pale (r) et dont la base correspond à la largeur maximale de la pale (LB). Dans le cas de la configuration étudiée :

- R rayon d'effet = 60 m ;
- r longueur de la pale = 58,5 m ;
- LB (largeur maximale de la pale) = 4,0 m (corde de la pale).

Chute d'éléments de l'éolienne (dans la zone de survol)			
Surface d'impact en m ²	Zone d'effet du phénomène étudié en m ²	Degré d'exposition du phénomène étudié en %	Intensité
$Z_i = r \cdot LB / 2$	$Z_E = \pi \cdot R^2$	$d = Z_i / Z_E$	
117 m ²	11 310 m ²	1,03 % Soit compris entre 1% et 5%	exposition forte

Tableau 23 : Intensité du scénario de chute d'éléments

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

9.2.3.4. Gravité

Pour une exposition **forte**, et selon les définitions issues de l'arrêté du 29 septembre 2005 (voir paragraphe 9.1.3. à la page 52), il est possible de définir les différentes classes de gravité pour le phénomène de chute d'élément, dans le rayon de survol du rotor.

La détermination du nombre de personnes (enjeu humain en *epp* : équivalent personnes permanentes) exposées dans chacune des zones d'effet est basée sur la circulaire du 10 mai 2010 relative aux règles méthodologiques applicables aux études de dangers (fiche n°1 de la circulaire en **annexe 3**).

Ont été distingués (dans la zone de survol de chaque éolienne) :

- Les terrains non aménagés très peu fréquentés (terrains agricoles) avec l'hypothèse forfaitaire d'une personne permanente pour 100 ha ;
- Les voies à faible circulation (largeur: 6 m) avec l'hypothèse forfaitaire d'une personne permanente pour 10 ha.

Pour chaque éolienne, par application des hypothèses de comptage ci-dessus et par analogie avec les niveaux de gravité retenus dans l'annexe III de l'arrêté du 29 septembre 2005, la détermination du niveau de gravité de l'évènement « chute d'éléments » est le suivant :

Eolienne	Enjeu: personnes non abritées		Enjeu : véhicules			Total epp	Exposition
	Terrains non aménagés		Voies peu fréquentées				Forte
	S (ha)	epp	L (m)	S (ha)	epp	Niveau de gravité	
E1	1,1	0,01	-	-	-	0,01	Sérieux
E2	1,1	0,01	-	-	-	0,01	Sérieux
E3	1,1	0,01	-	-	-	0,01	Sérieux
E4	1,1	0,01	-	-	-	0,01	Sérieux

epp : équivalent personnes permanentes

Tableau 24 : Niveaux de gravité de l'évènement « chute d'éléments »

9.2.3.5. Probabilité

Peu d'éléments sont disponibles dans la littérature pour évaluer la fréquence des événements de chute de pales ou d'éléments d'éoliennes. Le retour d'expérience connu en France montre que ces événements ont une classe de probabilité « C » (2 chutes et 5 incendies pour 15 667 années d'expérience, soit 4.47×10^{-4} événement par éolienne et par an).

Note : mise à jour à fin juillet 2019 :

la mise à jour de l'accidentologie à fin juillet 2019 recense 15 chutes et 11 incendies supplémentaires, soit un total de 33 événements. Avec un total de 155 680 années d'expérience, la probabilité est donc de $2,12 \times 10^{-4}$ par éolienne et par an.

Ces événements correspondent également à la définition qualitative de l'arrêté du 29 Septembre 2005 d'une probabilité « C » : « *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 retenue par défaut pour ce type d'évènement.

9.2.3.6. Acceptabilité

Pour conclure à l'acceptabilité du risque lié à l'évènement « chute d'éléments », les paramètres de niveau de gravité (sérieux pour toutes les éoliennes) et de probabilité (C : improbable) retenus ont été croisés dans la grille de criticité adaptée de la circulaire du 29 septembre 2005 reprise dans la circulaire du 10 mai 2010. Le risque est jugé « faible » et de niveau « acceptable » pour toutes les éoliennes.

Chute d'élément		Probabilité			
		D	C	B	A
Gravité	Désastreux				
	Catastrophique				
	Important				
	Sérieux		Toutes les éoliennes		
	Modéré				

Risque très faible	Acceptable
Risque faible	
Risque important	Non acceptable

9.2.4. Projection de pales ou de fragments de pales

9.2.4.1. Zone d'effet

Dans l'accidentologie française rappelée en **annexe 4**, la distance maximale relevée et vérifiée par le groupe de travail précédemment mentionné pour une projection de fragment de pale est de 380 mètres par rapport au mât de l'éolienne. On constate que les autres données disponibles dans cette accidentologie montrent des distances d'effet inférieures. L'accidentologie éolienne mondiale manque de fiabilité car la source la plus importante (en termes statistiques) est une base de données tenue par une association écossaise majoritairement opposée à l'énergie éolienne [3]. Pour autant, des études de risques déjà réalisées dans le monde ont utilisé une distance de 500 mètres, en particulier les études [5] et [6].

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

La zone d'effet retenue est donc un cercle de **500 m** de rayon (correspondant au périmètre de l'étude de dangers). Les enjeux concernés sont les suivants :

- Personnes non abritées (promeneurs, agriculteurs) présentes dans le périmètre de l'étude ;
- Véhicules susceptibles d'emprunter les voies de circulation du périmètre de l'étude.

9.2.4.2. 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 (RC=500 m). Le tableau ci-dessous permet d'évaluer l'intensité du phénomène dans le cas de la configuration étudiée. d est le degré d'exposition, Z_i la zone d'impact, Z_E la zone d'effet, avec r la longueur de pale ($r= 58,5$ m) et LB la largeur de la base (corde) de la pale ($LB= 4,0$ m).

Projection de pale ou de fragment de pale (zone de 500 m autour de chaque éolienne)			
Zone d'impact	Zone d'effet du phénomène étudié	Degré d'exposition du phénomène étudié en %	Intensité
$Z_i=r*LB/2$	$Z_E= \pi \times RC^2$	$d=Z_i/Z_E$	
117 m ²	785 398 m ²	0,01% (< 1 %)	Exposition modérée

Tableau 25 : Intensité des scénarios de projection de pale

9.2.4.3. Gravité

Pour une exposition **modérée**, et selon les définitions issues de l'arrêté du 29 septembre 2005 (voir paragraphe 9.1.3. à la page 52), il est possible de définir les différentes classes de gravité pour le phénomène de projection d'éléments, dans un rayon de 500 m.

La détermination du nombre de personnes (enjeu humain en *epp* : équivalent personnes permanentes) exposées dans chacune des zones d'effet est basée sur la circulaire du 10 mai 2010 relative aux règles méthodologiques applicables aux études de dangers (fiche n°1 de la circulaire en **annexe 3**).

Ont été distingués (dans un périmètre de 500 m autour des éoliennes) :

- Les terrains non aménagés très peu fréquentés (terrains agricoles) avec l'hypothèse forfaitaire d'une personne permanente pour 100 ha ;
- Les voies à faible circulation (largeur: 6 m) avec l'hypothèse forfaitaire d'une personne permanente pour 10 ha.

Pour chaque éolienne, par application des hypothèses de comptage ci-dessus et par analogie avec les niveaux de gravité retenus dans l'annexe III de l'arrêté du 29 septembre 2005, la détermination du niveau de gravité de l'évènement « projection d'éléments » est le suivant :

Projection d'élément - rayon d'effet = 500 m							
Eolienne	Enjeu: personnes non abritées		Enjeu: véhicules			Total epp	Exposition
	Terrains non aménagés		Voies peu fréquentées				Modérée
	S (ha)	epp	L (m)	S (ha)	epp		Niveau de gravité
E1	78,5	0,79	1 746	1,048	0,10	0,89	Modéré
E2	78,5	0,79	2 106	1,264	0,13	0,92	Modéré
E3	78,5	0,79	1 212	0,727	0,08	0,86	Modéré
E4	78,5	0,79	1 768	1,061	0,11	0,90	Modéré

epp : équivalent personnes permanentes

Tableau 26 : Niveaux de gravité de l'évènement « projection d'éléments »

9.2.4.4. 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
<i>Site specific hazard assesment for a wind farm project [4]</i>	1×10^{-6}	Respect de l'Eurocode EN 1990 – Basis of structural design
<i>Guide for risk based zoning of wind turbines [5]</i>	$1,1 \times 10^{-3}$	Retour d'expérience au Danemark (1984-1992) et en Allemagne (1989-2001)
<i>Specification of minimum distances [6]</i>	$6,1 \times 10^{-4}$	Recherche Internet des accidents entre 1996 et 2003

Tableau 27 : Références pour l'évaluation d'une projection de pale ou de fragment

Ces valeurs correspondent à des classes de probabilité de « B », « C » ou « E ». Le retour d'expérience français montre également une classe de probabilité « C » (12 événements pour 15 667 années d'expérience, soit $7,66 \times 10^{-4}$ événement par éolienne et par an). Ces événements correspondent également à la définition qualitative de l'arrêté du 29 Septembre 2005 d'une probabilité « C » : « *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'évènement.

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

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

De manière générale, le respect des prescriptions de l'arrêté du 26 août 2011 modifié par l'arrêté du 22 juin 2020 relatif aux installations éoliennes soumises à autorisation permet de s'assurer que les éoliennes font l'objet de mesures réduisant significativement la probabilité de projection.

Néanmoins, les données mises à jour au niveau français à fin juillet 2019 permettent de compter 10 événements supplémentaires sur un total de 155 680 années d'expérience, soit une probabilité de $1,41 \times 10^{-4}$ par éolienne et par an. correspondant bien à la définition qualitative de l'arrêté du 29 septembre 2005 d'une probabilité « C ». Il est donc considéré que la classe de probabilité de l'accident est « C ».

9.2.4.5. Acceptabilité

Pour conclure à l'acceptabilité du risque lié à l'évènement « projection d'élément », les paramètres de niveau de gravité (modéré pour toutes les éoliennes) et de probabilité (C : improbable) ont été croisés dans la grille de criticité adaptée de la circulaire du 29 septembre 2005 reprise dans la circulaire du 10 mai 2010. Le risque est jugé « très faible » et de niveau « acceptable » pour toutes les éoliennes.

Projection d'élément		Probabilité			
		D	C	B	A
Gravité	Désastreux				
	Catastrophique				
	Important				
	Sérieux				
	Modéré		Toutes les éoliennes		

Risque très faible	Acceptable
Risque faible	
Risque important	Non acceptable

9.2.5. Projection de glace

9.2.5.1. Zone d'effet

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

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

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

Pour la configuration étudiée, l'utilisation de cette formule pour le calcul de la distance d'effet pour les projections de glace donne une distance d'effet de **314 m** de rayon autour des éoliennes.

Le seul enjeu concerné ici est le suivant : personnes non abritées (promeneurs, agriculteurs) présentes dans le rayon d'effet.

Note : les voies de circulation des véhicules ne sont pas considérées ici, en effet, il a été observé dans la littérature disponible 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 gravité (source : guide de l'étude de dangers éolienne, INERIS [19]).

9.2.5.2. 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 (de rayon De). Le tableau ci-dessous permet d'évaluer l'intensité du phénomène de projection de glace dans le cas de la configuration étudiée.

Projection de morceaux de glace (dans un rayon égal à la distance d'effet autour de l'éolienne)			
Zone d'impact	Zone d'effet du phénomène étudié	Degré d'exposition du phénomène étudié en %	Intensité
Rayon d'effet : 314 m	$Z_E = \pi \times De^2$ 309 748 m ²	$d = 1/Z_E$ 0,00032% (< 1 %)	Exposition modérée

Tableau 28 : Intensité du scénario de projection de glace

9.2.5.3. Gravité

Pour une exposition **modérée**, et selon les définitions issues de l'arrêté du 29 septembre 2005 (voir paragraphe 9.1.3. à la page 52), il est possible de définir les différentes classes de gravité pour le phénomène de projection de glace, dans la zone d'effet de chacune des éoliennes.

La détermination du nombre de personnes (enjeu humain en *epp* : équivalent personnes permanentes) exposées dans chacune des zones d'effet est basée sur la circulaire du 10 mai 2010 relative aux règles méthodologiques applicables aux études de dangers (fiche n°1 de la circulaire en **annexe 3**).

Ont été distingués (dans le rayon d'effet autour de chaque éolienne) :

- Les terrains non aménagés très peu fréquentés (terrains agricoles) avec l'hypothèse forfaitaire d'une personne permanente pour 100 ha.

Pour chaque éolienne, par application des hypothèses de comptage ci-dessus et par analogie avec les niveaux de gravité retenus dans l'annexe III de l'arrêté du 29 septembre 2005, la détermination du niveau de gravité de l'évènement « projection de glace » est le suivant :

Eolienne	Enjeu: personnes non abritées		Exposition
	Terrains non aménagés		Modérée
	S (ha)	epp	Niveau de gravité
E1	31,0	0,31	Modéré
E2	31,0	0,31	Modéré
E3	31,0	0,31	Modéré
E4	31,0	0,31	Modéré

epp : équivalent personnes permanentes

Tableau 29 : Niveaux de gravité de l'évènement « projection de glace »

Rappel : les voies de circulation des véhicules ne sont pas considérées ici, en effet, il a été observé dans la littérature disponible 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 gravité (source : guide de l'étude de dangers éolienne, INERIS [19]).

9.2.5.4. Probabilité

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

- les mesures de prévention de projection de glace imposées par l'arrêté du 26 août 2011 modifié par l'arrêté du 22 juin 2020 ;
- le recensement d'aucun accident lié à une projection de glace.

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

Il est rappelé ici que concernant la projection de bris de glace, la réduction des dangers est assurée via un système de déduction de glace sur l'éolienne avec arrêt automatique de l'éolienne (voir fonction de sécurité n°1 au paragraphe 8.6 à la page 45).

9.2.5.5. Acceptabilité

Pour conclure à l'acceptabilité du risque lié à l'évènement « projection de glace », les paramètres de niveau de gravité (modéré pour l'ensemble des éoliennes) et de probabilité (B : probable) retenus ont été croisés dans la grille de criticité adaptée de la circulaire du 29 septembre 2005 reprise dans la circulaire du 10 mai 2010. Le risque est jugé « très faible » pour l'ensemble des éoliennes et de niveau « acceptable » pour toutes les éoliennes.

Projection de glace		Probabilité			
		D	C	B	A
Gravité	Désastreux				
	Catastrophique				
	Important				
	Sérieux				
	Modéré			Toutes les éoliennes	

Risque très faible	Acceptable
Risque faible	Acceptable
Risque important	Non acceptable

9.3. Synthèse de l'étude détaillée des risques

9.3.1. Tableaux de synthèse des scénarios étudiés

Le tableau ci-dessous récapitule, pour chaque événement retenu, les paramètres de risques : portée, intensité (exposition), probabilité et le niveau de gravité:

Scénario	Zone d'effet	Cinétique	Intensité d'exposition	Probabilité	Niveau de gravité des conséquences (fonction de l'intensité d'exposition et du nombre de personnes)
Effondrement de l'éolienne	150 m autour des éoliennes	Rapide	Exposition forte	D Rare	Sérieux pour toutes les éoliennes
Chute de glace	Zone de survol 60 m	Rapide	Exposition modérée	A Courant	Modéré pour toutes les éoliennes
Chute d'éléments de l'éolienne	Zone de survol 60 m	Rapide	Exposition forte	C Improbable	Sérieux pour toutes les éoliennes
Projection d'éléments de pale	500 m autour de l'éolienne	Rapide	Exposition modérée	C Improbable	Modéré pour toutes les éoliennes
Projection de glace	314 m autour des éoliennes	Rapide	Exposition modérée	B Probable	Modéré pour toutes les éoliennes

Tableau 30 : Synthèse de l'étude détaillée des risques

9.3.2. Synthèse de l'acceptabilité des risques

Enfin, la dernière étape de l'étude détaillée des risques consiste à rappeler l'acceptabilité des accidents potentiels pour chacun des phénomènes dangereux étudiés. Pour conclure sur l'acceptabilité, la grille de criticité ci-dessous, adaptée de la circulaire du 29 septembre 2005 reprise dans la circulaire du 10 mai 2010 sera utilisée :

La grille de criticité permet de croiser les probabilités de survenue d'un accident (en colonne) avec la gravité potentielle de ces accidents (en ligne). La zone rouge de cette matrice correspond à des accidents non acceptables, pour lesquels des mesures de réduction des risques doivent être mises en œuvre. Dans les zones verte et jaune, aucune mesure de réduction des risques n'est nécessaire.

Projet éolien de Landizès					
Matrice des risques		D (rare)	C (improbable)	B (probable)	A (courant)
Niveau de gravité des conséquences	Désastreux				
	Catastrophique				
	Important				
	Sérieux	Effondrement (150 m) Toutes les éoliennes	Chute d'éléments (60 m) Toutes les éoliennes		
	Modéré		Projection de pales ou de fragments de pales (500 m) Toutes les éoliennes	Projection de glace (314 m) Ensemble des éoliennes	Chute de glace (60 m) Toutes les éoliennes
Niveau de risque	Couleur	Acceptabilité			
Risque très faible		Acceptable			
Risque faible		Acceptable			
Risque important		Non acceptable			

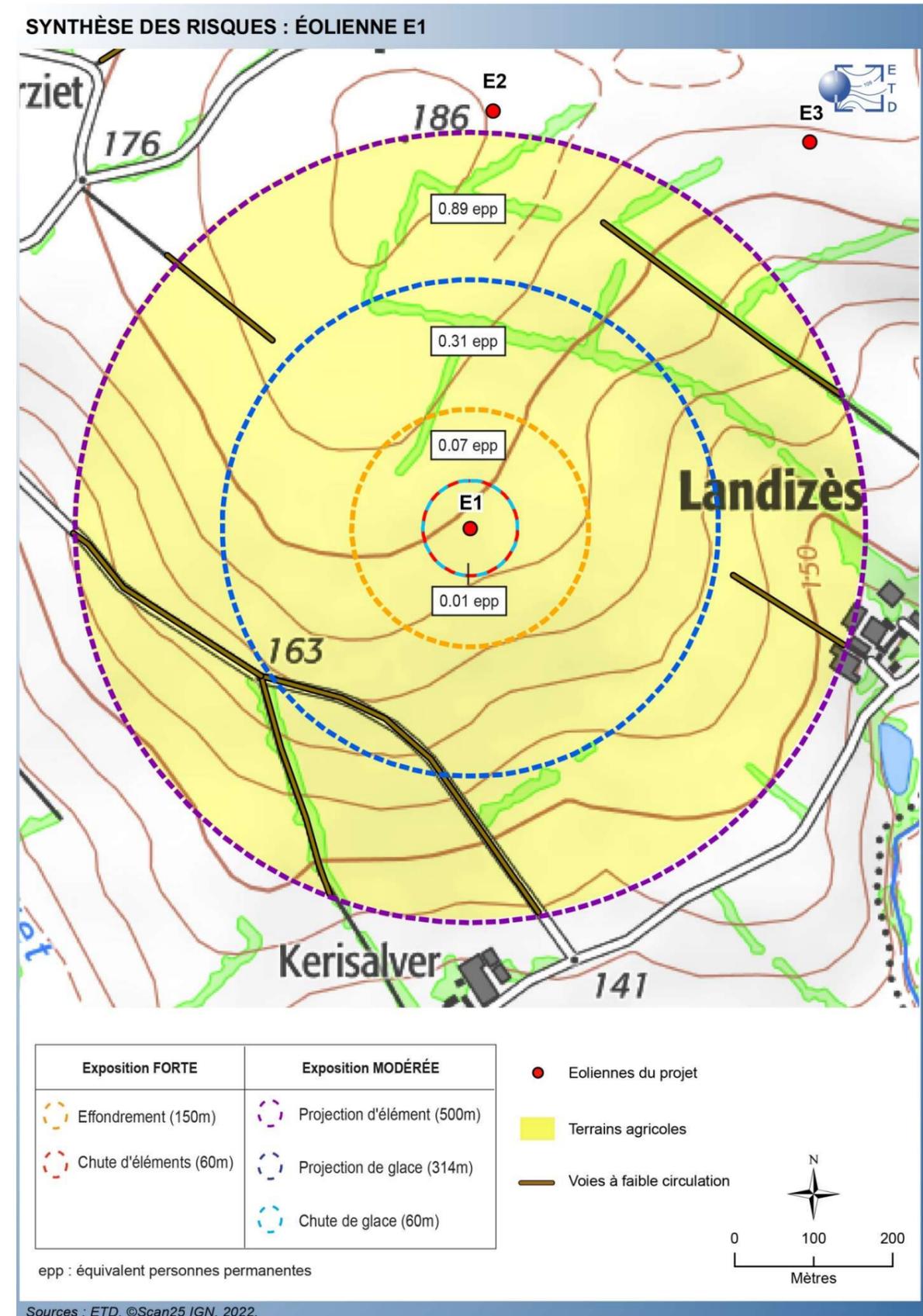
Tableau 31 : Grille de criticité

Il apparaît au regard de la matrice ainsi complétée qu'aucun accident n'apparaît dans les cases rouges de la matrice et certains accidents figurent en case jaune. Pour ces accidents, il convient de souligner que les fonctions de sécurité détaillées dans la partie 7.6 sont mises en place. L'ensemble des accidents retenus présente un risque acceptable (faible à très faible), c'est-à-dire qu'ils ne nécessitent pas de mesures supplémentaires de réduction des risques autres que celles déjà prises.

9.3.3. Cartographie des risques

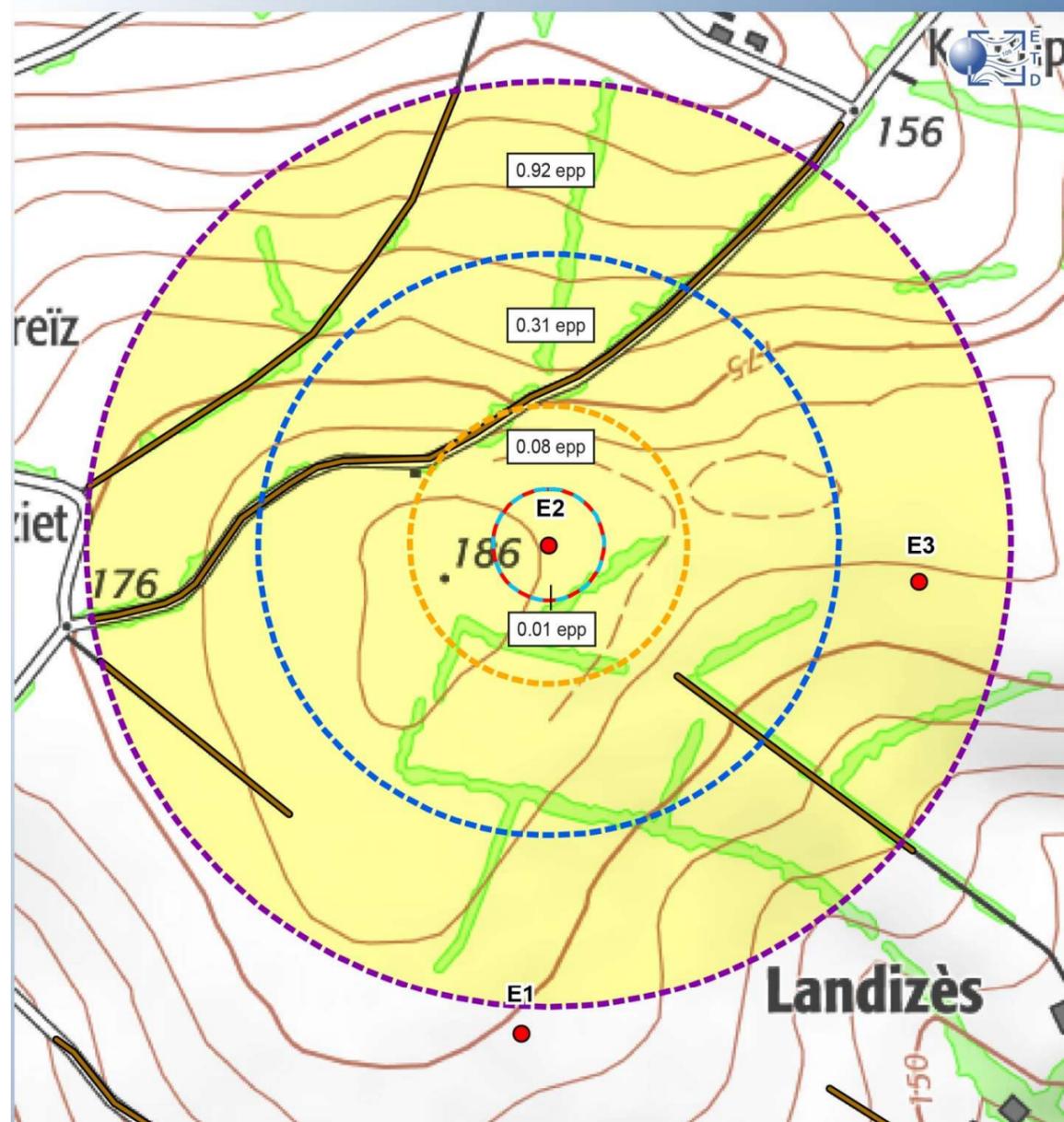
Les cartes de synthèse des risques qui figurent en pages suivantes font apparaître **pour chaque éolienne** et pour chacun des phénomènes dangereux retenus :

- les **enjeux** présents dans les différentes zones d'effet ;
- le **nombre de personnes** permanentes (epp, ou équivalent personnes permanentes) exposées par zone d'effet ;
- L'**intensité** de l'exposition aux différents phénomènes dangereux dans les zones d'effet de ces phénomènes (exposition forte ou modérée).



Carte 11 : Carte de synthèse des risques : éolienne E1

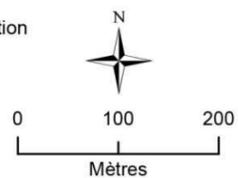
SYNTHÈSE DES RISQUES : ÉOLIENNE E2



Exposition FORTE	Exposition MODÉRÉE	● Eoliennes du projet
<ul style="list-style-type: none"> Effondrement (150m) Chute d'éléments (60m) 	<ul style="list-style-type: none"> Projection d'élément (500m) Projection de glace (314m) Chute de glace (60m) 	

Terrains agricoles
 Voies à faible circulation

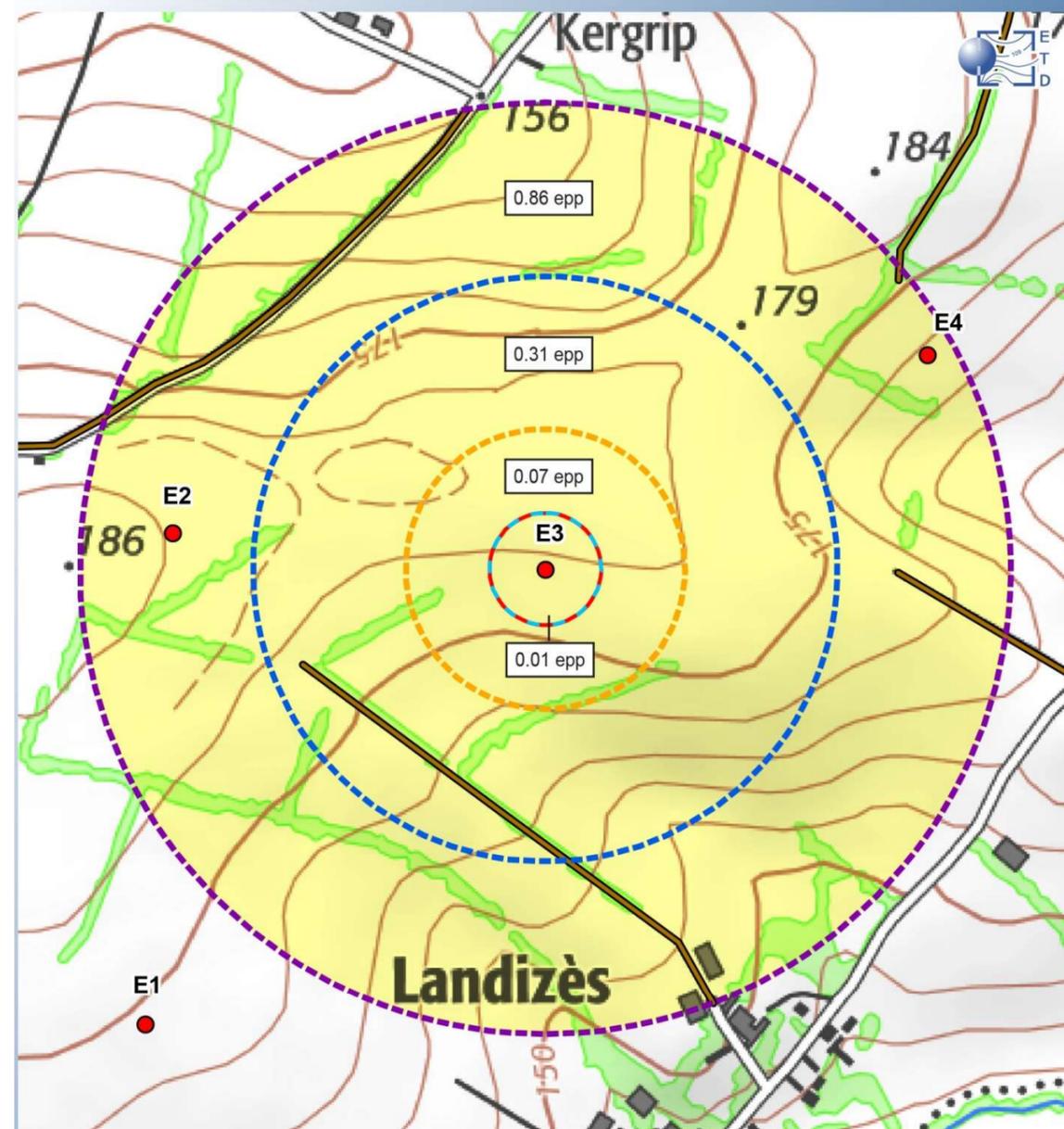
epp : équivalent personnes permanentes



Sources : ETD, ©Scan25 IGN, 2022.

Carte 12 : Carte de synthèse des risques : éolienne E2

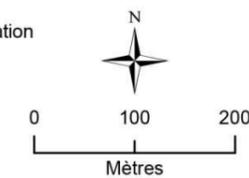
SYNTHÈSE DES RISQUES : ÉOLIENNE E3



Exposition FORTE	Exposition MODÉRÉE	● Eoliennes du projet
<ul style="list-style-type: none"> Effondrement (150m) Chute d'éléments (60m) 	<ul style="list-style-type: none"> Projection d'élément (500m) Projection de glace (314m) Chute de glace (60m) 	

Terrains agricoles
 Voies à faible circulation

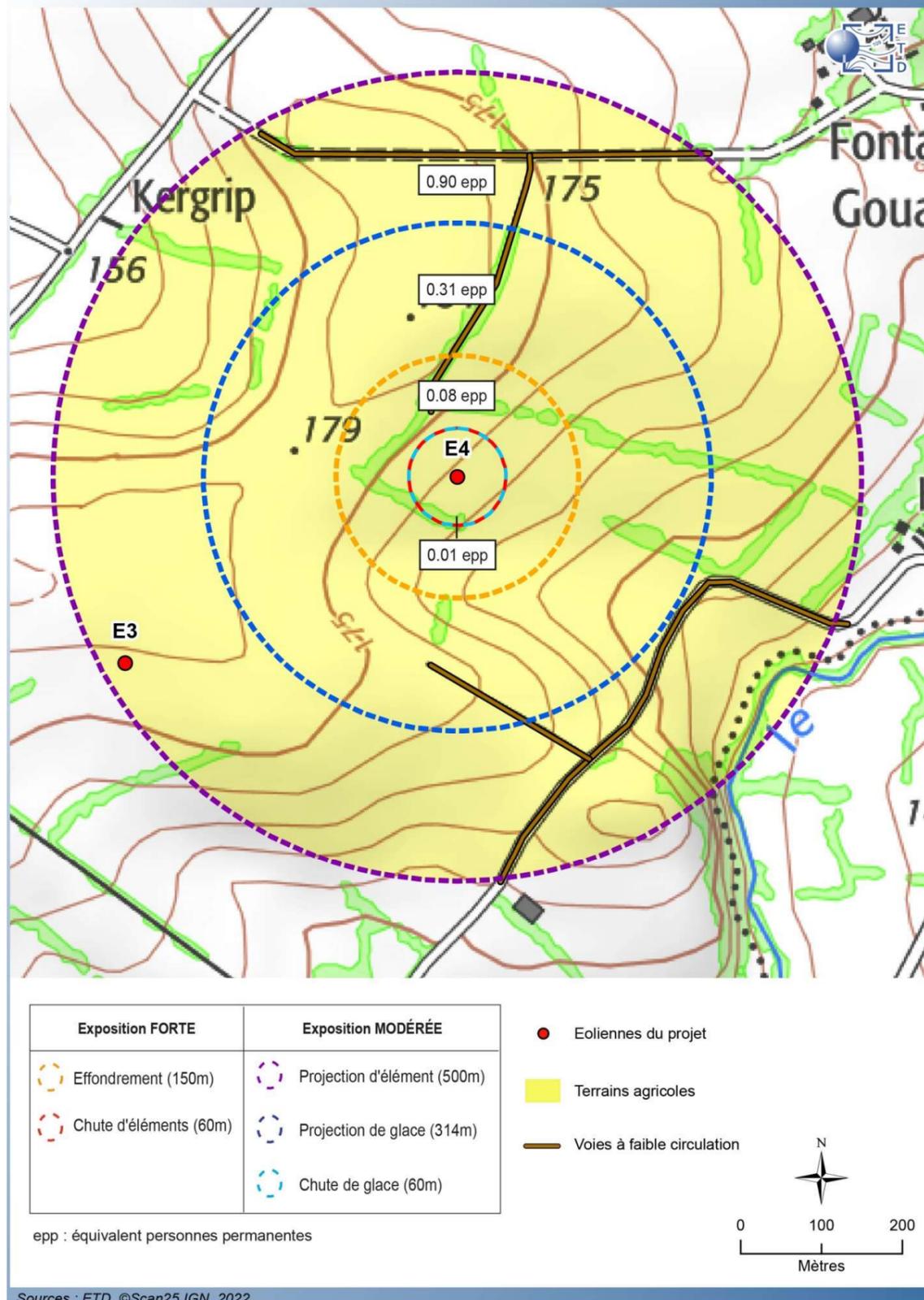
epp : équivalent personnes permanentes



Sources : ETD, ©Scan25 IGN, 2022.

Carte 13 : Carte de synthèse des risques : éolienne E3

SYNTHÈSE DES RISQUES : ÉOLIENNE E4



Carte 14 : Carte de synthèse des risques : éolienne E4

10. CONCLUSION

La présente étude de dangers des 5 éoliennes du projet éolien de Landizès a été réalisée dans le cadre réglementaire des projets d'Installations Classées pour la Protection de l'Environnement et selon la méthodologie décrite par le « Guide technique pour l'élaboration de l'étude de dangers dans le cadre des parcs éoliens »¹⁸.

Le modèle retenu pour ce projet est l'éolienne Vestas V117 (classe IEC I) qui présente un diamètre de rotor de 117 mètres et une hauteur totale maximale de 150 mètres.

L'étude a retenu les 5 évènements suivants susceptibles de générer un risque pour les enjeux humains présents dans le périmètre de l'étude (soit 500 m autour de chaque éolienne) :

- Effondrement de l'éolienne (portée 150 m, probabilité : « rare », gravité : « sérieux ») ;
- Chute d'éléments de l'éolienne (portée 60 m, probabilité : « improbable », gravité : « Sérieux ») ;
- Chute de glace (portée 60 m, probabilité : « courant », gravité : « modéré ») ;
- Projection de glace (portée 314 m, probabilité : « probable », gravité : « modéré ») ;
- Projection d'éléments de pale (portée 500 m, probabilité : « improbable », gravité : « modéré »).

Les enjeux humains considérés sont ceux liés à la fréquentation des différents périmètres concernés : personnes non abritées (promeneurs et agriculteurs) présentes sur les terrains non aménagés (terrains agricoles), ainsi que les véhicules susceptibles d'emprunter les voies de circulation concernées (ici voies non structurantes uniquement).

Compte tenu de la probabilité des évènements retenus et des enjeux humains répertoriés, les risques ont pu être classés de « très faible » à « faible » pour toutes les éoliennes. L'ensemble des risques étudiés se situe dans la zone d'acceptabilité de la grille de criticité applicable, c'est-à-dire qu'ils ne nécessitent pas de mesures supplémentaires de réduction des risques autres que celles déjà prises.

L'ensemble des mesures de prévention et de protection ont été détaillées dans l'étude de dangers. Les principales mesures préventives intégrées aux éoliennes sont :

- des dispositifs de protection contre la foudre ;
- le système de régulation et de freinage par rotation des pales ;
- la déduction de présence de glace ;
- les rétentions d'huile sous le multiplicateur et en tête de mât.

Les différents paramètres de fonctionnement et de sécurité sont gérés par un système de contrôle et de commande informatisé.

Par ailleurs, les éoliennes font l'objet d'une maintenance préventive régulière et corrective par un personnel compétent et spécialisé. La maintenance porte sur le fonctionnement mécanique et électrique ainsi que l'état des composants et des structures de la machine. Une inspection visuelle de la machine et des pales est réalisée lors des maintenances préventives afin de détecter des éventuelles fissures ou défauts. Le niveau de prévention et de protection au regard de l'environnement est considéré comme acceptable. En effet, les accidents répertoriés par l'accidentologie ont dès à présent fait l'objet de mesures intégrées dans la structure des éoliennes « nouvelle génération ». Enfin le respect des prescriptions du 26 août 2011 modifié par l'arrêté du 22 juin 2020 relatif aux installations éoliennes soumises à autorisation permet de s'assurer que l'ensemble des accidents majeurs identifiés lors de cette étude de dangers constitue un risque acceptable pour les personnes.

¹⁸ [19] - SER, FEE, INERIS – Mai 2012. Certaines données du guide ont été actualisées (notamment les données d'accidentologie et les calculs de probabilité qui en découlent).

11. BIBLIOGRAPHIE

- [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 modifié par l'arrêté du 22 juin 2020 relatif aux installations de production d'électricité utilisant l'énergie mécanique du vent au sein d'une installation soumise à autorisation au titre de la rubrique 2980 de la législation des installations classées pour la protection de l'environnement
- [10] Arrêté du 29 Septembre 2005 relatif à l'évaluation et à la prise en compte de la probabilité d'occurrence, de la cinétique, de l'intensité des effets et de la gravité des conséquences des accidents potentiels dans les études de dangers des installations classées soumises à autorisation
- [11] Circulaire du 10 mai 2010 récapitulant les règles méthodologiques applicables aux études de dangers, à l'appréciation de la démarche de réduction du risque à la source et aux plans de prévention des risques technologiques (PPRT) dans les installations classées en application de la loi du 30 Juillet 2003
- [12] Bilan des déplacements en Val-de-Marne, édition 2009, Conseil Général du Val-de-Marne
- [13] Arrêté du 29 Septembre 2005 relatif à l'évaluation et à la prise en compte de la probabilité d'occurrence, de la cinétique, de l'intensité des effets et de la gravité des conséquences des accidents potentiels dans les études de dangers des installations classées soumises à autorisation
- [14] Alpine test site Gütsch : monitoring of a wind turbine under icing conditions- R. Cattin et al.
- [15] Wind energy production in cold climate (WECO), Final report - Bengt Tammelin et al. – Finnish Meteorological Institute, Helsinki, 2000
- [16] Rapport sur la sécurité des installations éoliennes, Conseil Général des Mines - Guillet R., Leteutrois J.-P. - juillet 2004
- [17] Risk analysis of ice throw from wind turbines, Seifert H., Westerhellweg A., Kröning J. - DEWI, avril 2003
- [18] Wind energy in the BSR: impacts and causes of icing on wind turbines, Narvik University College, novembre 2005
- [19] INERIS, SER, FEE, « Elaboration de l'étude de dangers dans le cadre de parcs éoliens – Guide Technique », mai 2012

Normes, arrêtés et circulaires

- Arrêté du 26 août 2011 modifié par l'arrêté du 22 juin 2020 relatif aux installations de production d'électricité utilisant l'énergie mécanique du vent au sein d'une installation soumise à autorisation au titre de la rubrique 2980 de la législation des installations classées pour la protection de l'environnement
- Arrêté du 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
- Circulaire du 10 mai 2010 récapitulant les règles méthodologiques applicables aux études de dangers, 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
- NF EN 61400-1 Eoliennes – Partie 1 : Exigences de conception, Juin 2006

Annexe 1 : Glossaire

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Indépendance d'une mesure de maîtrise des risques : Faculté d'une mesure, de par sa conception, son exploitation et son environnement, à ne pas dépendre du fonctionnement d'autres éléments et notamment d'une

part d'autres mesures de maîtrise des risques, et d'autre part, du système de conduite de l'installation, afin d'éviter les modes communs de défaillance ou de limiter leur fréquence d'occurrence.

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

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

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

Phénomène dangereux : Libération d'énergie ou de substance produisant des effets, au sens de l'arrêté du 29 septembre 2005, susceptibles d'infliger un dommage à des enjeux (ou éléments vulnérables) vivants ou matériels, 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 modifié par l'arrêté du 22 juin 2020 relatif aux installations de production d'électricité utilisant l'énergie mécanique du vent au sein d'une installation soumise à autorisation au titre de la rubrique 2980 de la législation des installations classées pour la protection de l'environnement :

Aérogénérateur : Dispositif mécanique destiné à convertir l'énergie du vent en électricité, composé des principaux éléments suivants : un mât, une nacelle, le rotor auquel sont fixées les pales, ainsi que, le cas échéant, un transformateur

Survitesse : Vitesse de rotation des parties tournantes (rotor constitué du moyeu et des pales ainsi que la ligne d'arbre jusqu'à la génératrice) supérieure à la valeur maximale indiquée par le constructeur.

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

ICPE : Installation Classée pour la Protection de l'Environnement
SER : Syndicat des Energies Renouvelables
FEE : France Energie Eolienne
INERIS : Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques
EDD : Etude de dangers
APR : Analyse Préliminaire des Risques
ERP : Etablissement Recevant du Public
BRGM : Bureau de recherches géologiques et minières
DDRM : Dossier départemental des risques majeurs
ERC : Evènement redouté central
SCADA : *Supervisory control and data acquisition*.
DGAC : Direction générale de l'aviation civile
EPI : Equipement de protection individuel
HSE : Hygiène, sécurité, environnement

Annexe 2 : 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 :

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Annexe 3 : Méthode de comptage des personnes

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

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

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

Terrains non bâtis

- Terrains non aménagés et très peu fréquentés (champs, prairies, forêts, friches, marais...) : compter 1 personne par tranche de 100 ha.
- Terrains aménagés mais peu fréquentés (voies de circulation non structurantes, chemins agricoles, plateformes de stockage, vignes, jardins et zones horticoles, gares de triage...) : compter 1 personne par tranche de 10 hectares.
- Terrains aménagés et potentiellement fréquentés ou très fréquentés (parkings, parcs et jardins publics, zones de baignades surveillées, terrains de sport (sans gradin néanmoins...)) : compter la capacité du terrain et a minima 10 personnes à l'hectare.

Voies de circulation

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

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

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

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

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

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

Chemins et voies piétonnes : Les chemins et voies piétonnes ne sont pas à prendre en compte, sauf pour les chemins de randonnée, car les personnes les fréquentant sont généralement déjà comptées comme habitants ou salariés exposés. Pour les chemins de promenade, de randonnée : compter 2 personnes pour 1 km par tranche de 100 promeneurs/jour en moyenne.

Logements

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

Etablissements recevant du public (ERP)

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

Les commerces et ERP de catégorie 5 dont la capacité n'est pas définie peuvent être traités de la façon suivante :
– compter 10 personnes par magasin de détail de proximité (boulangerie et autre alimentation, presse et coiffeur) ;
– compter 15 personnes pour les tabacs, cafés, restaurants, supérettes et bureaux de poste.

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

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

Zones d'activité

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

Annexe 4 : Accidentologie française

Un inventaire des incidents et accidents en France a été réalisé afin d'identifier les principaux phénomènes dangereux potentiels pouvant affecter un parc éolien. Cet inventaire se base sur le retour d'expérience de la filière éolienne tel que présenté dans le guide technique de conduite de l'étude de dangers [19].

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

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

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

Dans l'état actuel, la base de données élaborée par le groupe de travail de SER/FEE ayant élaboré le guide technique d'élaboration de l'étude de dangers dans le cadre des parcs éoliens [19], et complétée depuis, 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.

Au 18 novembre 2022, 126 accidents (majeurs ou mineurs) ont été recensés en France, dont 96 accidents majeurs.

A ce jour, si on excepte les opérations de maintenance, aucun des accidents français n'a entraîné de victime.

TYPE D'ACCIDENT	DATE	NOM DU PARC	DEPARTEMENT	PUISSANCE (EN MW)	MISE EN SERVICE	TECHNOLOGIE RECENTE	DESCRIPTION SOMMAIRE DE L'ACCIDENT ET DEGATS	CAUSE PROBABLE DE L'ACCIDENT	SOURCE(S) DE L'INFORMATION	COMMENTAIRE PAR RAPPORT A L'UTILISATION DANS L'ETUDE 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	Non Gamesa G52 850	Effondrement d'une éolienne suite au dysfonctionnement du système de freinage	Tempête + dysfonctionnement du système de freinage	Base de données ARIA	-
<p>➤ N°42882 - 28/12/2002 - FRANCE - 11 - NEVIAN <i>Dans un parc de 18 aérogénérateurs en construction, l'une des pales d'une éolienne se détache et entraîne l'effondrement du mât de 40 m. Aucun blessé n'est à déplorer, le technicien supervisant le fonctionnement du parc ne se trouvait pas à proximité. Selon l'exploitant qui n'avait pas encore pris possession de l'installation, une défaillance du système de freinage du rotor serait à l'origine du sinistre. Le vent soufflant à plus de 100 km/h ce jour-là, celui-ci aurait dû bloquer l'hélice.</i></p>										

TYPE D'ACCIDENT	DATE	NOM DU PARC	DEPARTEMENT	PUISSANCE (EN MW)	MISE EN SERVICE	TECHNOLOGIE RECENTE	DESCRIPTION SOMMAIRE DE L'ACCIDENT ET DEGATS	CAUSE PROBABLE DE L'ACCIDENT	SOURCE(S) DE L'INFORMATION	COMMENTAIRE PAR RAPPORT A L'UTILISATION DANS L'ETUDE DE DANGERS
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 Lagerwey	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	-
<p>➤ Accident N°26119 - 01/01/2004 au PORTEL (62) « Une éolienne, parmi les 4 aérogénérateurs hautes de 60 m de la ferme éolienne du Portel inaugurée en mai 2002, se brise durant la nuit en entraînant la chute de sa génératrice et des pales du rotor. » Les aérogénérateurs représentent en tout une puissance de 3 mégawatts. « Les 3 hélices de 25 m sont retrouvées sur la plage. Un défaut de serrage des boulons servant à relier 2 tronçons du mât (défaillance d'entretien) est sans doute à l'origine de l'incident. Selon le concepteur et gérant de cette ferme éolienne, le montant des dommages s'élèverait à plus de 450 000 euros. » D'après l'exploitant, les éoliennes concernées étaient équipées de pales ATV de conception française (fabrication abandonnée), dont le système de fixation au rotor s'est avéré défectueux.</p>										
Effondrement	20/03/2004	Loon Plage – Port de Dunkerque	Nord	0,3	1996	Non Windenergy	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	-
<p>➤ Accident N°29388 - 20/03/2004 à DUNKERQUE (59) « Le vent abat une des 9 éoliennes en service. » Ce 20 mars, la vitesse du vent est de 20 m/s, avec des rafales à 30 m/s. Les éoliennes de la digue du Braek sont arrêtées et les pales mises en drapeau, conformément aux règles techniques. L'éolienne n°5 s'effondre vers 17h, sans créer de victimes. Ce sont les fondations qui ont lâché. Dans les jours qui suivent, les 8 autres éoliennes du parc sont démontées. Après enquête, il s'avère que la fragilisation est due à une erreur de calcul d'un facteur 10 dans le dimensionnement des fondations !</p>										
Rupture de pale	22/06/2004	Pleyber-Christ - Site du Télégraphe	Finistère	0,3	2001	Non Windmaster	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)	Base de données ARIA	-
<p>➤ N°42887 - 22/06/2004 - FRANCE - 29 - PLEYBER-CHRIST Par une nuit de vent fort, une pale de l'une des 5 éoliennes d'un parc se brise en heurtant le mat. Après d'autres désordres similaires (ARIA 42889), le tribunal administratif de Rennes annule en 2005 le permis de construire délivré en 2001. Le site est démantelé en novembre 2011.</p>										
Rupture de pale	08/07/2004	Pleyber-Christ - Site du Télégraphe	Finistère	0,3	2001	Non Windmaster	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)	Base de données ARIA	Incident identique à celui s'étant produit 15 jours auparavant



TYPE D'ACCIDENT	DATE	NOM DU PARC	DEPARTEMENT	PUISSANCE (EN MW)	MISE EN SERVICE	TECHNOLOGIE RECENTE	DESCRIPTION SOMMAIRE DE L'ACCIDENT ET DEGATS	CAUSE PROBABLE DE L'ACCIDENT	SOURCE(S) DE L'INFORMATION	COMMENTAIRE PAR RAPPORT A L'UTILISATION DANS L'ETUDE DE DANGERS
<p>➤ N°42889 - 08/07/2004 - FRANCE - 29 - PLEYBER-CHRIST <i>Par une matinée de vent fort, 3 morceaux de pales d'éolienne (2 de 2,5 m et 1 de 1,5 m) sont retrouvés dans un champ. Aucun blessé n'est déplorer. L'enchaînement de cet accident et d'un autre similaire survenu 2 semaines plus tôt (ARIA 42887) conduit le tribunal administratif de Rennes à annuler en 2005 le permis de construire délivré en 2001. Le site est démantelé en novembre 2011.</i></p>										
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 Jeumont	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	-
<p>➤ Accident N°29385 - 22/12/2004 à MONTJOYER (26) <i>« A la suite d'un dysfonctionnement du dispositif de freinage d'une éolienne, de la fumée et un bruit inhabituel sont perceptibles. Les pompiers envoient 2 fourgons pompes sur les lieux et installent un périmètre de sécurité. Ils constatent que les 3 pales de l'éolienne se sont brisées, 2 sont tombées au sol désintégrées et la 3ème qui est cassée pend. La mise en sécurité est effective après l'arrêt de toutes les éoliennes par l'exploitant ; il n'y a aucune victime sur les lieux. En matière de sécurité une règle locale prévoit de respecter une distance de sécurité entre les voies de circulation et les installations d'éoliennes. Chaque éolienne développe 750 kW et est connectée au réseau 20 000 V. »</i> Ce parc de Montjoyer-Rochefort est équipé de 23 éoliennes de type J48/750 (cf. ci-dessus).</p>										
Rupture de pale	2005	Wormhout	Nord	0,4	1997	Non	Bris de pale		Site Vent de Colère	Information peu précise
Chute de pale	08/10/2006	Pleyber-Christ - Site du Télégraphe	Finistère	0,3	2004	Non Wind-master	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	Base de données ARIA	-
<p>➤ N°42891 - 07/10/2006 - FRANCE - 29 - PLEYBER-CHRIST <i>Une pale d'une des 5 éoliennes d'un parc se décroche et chute au sol, sans faire de victime. Deux autres événements de ce type ont déjà affecté ces aérogénérateurs en 2004 (ARIA 42887 et 42889). L'accident se produit alors que le permis de construire du site a été annulé et qu'une nouvelle demande est en cours d'instruction. Le parc sera finalement démantelé en 2011.</i></p>										
Incendie	18/11/2006	Roquetailla de	Aude	0,66	2001	Oui	Acte de malveillance: explosion de bonbonne de gaz au pied de 2 éoliennes. L'une d'entre elles a mis le feu en pieds de mat qui s'est propagé jusqu'à la nacelle.	Malveillance / incendie criminel	Base de données ARIA	-
<p>➤ N°42909 - 18/11/2006 - FRANCE - 11 - ROQUETAILLADE <i>Vers minuit, un incendie sur deux aérogénérateurs provoque la mise à l'arrêt de l'ensemble du parc éolien (par le système de contrôle automatique). Des chasseurs passant sur place le lendemain donnent l'alerte. Le feu est d'origine criminelle : des saboteurs sont entrés par effraction dans les mâts pour y placer des bouteilles de gaz de 13 kg, des pneus et des hydrocarbures. L'une des nacelles est totalement détruite. Sur l'autre, l'explosion de bouteille de gaz a propulsé une tôle de protection de la nacelle à 50 m et aurait soufflé les flammes. Les dégâts sont estimés à 2 millions d'€. Suite à l'accident, de nombreux détecteurs de présence sont installés sur le site. Les deux éoliennes sont reconstruites 2 ans plus tard dans le cadre de travaux d'extension du parc.</i></p>										

TYPE D'ACCIDENT	DATE	NOM DU PARC	DEPARTEMENT	PUISSANCE (EN MW)	MISE EN SERVICE	TECHNOLOGIE RECENTE	DESCRIPTION SOMMAIRE DE L'ACCIDENT ET DEGATS	CAUSE PROBABLE DE L'ACCIDENT	SOURCE(S) DE L'INFORMATION	COMMENTAIRE PAR RAPPORT A L'UTILISATION DANS L'ETUDE DE DANGERS
Effondrement	03/12/2006	Bondues	Nord	0,08	1993	Non Lagerwey	Sectionnement du mât puis effondrement d'une éolienne dans une zone industrielle	Tempête (vents mesurés à 137Kmh)	Base de données ARIA	-
<p>➤ N°42895 - 03/12/2006 - FRANCE - 59 - BONDUES <i>Une éolienne de 30 m de haut s'effondre sur la grille d'entrée d'une zone industrielle peu avant midi. L'accident ayant eu lieu un week-end, aucune victime n'est à déplorer. La machine installée depuis 13 ans avait fait l'objet d'un contrôle approfondi 5 mois plus tôt. Sectionnée à la base, elle doit être démontée et évacuée. Selon l'exploitant, la rupture se serait produite au cours de violentes rafales de vent. Ministère du développement durable - DGPR / SRT / BARPI - Page 6</i></p>										
Chute 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	Non Vestas V47 660	Rupture d'un morceau de pale de 4 m et éjection à environ 80 m de distance dans un champ	Cause pas éclaircie	Base de données ARIA	-
<p>➤ N°43107 - 02/03/2007 - FRANCE - 50 - CLITOURPS <i>Une pale d'aérogénérateur se brise. Un débris long de 5 m est projeté dans un champ à 200 m du mât. Averti en fin de matinée par un riverain, le maire contacte l'exploitant du parc éolien dont les bureaux sont situés à Montpellier. Celui-ci dépêche sur site son agent de maintenance local afin d'arrêter l'éolienne endommagée qui a continué à fonctionner.</i></p>										
Maintenance - Incendie	1/8/2007	Corbières-Maritime - Port la Nouvelle / Sigean	Aude	8,8	1991 - 1993 - 2000	Non Gamesa G47 Vestas V39 V25	Incendie pendant une maintenance	-	Engie Green	-
Chute d'élément	11/10/2007	Plouvien	Finistère	1,3	2007	Non Siemens SWT 1.3	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.	Base de données ARIA	-
<p>➤ N°42896 - 11/10/2007 - FRANCE - 29 - PLOUVIEN <i>Dans la matinée, un chasseur traversant un parc d'aérogénérateurs découvre une pièce métallique de 50 cm de diamètre. Il alerte un voisin puis la gendarmerie en fin de journée. Il s'agit d'une trappe de visite de 50 cm de diamètre tombée de la nacelle d'une éolienne située 70 m plus haut. Celle-ci est mise à l'arrêt. L'exploitant identifie une défaillance de la charnière de la trappe et modifie l'ensemble des charnières du parc.</i></p>										
Emballlement	10/03/2008	Dinéault	Finistère	0,3	2002	Non Windmaster 28	Emballlement 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	DEPARTEMENT	PUISSANCE (EN MW)	MISE EN SERVICE	TECHNOLOGIE RECENTE	DESCRIPTION SOMMAIRE DE L'ACCIDENT ET DEGATS	CAUSE PROBABLE DE L'ACCIDENT	SOURCE(S) DE L'INFORMATION	COMMENTAIRE PAR RAPPORT A L'UTILISATION DANS L'ETUDE DE DANGERS
<p>➤ Accident N°34340 - 10/03/2008 à DINEAULT (29) « L'une des 4 éoliennes installées depuis les années 2000 sur les hauteurs de Dinéault devient incontrôlable. Des coupures de courant dues à des vents de tempête soufflant à plus 100 km/h ont effectivement endommagé le dispositif d'arrêt automatique des pales prévu en cas de vents trop violents. Un bruit assourdissant est relevé, mais toute intervention humaine se révèle trop risquée tant que la tempête ne s'est pas calmée. En accord avec les services préfectoraux et la gendarmerie, la municipalité prend un arrêté pour établir un large périmètre de sécurité autour de l'installation et interdire les accès piéton et la circulation, aucune habitation n'étant implantée à proximité immédiate de ce site de production d'électricité. Chaque pale mesure 12,50 m, le risque redouté étant que l'une d'entre elles se détache et soit projetée au loin sous les bourrasques de vent. L'une de ces pales avait d'ailleurs commencé à se plier, risquant de frotter contre le mât. »</p>										
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)	Base de données ARIA	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident aéronautique)
<p>➤ N°42884 - 04/04/2008 - FRANCE - 29 - PLOUGUIN Dans l'après-midi, l'aile d'un bimoteur de tourisme léger heurte une pale d'éolienne. Aucun blessé n'est à déplorer. Le pilote, unique passager de l'appareil, réussit à atterrir sur l'aéroport de Brest-Guivapas et déclare l'incident aux autorités de l'aviation civile. Les gendarmes localisent l'éolienne et l'entreprise chargée de sa maintenance est contactée pour l'arrêter et pratiquer une expertise. Les mauvaises conditions météos (selon la préfecture, des "entrées maritimes" rendaient les conditions de vol difficile) ont conduit le pilote à voler au-dessous de l'altitude autorisée.</p>										
Rupture de pale	19/07/2008	Erize-la-Brûlée - Voie Sacrée	Meuse	2	2007	Oui Gamesa G90	Chute de pale et projection de morceaux de pale suite à un coup de foudre	Foudre + défaut de pale	Base de données ARIA	-
<p>➤ N°42904 - 19/07/2008 - FRANCE - 55 - ERIZE-LA-BRULÉE En fin d'après-midi, une trentaine de débris en fibre de verre est retrouvée au sol à 150 m d'un éolienne. Le maire prévient la préfecture de la Meuse et la Protection civile vers 19h15 et l'équipe de permanence de la société exploitant le parc arrête l'éolienne à 19h45. Les projectiles, dont le plus gros mesure 5 m de long et pèse 50 kg, proviennent de l'extrémité d'une pale touchée par la foudre.</p>										
Incendie	28/08/2008	Vauvillers	Somme	2	2006	Oui Vestas V80 2.0	Incendie de la nacelle	Problème au niveau d'éléments électroniques	Base de données ARIA	-
<p>➤ N°43109 - 21/08/2008 - FRANCE - 80 - VAUVILLERS Un incendie se déclare dans la matinée sur des éléments électroniques dans la nacelle d'une éolienne. Par manque de combustible, les flammes s'éteignent avant l'arrivée des secours. L'éolienne dont le mât mesure 100 m de haut est détruite mais la vingtaine d'autres générateurs du parc continue à fonctionner sans incidence sur le réseau de distribution d'électricité.</p>										
Chute 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	Non Neg Micon	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)

TYPE D'ACCIDENT	DATE	NOM DU PARC	DEPARTEMENT	PUISSANCE (EN MW)	MISE EN SERVICE	TECHNOLOGIE RECENTE	DESCRIPTION SOMMAIRE DE L'ACCIDENT ET DEGATS	CAUSE PROBABLE DE L'ACCIDENT	SOURCE(S) DE L'INFORMATION	COMMENTAIRE PAR RAPPORT A L'UTILISATION DANS L'ETUDE DE DANGERS
<p>➤ Accident N°35814 - 26/01/2009 à CLASTRES (02) « Deux techniciens sont électrisés vers 19 h lors de la maintenance de compteurs électriques implantés au 1er niveau d'une éolienne. Gravement brûlés au 3ème degré et sur plus de 50 % du corps, ils sont transportés à l'hôpital en ambulance escortée par la gendarmerie, l'hélicoptère des secours ne pouvant décoller en raison des conditions météorologiques. Les 2 employés portaient leur harnais de sécurité et les compteurs étaient accessibles par un escalier extérieur. Une enquête est effectuée pour déterminer les conditions de l'accident. »</p>										
Rupture de pale	08/06/2009	Bollène	Vaucluse	2,3	2009	Oui	Bout de pale d'une éolienne ouvert	Coup de foudre sur la pale	Interne exploitant	Non utilisable dans les chutes ou les projections (la pale est restée accrochée)
Incendie	21/10/2009	Froidfond - Espinassière	Vendée	2	2006	Oui	Incendie de la nacelle	Court-circuit dans transformateur sec embarqué en nacelle ?	Base de données ARIA	-
<p>➤ N°42906 - 21/10/2009 - FRANCE - 85 - FROIDFOND Un feu se déclare vers 20 h sur l'une des 9 éoliennes de 2 MW d'un parc mis en service 3 ans plus tôt. Les aérogénérateurs sont mis à l'arrêt par le système de contrôle automatique. Les pompiers éteignent l'incendie à 23 h. L'exploitant précise dans un communiqué de presse qu'à l'exception de l'éolienne détruite, aucun autre dommage n'a été observé. Un court-circuit dans le transformateur sec embarqué en nacelle serait à l'origine du sinistre.</p>										
Incendie	30/10/2009	Freyssenet	Ardèche	2	2005	Oui Vestas	Incendie de la nacelle	Court-circuit faisant suite à une opération de maintenance (problème sur une armoire électrique)	Base de données ARIA	-
<p>➤ Accident N°37601 - 30/10/2009 à FREYSSINET (07) « Un feu se déclare vers 18h20 au sommet du rotor d'une éolienne de 70 m de haut, mise en service en 2005. Les secours n'engagent pas de moyens d'extinction mais mettent en place un périmètre de sécurité de 250 m et surveillent l'évolution du sinistre. Le matériel, en fibre de carbone et de verre, fond sous l'effet de la chaleur en dégageant de la fumée et en générant des nuisances olfactives perceptibles dans la vallée de l'Ouvèze. Devant le risque de détachement des pales, le lieu est sécurisé et la circulation interrompue sur la route proche pendant une semaine. Le réseau électrique de l'ensemble du parc éolien (5 aérogénérateurs) est coupé, empêchant le fonctionnement des signaux lumineux préventifs pour les avions. Selon l'exploitant, un court-circuit faisant suite à une opération de maintenance serait à l'origine du sinistre. »</p>										
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	DEPARTEMENT	PUISSANCE (EN MW)	MISE EN SERVICE	TECHNOLOGIE RECENTE	DESCRIPTION SOMMAIRE DE L'ACCIDENT ET DEGATS	CAUSE PROBABLE DE L'ACCIDENT	SOURCE(S) DE L'INFORMATION	COMMENTAIRE PAR RAPPORT A L'UTILISATION DANS L'ETUDE DE DANGERS
Incendie	19/09/2010	Montjoyer-Rochefort	Drôme	0,75	2004	Non Jeumont	Emballement de deux éoliennes et incendie des nacelles.	Maintenance en cours, problème de régulation, freinage impossible, évacuation du personnel, survitesse de +/- 60 tr/min	Base de données ARIA	-
<p>➤ Accident N° 38999 – 19/09/2010 à Rochefort en Valdaire (26). <i>Vers 10 h un feu se déclare simultanément sur 2 éoliennes hautes de 45 m et distantes de 3 km. L'une se disloque et projette des débris entraînant 2 incendies de végétation sur 3 500 et 1 500 m². Les pompiers établissent un périmètre de sécurité et éteignent les flammes vers 11 h. Des techniciens de maintenance se rendent sur place. Selon les secours qui ont constaté de forts coups de vent ce jour-là, le dysfonctionnement des freins hydrauliques automatiques sur 2 éoliennes aurait conduit à leur emballement et à l'incendie.</i> ... </p>										
Maintenance	15/12/2010	Pouillé-les-Coteaux	Loire Atlantique	2,3	2010	Oui Enercon E70 2.3 MW	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.		Base de données ARIA	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident sur le personnel de maintenance)
<p>➤ Accident N° 39464 – 15/12/2010 à POUILLE-LES-COTEAUX (44) <i>« A 10 h, un employé chargé de la maintenance d'une éolienne fait une chute de 3 m à l'intérieur de la nacelle, située à 98 m du sol. Le technicien est gravement blessé au dos mais ne présente ni fracture ni atteinte de la moelle épinière. Une équipe du GRIMP l'évacue par l'extérieur de l'éolienne et le transfère dans un hôpital à Nantes »</i> </p>										
Transport	10/02/2011	Non communiqué	Seine-Maritime	-	-	-	Lors du levage d'éléments d'éoliennes, 1 docker intermédiaire est tué, écrasé entre 2 pylônes.	Non précisée	Base de données ARIA	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident de transport hors site éolien)
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)

TYPE D'ACCIDENT	DATE	NOM DU PARC	DEPARTEMENT	PUISSANCE (EN MW)	MISE EN SERVICE	TECHNOLOGIE RECENTE	DESCRIPTION SOMMAIRE DE L'ACCIDENT ET DEGATS	CAUSE PROBABLE DE L'ACCIDENT	SOURCE(S) DE L'INFORMATION	COMMENTAIRE PAR RAPPORT A L'UTILISATION DANS L'ETUDE DE DANGERS
Rupture de pale	04/01/2012	Widehem	Pas-de-Calais	0,75	2000	Non Jeumont	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	Base de données ARIA	-
<p>➤ Accident N°41578 - 04/01/2012 - FRANCE - 62 - WIDEHEM Alors que le vent souffle en rafales à plus de 100 km/h, les 6 éoliennes d'un parc se mettent en arrêt de sécurité vers 20h50. Sur l'une d'elles, une pale se disloque, percute le mât puis une seconde pale. Des débris sont projetés à 160° jusqu'à 380 m sur 4,3 ha. Des usagers de l'A16 voisine signalent l'accident à l'aube. Sur place à 8h30, la force publique met en place un périmètre de sécurité. La vitesse sur l'autoroute est localement réduite à 90 km/h. La dépose des pales endommagées débute le 09/01. Les 5,4 t de déchets industriels banals, soit 35 m³, sont éliminées par la filière adaptée. ...</p>										
Maintenance	06/02/2012	Lehaucourt-Gricourt	Aisne	2	2008	Oui Vestas V80 2 MW	Lors d'une opération de maintenance dans la nacelle, un arc électrique (690 V) blesse deux sous-traitants, l'un gravement et l'autre légèrement.	Non précisée	Base de données ARIA	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident sur le personnel de maintenance)
<p>➤ Accident N°41628 - 06/02/2012 - FRANCE - 02 - LEHAUCOURT Vers 11 h au cours d'une opération de maintenance dans la nacelle d'une éolienne de 100 m de hauteur, un arc électrique (690 V) blesse deux sous-traitants, l'un gravement (brûlures aux mains et au visage) et l'autre légèrement (brûlures aux mains). Les 2 victimes descendent par leurs propres moyens. Les pompiers hospitalisent l'employé le plus gravement atteint et s'assurent qu'il n'y a plus de risque dans la nacelle. Le maire s'est rendu sur place. La gendarmerie et l'inspection du travail effectuent des enquêtes. Les victimes portaient leurs EPI lors des faits. Un accident similaire s'était produit en 2009 (ARIA 35814).</p>										
Rupture de pale	11/04/2012	Corbières-Maritimes	Aude	0,66	2000	Non	Projection à 20 m d'un débris de pale long de 15 m. Aucun blessé et aucun dégât matériel (en dehors de l'éolienne).	Foudre	Base de données ARIA	-
<p>➤ N°43841 - 11/04/2012 - FRANCE - 11 - SIGEAN Une éolienne se met en arrêt automatique suite à l'apparition d'un défaut à 10 h. Des agents de maintenance la réarment à 12h14. Un défaut de vibration apparaît 11 minutes plus tard. Sur place, les techniciens constatent la présence d'un impact sur le mât et la projection à 20 m d'un débris de pale long de 15 m. Un périmètre de sécurité de 100 m est mis en place et l'éolienne est mise en sécurité (pales en drapeau). Au moment de l'accident, la vitesse du vent était de 10 à 12 m/s. L'inspection des installations classées a été informée. L'expertise d'assurance attribue l'accident à un impact de foudre sur l'éolienne. Un an plus tard, celle-ci est toujours arrêtée.</p>										
Chute de pale	18/05/2012	Chemin d'Ablis	Eure-et-Loir	2	2008	Oui Repower MM92 2.0	Une des trois pales de l'éolienne s'est décrochée. Aucun blessé et aucun dégât matériel (en dehors de l'éolienne).	Rupture du roulement qui raccordait la pale au rotor. Présence de traces de corrosion.	Base de données ARIA	-
<p>➤ Accident N°42919 - 18/05/2012 - FRANCE - 28 - FRESNAY-L'EVEQUE Dans un parc de 26 éoliennes de 2 MW mis en service en 4 ans plus tôt, la détection vers 3 h par le système de supervision d'une oscillation anormale d'un aérogénérateur provoque sa mise à l'arrêt. L'équipe de maintenance d'astreinte constate à 8 h la chute d'une pale (9 t, 46 m) au pied de l'installation et la rupture du roulement qui raccordait la pale au hub. Le pied de mat se situe à 190 m de la D389 et à 400 m de l'A10. ...</p>										

TYPE D'ACCIDENT	DATE	NOM DU PARC	DEPARTEMENT	PUISSANCE (EN MW)	MISE EN SERVICE	TECHNOLOGIE RECENTE	DESCRIPTION SOMMAIRE DE L'ACCIDENT ET DEGATS	CAUSE PROBABLE DE L'ACCIDENT	SOURCE(S) DE L'INFORMATION	COMMENTAIRE PAR RAPPORT A L'UTILISATION DANS L'ETUDE DE DANGERS
Effondrement	30/05/2012	Corbières-Maritimes	Aude	0,2	1991	Non Vestas V25 200	Les rafales de vent à 130 km/h observées durant la nuit ont provoqué l'effondrement de la tour en treillis de 30 m de haut.	Tempête	Base de données ARIA	-
<p>➤ Accident N°43110 - 30/05/2012 - FRANCE - 11 - PORT-LA-NOUVELLE Un promeneur signale à 7h30 la chute d'une éolienne. Les rafales de vent à 130 km/h observées durant la nuit ont provoqué l'effondrement de la tour en treillis de 30 m de haut. Construit en 1991, l'aérogénérateur de 200 kW faisait partie des premières installations de ce type en France. Il était à l'arrêt pour réparations au moment des faits. Le site, ouvert au public, est sécurisé.</p>										
Rupture de pale	01/11/2012	Rézentières - Vieillespesse	Cantal	2,5	2011	Oui Nordex N90 2.5	Un élément de 400 g constitutif d'une pale d'éolienne est projeté à 70 m du mât.	Non précisée	Base de données ARIA	-
<p>➤ Accident N°43120 - 01/11/2012 - FRANCE - 15 - VIEILLESPESE Un élément de 400 g constitutif d'une pale d'éolienne est projeté à 70 m du mât, à l'intérieur de la parcelle clôturée du parc de 4 aérogénérateurs de 2,5 MW mis en service en 2011.</p>										
Incendie	05/11/2012	Corbières-Maritimes	Aude	0,66	2000	Non Vestas V47 660	L'incendie s'est déclaré en partie basse de l'éolienne. Les flammes ont ensuite atteint la nacelle.	Non précisée	Base de données ARIA	-
<p>➤ Accident N°43228 - 05/11/2012 - FRANCE - 11 - SIGEAN Un feu se déclare vers 17 h sur une éolienne de 660 kW au sein d'un parc éolien ; un voisin donne l'alerte à 17h30. Des projections incandescentes enflamment 80 m² de garrigue environnante. Les pompiers éteignent l'incendie vers 21h30. L'exploitant met en place un balisage de sécurité à l'aube le lendemain. A la suite de la chute d'une pale à 15h20, un gardiennage 24 h / 24 est mis en place. ...</p>										
Chute de pale	06/03/2013	Roquetailla de - Escalles-Conilhac	Aude	0,75	2003	Non Jeumont J48 750	Une des trois pales de l'éolienne s'est décrochée. Aucun blessé et aucun dégât matériel (en dehors de l'éolienne).	Problème de fixation de la pale.	Base de données ARIA	-
<p>➤ N°43576 - 06/03/2013 - FRANCE - 11 - CONILHAC-DE-LA-MONTAGNE A la suite d'un défaut de vibration détecté à 19h05, une éolienne se met automatiquement à l'arrêt. Sur place le lendemain à 9 h, des techniciens du constructeur trouvent au sol l'une des 3 pales qui s'est décrochée avant de percuter le mât. L'éolienne est mise en sécurité (2 pales restantes mises en drapeau, blocage du rotor, inspection du moyeu). ...</p>										
Incendie	17/03/2013	Fère-Champenoise-Euvy-Corroy	Marne	2,5	2011	Oui GE 100 2.5	L'incendie s'est déclaré dans la nacelle de l'éolienne. L'incendie a entraîné la chute d'une des trois pales.	Non communiquée	Base de données ARIA	-

TYPE D'ACCIDENT	DATE	NOM DU PARC	DEPARTEMENT	PUISSANCE (EN MW)	MISE EN SERVICE	TECHNOLOGIE RECENTE	DESCRIPTION SOMMAIRE DE L'ACCIDENT ET DEGATS	CAUSE PROBABLE DE L'ACCIDENT	SOURCE(S) DE L'INFORMATION	COMMENTAIRE PAR RAPPORT A L'UTILISATION DANS L'ETUDE DE DANGERS
<p>➤ N°43630 - 17/03/2013 - FRANCE - 51 - EUVY Des usagers de la N4 signalent vers 15h30 un feu dans la nacelle d'une éolienne. L'exploitant arrête 7 des 18 aérogénérateurs du parc. Un périmètre de sécurité de 150 m est mis en place. Le sinistre émet une importante fumée. Une des pales tombe au sol, une autre menace de tomber. Des pompiers spécialisés dans l'intervention en milieux périlleux éteignent le feu en 1 h. ...</p>										
Foudre	20/06/2013	Labastide-sur-Besorgues	07			Oui Enercon E44 900	Pale déchirée par la foudre	Foudre	Base de données ARIA	
<p>➤ N°45016 - 20/06/2013 - FRANCE - 07 - LABASTIDE-SUR-BESORGUES Un impact de foudre endommage vers 15h30 une éolienne : une pale est déchirée sur 6 m de longueur, le boîtier basse tension et le parafoudre en tête d'installation au poste de livraison sont détruits. Des installations du réseau électrique et téléphonique sont également endommagées. L'éolienne est mise en sécurité et un périmètre de sécurité est établi. La municipalité, l'aviation civile (défaut de balisage), les services de l'électricité et du téléphone, la société en charge de la maintenance et l'inspection des installations classées sont informés. L'impact enregistré le plus proche de l'éolienne au moment de l'orage est donné avec une intensité de 94 kA. L'exploitant change les 3 pales et redémarre l'éolienne le 02/08/13. Le fabricant de l'éolienne indique que ce type d'incident est exceptionnel (incursion d'un arc électrique dans la pale conduisant à une montée en pression de l'air intérieur), aucune dérive fonctionnelle du système parafoudre n'ont été trouvées.</p>										
Maintenance	01/07/2013	Haut-Languedoc	Hérault	1,3	2006	Non Siemens SWT62	Un opérateur remplissant un réservoir d'azote sous pression dans une éolienne est blessé par la projection d'un équipement.	Erreur de maintenance	Base de données ARIA	Ne concerne pas directement l'étude de dangers (accident sur le personnel de maintenance)
<p>➤ N°44150 - 01/07/2013 - FRANCE - 34 - CAMBON-ET-SALVERGUES Au cours d'une opération de maintenance dans le hub d'une éolienne (nez qui sert de local technique), un opérateur est blessé par la projection d'une partie amovible de l'équipement sur lequel il intervient. L'intervention porte sur l'appoint en azote d'un accumulateur sous pression. Cet accumulateur est un cylindre de 10 L comportant deux compartiments : l'un contient de l'huile reliée au circuit hydraulique des pales de l'éolienne et l'autre de l'azote sous environ 100 bar de pression. ...</p>										
Maintenance	03/08/2013	Moréac	Morbihan	0,04	2000	Non	Une nacelle élévatrice utilisée pour une intervention de maintenance sur une éolienne perd 270 l d'huile hydraulique.	Erreur de maintenance	Base de données ARIA	Non utilisable directement dans l'étude de dangers (événement unique et sans répercussion potentielle sur les personnes)
Incendie	09/01/2014	Vent de Thiérache 02	Ardenne s	2,5	2013	Oui Nordex N100 2.5	L'incendie s'est déclaré dans la tour de l'éolienne, au niveau des câbles de puissance puis s'est propagé le long du mât pour atteindre la nacelle qui a pris feu.	Défaillance électrique	Base de données ARIA	-
<p>➤ N°44831 - 09/01/2014 - FRANCE - 08 - ANTHENY Un feu se déclare vers 18 h au niveau de la partie moteur d'une éolienne de 2,5 MW. Le parc éolien est isolé électriquement. Un périmètre de sécurité de 300 m est instauré. Le feu s'éteint de lui-même vers 20 h. La nacelle est détruite, le rotor est intact. Le balisage aéronautique de la machine étant hors-service, les services de l'aviation civile sont alertés. La presse évoque un incident électrique pour expliquer le départ de feu. L'éolienne sinistrée est démantelée le 17/06 par basculement à l'explosif. Cette opération nécessite la mise en place d'un périmètre de sécurité d'un kilomètre.</p>										

TYPE D'ACCIDENT	DATE	NOM DU PARC	DEPARTEMENT	PUISSA N-CE (EN MW)	MISE EN SERVICE	TECHNOLOGIE RECENTE	DESCRIPTION SOMMAIRE DE L'ACCIDENT ET DEGATS	CAUSE PROBABLE DE L'ACCIDENT	SOURCE(S) DE L'INFORMATION	COMMENTAIRE PAR RAPPORT A L'UTILISATION DANS L'ETUDE DE DANGERS
Chute de pale	20/01/2014	Corbières-Maritimes	Aude	0,660	2000	Non Vestas V39	Une des trois pales de l'éolienne s'est décrochée. Aucun blessé et aucun dégât matériel (en dehors de l'éolienne).	Problème de fixation de la pale.	Base de données ARIA	-
<p>➤ N°44870 - 20/01/2014 - FRANCE - 11 - SIGEAN <i>Une des éoliennes d'un parc s'arrête automatiquement à 3h09 à la suite d'un défaut "vibration". Sur place à 9h30, les techniciens de maintenance (assurée par le fabricant des éoliennes) retrouvent une pale de 20 m au pied du mât. Les 2 autres pales sont toujours en place. Un périmètre de sécurité de 100 m est établi autour de l'éolienne et surveillé par une société de gardiennage pour éviter l'intrusion de tiers.</i> ... </p>										
Projection d'élément	29/6/2014	Fitou	11		2002	Non Nordex N60 1.3	Projection d'un élément		Engie Green	
Chute de pale	14/11/2014	St-Cirgues-en-Montagne	07			Oui Senvion MM82	Chute d'une pale lors d'un orage. Débris projetés à 150 m	Expertise	Base de données ARIA	
<p>➤ N°45960 - 14/11/2014 - FRANCE - 07 - SAINT-CIRGUES-EN-MONTAGNE <i>La pale d'une éolienne chute vers 15h10 lors d'un orage. Des rafales de vent atteignent les 130 km/h. L'élément principal chute au pied de l'éolienne, mais certains débris sont projetés à 150 m. Les secours établissent un périmètre de sécurité et ferment la voie d'accès. L'exploitant sécurise la pale endommagée et bloque la rotation de la nacelle. L'installation est expertisée et les 8 autres éoliennes du parc sont inspectées.</i> </p>										
Projection d'élément	05/12/2014	Fitou	11		2002	Non Nordex N60 1.3	Extrémité d'une pale projetée à 80 m	Décollement de fibre de verre	Base de données ARIA	-
<p>➤ N°46030 - 05/12/2014 - FRANCE - 11 - FITOU <i>A leur arrivée dans un parc éolien, des techniciens de maintenance constatent que l'extrémité d'une pale d'une éolienne est au sol. Il s'agit d'une des 2 parties de l'aérofrein de la pale. Cette partie, en fibre de verre, mesure 3 m de long. Elle est retrouvée à 80 m du mât. La seconde partie de l'aérofrein constitue sa partie mécanique interne. Ces éléments là sont encore en place sur la pale. L'éolienne est arrêtée et mise en sécurité, la pale endommagée vers le bas. L'exploitant effectue une inspection visuelle des pales des 8 autres éoliennes du parc. En première approche, l'exploitant attribue l'incident à une défaillance matérielle ou à un décollage sur les plaques en fibre de verre. Les morceaux récupérés au sol sont envoyés au centre de maintenance de l'exploitant pour expertise.</i> </p>										
Incendie	29/01/2015	Remigny	02			Oui Siemens SWT 2.3	Incendie en phase de test avant mise en service	Défaut d'isolation	Base de données ARIA	Phase de test
<p>➤ N°46304 - 29/01/2015 - FRANCE - 02 - REMIGNY <i>A 6h25 un feu se déclare dans une éolienne. Celle-ci est automatiquement mise à l'arrêt sur alarme du détecteur de fumée. Sur place à 7h30, des employés constatent la présence de flammes et de fumée. Ils alertent les pompiers. A cause des fumées, ces derniers ne parviennent pas à approcher de la source de l'incendie. Ils doivent attendre leur dissipation. A 9h20 ils réussissent à progresser dans l'éolienne et éteignent l'incendie. Les dommages matériels sont estimés à 150 ke. Les 1 500 l d'eau utilisés pour le nettoyage sont pompés.</i> </p>										
Incendie	06/02/2015	Lusseray	79			Enercon E82	Départ de feu dans une armoire électrique	Court-circuit pendant maintenance	Base de données ARIA	Maintenance
<p>➤ N°46237 - 06/02/2015 - FRANCE - 79 - LUSSERAY <i>Vers 15h30, un feu se déclare dans une éolienne, au niveau d'une armoire électrique où interviennent 2 techniciens. Ces derniers éteignent l'incendie avec 2 extincteurs. L'éolienne est hors service le temps des réparations</i> </p>										

TYPE D'ACCIDENT	DATE	NOM DU PARC	DEPARTEMENT	PUISSANCE (EN MW)	MISE EN SERVICE	TECHNOLOGIE RECENTE	DESCRIPTION SOMMAIRE DE L'ACCIDENT ET DEGATS	CAUSE PROBABLE DE L'ACCIDENT	SOURCE(S) DE L'INFORMATION	COMMENTAIRE PAR RAPPORT A L'UTILISATION DANS L'ETUDE DE DANGERS
Chute de pale	5/4/2015	Roquetailla de	Aude	0,75	2003	Non Jeumont J48 750	Chute de pale	-	Engie Green	-
Projection d'élément	19/5/2015	Fitou	Aude	0,75	2002	Non Nordex N60 1.3	Projection d'un élément		Engie Green	
Projection d'élément	20/5/2015	Fitou	Aude	0,75	2002	Non Nordex N60 1.3	Projection d'un élément		Engie Green	
Incendie	24/08/2015	SANTILLY	28		2006	Nordex N90	Départ de feu dans la génératrice	-	Base de données ARIA	
<p>➤ N°47062 - 24/08/2015 - FRANCE - 28 - SANTILLY <i>Un feu se déclare vers 13h30 sur le moteur d'une éolienne situé à 90 m de hauteur. La nacelle étant trop haute pour la grande échelle des pompiers, ces derniers décident de laisser brûler le foyer sous surveillance. Les chemins menant à l'éolienne sont interdits à la circulation.</i></p>										
Chute de pale	10/11/2015	MENIL-LA-HORGNE	55		2007	Senvion Repower MD 77	Chute et destruction du rotor complet	Défaut métallurgique sur l'arbre lent	Base de données ARIA	
<p>➤ N°47377 - 10/11/2015 - FRANCE - 55 - MENIL-LA-HORGNE <i>Vers 22h30, les 3 pales et le rotor d'une éolienne, dont la nacelle se situe à 85 m de haut, chutent au sol. Le transformateur électrique, à son pied, est endommagé. De l'huile s'en écoule mais reste confinée dans la rétention. Le centre de supervision à distance du parc constate la perte de communication avec l'éolienne. Il la découple du réseau. Le lendemain, les agents de maintenance constatent sur place la rupture du rotor. Ils sécurisent la zone. Les 6 autres éoliennes du parc sont mises à l'arrêt. Les débris, disséminés sur 4 000 m², sont ramassés.</i> ... </p>										
Chute d'élément	07/02/2016	CONILHAC - CORBIERES	11		2014	Enercon E70 2,3MW	Chute de l'aérovein d'une pale	Rupture d'un câble	Base de données ARIA	
<p>➤ N°47675 - 07/02/2016 - FRANCE - 11 - CONILHAC-CORBIERES <i>Vers 11h30, l'aérovein d'une des 3 pales d'une éolienne se rompt et chute au sol. L'exploitant procède à l'arrêt de l'ensemble du parc éolien à distance. Les secours sécurisent les lieux. Les premières investigations indiqueraient qu'un point d'attache du système mécanique de commande de l'aérovein (système à câble) se serait rompu, ce qui aurait actionné l'ouverture de l'aérovein. Du fait des fortes charges présentes sur le rotor, l'axe en carbone qui maintient l'aérovein à la pale et/ou le point d'ancrage de cet axe, se serait alors rompu. Une campagne de contrôle des pales, aéroveins et de la chaîne de sécurité de chaque éolienne est réalisée.</i></p>										
Projection de pale	08/02/2016	DINEAULT	29		1999	Windmaster 300 kW	Rupture d'une pale	Forte tempête	Base de données ARIA	

TYPE D'ACCIDENT	DATE	NOM DU PARC	DEPARTEMENT	PUISSANCE (EN MW)	MISE EN SERVICE	TECHNOLOGIE RECENTE	DESCRIPTION SOMMAIRE DE L'ACCIDENT ET DEGATS	CAUSE PROBABLE DE L'ACCIDENT	SOURCE(S) DE L'INFORMATION	COMMENTAIRE PAR RAPPORT A L'UTILISATION DANS L'ETUDE DE DANGERS
<p>➤ N°47680 - 08/02/2016 - FRANCE - 29 - DINEAULT Lors d'une tempête, des vents à 160 km/h endommagent une éolienne : une pale chute au sol, une autre se déchire. La pale rompue est retrouvée à 40 m du pied du mat. Dans les 2 cas, les manchons des pales sont restés arrimés au moyeu. L'exploitant met en sécurité les 4 éoliennes du parc. Les secours établissent un périmètre de sécurité de 350 m. L'éolienne, de 29 m de hauteur, datait de 1999 (puissance unitaire de 300 kW).</p>										
Projection de pale et d'éléments	07/03/2016	CALANHEL	22		2009	Gamesa G58	Chute d'une pale et projection d'éléments mécaniques	Rupture du système d'orientation de la pale	Base de données ARIA	
<p>➤ N°47763 - 07/03/2016 - FRANCE - 22 - CALANHEL Vers 18 h, une des pales d'une éolienne se rompt et chute à 5 m du pied du mât. La turbine s'arrête automatiquement. L'exploitant est alerté par un agriculteur. Un intervenant se rend sur place et constate les dégâts. Le mât est endommagé dans sa partie haute, causé par un choc avec la pale, sans présenter de risque de chute. Il balise la zone pour prévenir des chutes possibles d'éléments du rotor. 8 autres turbines du parc sont mises à l'arrêt. Les gros débris composés de matériaux composites et d'éléments mécaniques métalliques, projetés sur 50 m, sont regroupés pour expertise. A l'origine, une rupture du système d'orientation. L'inspection des éléments mécaniques au sol et du rotor permet d'envisager une défaillance du système d'orientation de la pale. L'éolienne avait fait l'objet d'une maintenance complète en septembre 2015.</p>										
Écoulement d'huile	28/5/2016	JANVILLE	28		2007	Nordex N90	Écoulement d'huile sous la nacelle	Défaillance d'un raccord	Base de données ARIA	
<p>➤ N°48264 - 28/05/2016 - FRANCE - 28 - JANVILLE À 15h15, un employé constate un écoulement d'huile sous la nacelle d'une éolienne. Il arrête celle-ci et contacte l'équipe de maintenance. Arrivés à 17 h, les agents mettent en place des absorbants. L'écoulement d'huile est récupéré avant d'avoir atteint le sol. La défaillance d'un raccord sur le circuit de refroidissement de l'huile de la boîte de vitesse de l'éolienne est à l'origine de la fuite. L'installation est réparée 2 jours plus tard. L'exploitant engage une campagne de remplacement des raccords identiques du parc.</p>										
Incendie	10/08/2016	HESCAMP S	80		2008	WinWind WWD64	Départ de feu au niveau du rotor	Défaillance électrique	Base de données ARIA	
<p>➤ N°48426 - 10/08/2016 - FRANCE - 80 - HESCAMPS Vers 15 h, un feu se déclare dans la partie haute d'une éolienne, au niveau du rotor. Un technicien maîtrise l'incendie avant l'arrivée des pompiers. Il redescend seul les 70 m de l'échelle intérieure de l'éolienne. Il est légèrement intoxiqué par les fumées. Les pompiers contrôlent l'extinction complète et procèdent à la ventilation. Une défaillance électrique serait à l'origine du départ de feu.</p>										
Incendie	18/08/2016	DARGIES	60		2014	Enercon E82	Départ de feu dans la nacelle	Défaillance électrique	Base de données ARIA	
<p>➤ N°48471 - 18/08/2016 - FRANCE - 60 - DARGIES Un technicien de maintenance d'un parc éolien constate vers 9 h qu'une éolienne ne tourne plus. Il découvre que de la fumée s'échappe de la tête de l'éolienne, à 80 m de haut. Des pompiers spécialisés dans les interventions en milieux périlleux effectuent une reconnaissance en partie haute de la machine. Ils ouvrent une trappe de ventilation. Une défaillance électrique serait à l'origine de l'incendie. L'armoire électrique ou le pupitre de commande en serait le point de départ.</p>										

Depuis août 2016 :

ARIA	49104	Rupture des pales d'une éolienne	12/01/2017	TUCHAN	11	FRANCE
Causes premières:		Vent,Wind,Rupture,Failure	Machine: Nordex N43			
https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/accident/49104/						
Vers 4 h, au cours d'un épisode de vents violents, les 3 pales d'une éolienne chutent au sol. L'exploitant collecte les morceaux de fibre de carbone répartis autour du mat de 40 m de l'éolienne. Des impacts sur le mat sont visibles. Il met en place des barrières et un gardiennage pour en sécuriser l'accès.						
...						
ARIA	49151	Chute d'une pale d'une éolienne	18/01/2017	NURLU	80	FRANCE
Causes premières:		Vent,Wind,Rupture,Failure	Machine: Gamesa G90			
https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/accident/49151/						
Un particulier constate qu'une pale d'éolienne est tombée au sol et s'est brisée en plusieurs morceaux. Il informe l'exploitant qui arrête toutes les machines du parc en activité. Arrivés sur site à 11h30, des agents demandent la mise en sécurité de l'éolienne et mettent en place un périmètre de sécurité autour de la zone. Selon la presse, la tempête survenue quelques jours auparavant pourrait être à l'origine de la chute. Sur place le lendemain, l'inspection des installations classées constate que les 2/3 de la pale sont brisés, mais que son armature est toujours en place. L'essentiel des débris se situe à moins de 90 m du mât. Les débris les plus lourds sont à moins de 27 m.						
ARIA	49374	Chute d'un élément d'une pale d'éolienne	27/02/2017	TRAYES	79	FRANCE
Causes premières:		Rupture,Failure>Action non requise (réalisée)	Machine: Gamesa G90			
https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/accident/49374/						
Vers 22 h, le système d'exploitation d'un parc éolien émet des alarmes portant sur l'éolienne n°4 : mise à l'arrêt de l'éolienne et incohérence entre les vitesses de rotation du rotor et de l'arbre de la génératrice électrique. Le lendemain matin, l'exploitant constate sur place que les 7 derniers mètres d'une pale de 44 m, se sont désolidarisés. Plusieurs fragments de la pale sont projetés jusqu'à 150 m du mât, haut lui-même de 78 m. L'exploitant place les 4 éoliennes du parc en position de sécurité et initie des expertises. Il collecte les débris et sécurise le site.						
...						
ARIA	49359	Rupture d'une pale d'éolienne	27/02/2017	LAVALLEE	55	FRANCE
Causes premières:		Vent,Wind,Rupture,Failure	Machine: Gamesa G90			
https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/accident/49359/						
Lors d'un orage, la pointe d'une pale d'éolienne se rompt. L'extrémité, de 7 à 10 m, est retrouvée au sol, en 3 morceaux, à 200 m de l'éolienne. L'ensemble du parc éolien, qui compte 4 éoliennes de 2 MW et 80 m de haut, est mis à l'arrêt. Les débris sont ramassés et traités par une société spécialisée, pour expertise. Un orage violent s'est abattu sur la zone de 18 h à 18h30.						
...						
ARIA	49746	Feu dans la nacelle d'une éolienne	06/06/2017	ALLONNES	28	FRANCE
Causes premières:		Mode dégradé,Degraded mode	Machine: Vestas V112			
https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/accident/49746/						
Vers 18 h, un feu se déclare dans la nacelle d'une éolienne. L'exploitant met en sécurité les 17 machines du parc éolien. Les secours coupent la circulation sur la N154. L'incendie s'éteint seul, à la fin de la combustion de la nacelle, vers 19h30. La nacelle et le rotor sont totalement calcinés. Une partie des pales ainsi que le haut du mât ont été touchés par l'incendie. Des éléments sont tombés au sol. L'exploitant met en place un gardiennage.						
...						
ARIA	49768	Chute de pale d'éolienne due à la foudre	08/06/2017	AUSSAC-VADALLE	16	FRANCE
Causes premières:		Foudre,Lightning	Machine: Gamesa G90			
https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/accident/49768/						

Durant la nuit lors d'un orage, une partie d'une pale d'une éolienne chute au sol. Le lendemain matin, l'exploitant arrête les 4 éoliennes de son parc. Il collecte les débris tombés dans une zone de 50 à 100 m du mât et met en place un balisage. Il avertit l'exploitant agricole propriétaire du champ où est installée l'éolienne. L'expertise réalisée par le fabricant de la pale conclut qu'un impact de foudre est à l'origine de sa rupture. Survenu à 35 cm de l'extrémité, il a entraîné la rupture du bord de fuit, puis une déchirure du fragment. Le dispositif de protection contre la foudre ne montre pas de défaut.

ARIA	49902	Chute d'une pale d'éolienne	24/06/2017	CONCHY-SUR-CANCHE	62	FRANCE
Causes premières:		Rupture,Failure	Machine:		Ecotecnia 80	
https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/accident/49902/						

Vers 23h30, une pale d'une éolienne se brise au niveau de sa jonction avec le rotor dans un parc éolien. La pale chute à la verticale, au pied du mat. Les quelques débris projetés sont présents dans un rayon de 20 m. L'exploitant arrête l'installation ainsi que les 4 autres aérogénérateurs du site, du même modèle. Il met en place un périmètre de sécurité et condamne l'accès au site. Le vent était faible au moment de l'événement.

ARIA	50291	Chute d'un aérofrein d'une éolienne	17/07/2017	FECAMP	76	FRANCE
Causes premières:		Mode dégradé,Degraded mode	Machine:		Neg Micon NM52	
https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/accident/50291/						

Vers 23h30, un aérofrein se détache d'une pale d'éolienne dans un parc éolien. Le lendemain matin, un agent de maintenance découvre l'équipement au pied du mât de 49 m. La clôture du site est endommagée. L'éolienne est arrêtée. Un arrêt pour maintenance étant programmé 6 jours après, les autres aérogénérateurs du site sont maintenus en fonctionnement. Durant cet arrêt, les mécanismes d'aérofreins et les pales de toutes les machines sont inspectées. L'aérofrein défectueux est remplacé. L'installation redémarre le 16/08/17.

...

ARIA	50898	Fuite d'huile sur une éolienne	24/07/2017	MAURON	56	FRANCE
Causes premières:		Perte de confinement , étanchéité (sans rupture)	Machine:		Gamesa G90	
https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/accident/50898/						

Une fuite d'huile est détectée vers 17 h sur une éolienne. La rupture d'un flexible du circuit hydraulique de l'aérogénérateur en est à l'origine. Le rejet, estimé à 5 l, s'est écoulé le long du mât et quelques gouttes sont tombées au sol. L'éolienne est arrêtée et des absorbants sont disposés au sol. Le flexible est remplacé. L'éolienne redémarre le lendemain.

Une société spécialisée réalise un diagnostic de l'état des milieux sur 3 500 m² en réalisant 7 sondages du sol. Seule une zone de pollution de 2 m² sur 10 cm de profondeur est identifiée au pied du mât. Une société de traitement évacue ces graviers impactés. La vétusté du flexible serait à l'origine de la fuite.

ARIA	50148	Bris d'une pale d'éolienne	05/08/2017	PRIEZ	2	FRANCE
Causes premières:		Rupture,Failure	Machine:		Siemens SWT 2.3	
https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/accident/50148/						

Vers 3 h une pale d'éolienne se brise en son milieu et tombe au sol. Les débris sont retrouvés par l'exploitant au pied du mât le matin. Il en sécurise l'accès et fait surveiller la zone. L'inspection des installations classées demande la mise à l'arrêt de tous les aérogénérateurs du parc dans l'attente de la compréhension de l'événement.

ARIA	50694	Chute du carénage d'une éolienne	08/11/2017	ROMAN	27	FRANCE
Causes premières:		Rupture,Failure,Mal effectuée	Machine:		Vestas V90	
https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/accident/50694/						

En fin d'après-midi, le carénage de la pointe de la nacelle d'une éolienne tombe au sol dans un parc éolien. Cette pièce, en matériaux composites, mesure 2 m de diamètre et pèse plusieurs dizaines de kg. Elle supporte une armoire électrique. Les agents de maintenance, avertis par une alarme "arrêt automatique turbine" à 17h30, se rendent sur place le lendemain matin. Ils sécurisent l'accès à la zone et préviennent l'exploitant agricole de la parcelle. L'ensemble du parc éolien est mis à l'arrêt.

...

ARIA	50913	Chute d'une éolienne lors d'une tempête	01/01/2018	BOUIN	85 FRANCE
Causes premières:		Vent,Panne totale (HS),Action non requise (réalisée)	Machine:	Gamesa G90	
https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/accident/50913/					
En début de matinée lors d'une tempête, le mât d'une éolienne de 60 m de haut se brise en 2. Les 55 m supérieurs de l'éolienne chutent au sol. Des débris s'éparpillent sur une surface assez importante. Le rotor est enfoncé dans le sol. Les pompiers mettent en place un périmètre de sécurité. L'exploitant arrête les 7 autres éoliennes du parc. Il met en place un gardiennage. L'exploitant réalise une expertise de l'éolienne mise en service en 2003, ...					
ARIA	50905	Chute d'une pale d'éolienne	04/01/2018	NIXEVILLE-BLERCOURT	55 FRANCE
Causes premières:		Vent,Wind,Défauts matériels,Hardware defects	Machine:	Gamesa G90	
https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/accident/50905/					
Dans un parc éolien, l'extrémité d'une pale d'une éolienne de 2 MW se rompt lors d'un épisode venteux. Un morceau de 20 m chute au sol. L'exploitant sécurise la zone. Les morceaux les plus éloignés sont ramassés à 200 m. Un gardiennage est mis en place 24 h/24.					
ARIA	51122	Chute de l'aérofrein d'une pale d'éolienne	06/02/2018	CONILHAC-CORBIERES	11 FRANCE
Causes premières:		Rupture,Failure	Machine:	Enercon E70	
https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/accident/51122/					
Vers 11h30, l'aérofrein d'une pale d'éolienne chute au sol dans un parc éolien. L'équipe technique présente sur site arrête l'aérogénérateur. La zone est sécurisée, les débris ramassés. À la suite d'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. Un accident similaire est survenu sur ce parc 2 ans auparavant (ARIA 47675).					
ARIA	53153	Défaillance mécanique d'une éolienne	08/03/2018	VILLERS-GRELOT	25 FRANCE
Causes premières:		Défauts matériels,Hardware defects	Machine:	GE 2.75 100	
https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/accident/53153/					
Dans un parc de 14 éoliennes, l'alarme de suivi des vibrations de composants mobiles de l'une d'elle s'active. La machine s'arrête automatiquement. Une équipe de l'exploitant se rend sur place. Elle constate qu'une dent de l'arbre rapide, situé entre le multiplicateur et la génératrice, est cassée. Aucune conséquence n'est relevée sur d'autres composants ou l'environnement. ...					
ARIA	51675	Incendies criminels dans un parc éolien	01/06/2018	MARSANNE	26 FRANCE
Causes premières:		Acte de malveillance,Malicious intent	Machine:	Vestas V80	
https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/accident/51675/					
Vers 2h30, un feu se déclare au pied d'une éolienne dans un parc composé de 8 aérogénérateurs. L'incendie se propage jusqu'à sa nacelle. Les pompiers placent des lances en prévention de l'extension du sinistre à la végétation car des morceaux incandescents chutent au sol. Ils maîtrisent l'incendie. La nacelle est entièrement brûlée ainsi que la base des pales mais celles-ci restent en place. Une deuxième éolienne fait également l'objet d'un départ de feu, mais celui-ci est resté confiné à sa base. Des barrières sont posées sur les accès et un gardiennage est effectué.La gendarmerie conclut que l'origine de l'événement est criminelle : les portes d'accès aux éoliennes impliquées ont été fracturées et du combustible est découvert. L'exploitant estime les dégâts à 2 M€.					
ARIA	51853	Chute des extrémités de 2 pales d'une éolienne	04/07/2018	PORT-LA-NOUVELLE	11 FRANCE
Causes premières:		Rupture,Failure	Machine:	Vestas	
https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/accident/51853/					
Vers 18 h, une avarie est constatée sur 2 des pales d'une éolienne : leurs extrémités se sont disloquées. Des éléments sont projetés à 150 m du mât après s'être décrochées. L'exploitant met en place un périmètre de sécurité. L'aérogénérateur est mis en position de sécurité. Un gardiennage permanent est mis en oeuvre, pendant 4 jours, le temps d'évacuer tous les débris.L'inspection des installations classées se rend sur place 2 jours après et demande à l'exploitant de :nettoyer la zone pour évacuer l'ensemble des débris et les remettre à une filière agréée ;maintenir un gardiennage jusqu'à la mise en place d'un balisage renforcé autour de l'éolienne ;maintenir le parc éolien à l'arrêt jusqu'aux résultats des investigations menées pour connaître l'origine de l'incident et la mise en oeuvre d'actions préventives / correctives préconisées sur les 4 autres éoliennes du parc.					

ARIA	52641	Incendie d'éolienne propagé à la végétation	28/09/2018	SAUVETERRE	81 FRANCE
Causes premières:		Chaleur intense,Heat wave,Défauts matériels,Hardware defects	Machine:	Vestas V80	
https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/accident/52641/					
Vers 2h, un feu se déclare au niveau de la nacelle d'une éolienne dans un parc éolien. Un riverain donne l'alerte. L'exploitant arrête les 4 aérogénérateurs du site. Les pompiers rencontrent des difficultés d'accès à la zone sinistrée. Des éléments enflammés chutent au sol. L'incendie se propage à la végétation voisine. Les pompiers maîtrisent le sinistre à 6h30. Ils maintiennent une surveillance en raison des risques de reprise de feu. L'exploitant met en place un balisage et un gardiennage de la zone.La nacelle, les pales et des armoires de commande en pied de mât sont détruits. La machine est démantelée début novembre. L'incendie impacte également 2,5 ha de végétation, essentiellement une plantation de résineux, qui ont brûlé.La présence de 2 foyers et de traces d'effraction sur la porte d'accès amènent les secours à conclure à un acte de malveillance.					
ARIA	52498	Fuite d'huile hydraulique sur une éolienne	17/10/2018	FLERS-SUR-NOYE	80 FRANCE
Causes premières:		Mal effectuée,Yet poorly executed,Non effectuée,Yet not executed	Machine:	Gamesa G97	
https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/accident/52498/					
Vers midi, un technicien de maintenance détecte une fuite d'huile hydraulique depuis la nacelle d'une éolienne. L'aérogénérateur est arrêté. 150 l d'huiles sont récupérés. L'exploitant du parc éolien estime que 50 l ont été perdus. Sous l'effet du vent, la zone impactée au pied de l'éolienne, ainsi que des terrains cultivés adjacents, est de 2 000 m². Une partie des cultures est perdue. Les terres polluées sont décapées sur une dizaine de cm. Elles sont stockées sur une bâche étanche avant leur retraitement. ...					
ARIA	52558	Effondrement d'une éolienne	06/11/2018	GUIGNEVILLE	45 FRANCE
Causes premières:		Panne,Malfunction,Autre,Other	Machine:	Ecotecnia 100	
https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/accident/52558/					
Vers 6 h, une éolienne, d'une hauteur en bout de pale de 140 m, s'effondre dans un parc éolien composé de 2 aérogénérateurs (3 MW). Des riverains donnent l'alerte. L'exploitant arrête l'autre éolienne ainsi que les éoliennes de même type dans 4 autres parcs. Un balisage et une surveillance sont mis en place.L'inspection des installations classées constate sur site que le mat s'est arraché de sa base en béton. Les filetages des boulons de fixation du mât sont arasés et les écrous sont arrachés. Des fissures circulaires sont présentes au niveau de la base en béton. Un arrêt de mesures d'urgence est signé par le préfet. Le rapport d'analyse par l'exploitant est tierce expertisé. Il est conclu qu'une sur-vitesse de rotation des pales de l'éolienne a conduit à une surcharge de contraintes sur la structure, provoquant son effondrement. ...					
ARIA	52653	Chute de 3 aérofreins dans un parc éolien	18/11/2018	CONILHAC-CORBIERES	11 FRANCE
Causes premières:		Rupture,Failure	Machine:	Enercon E70	
https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/accident/52653/					
Les 3 aérofreins en extrémité des pales d'une éolienne chutent au sol, au pied du mât. L'équipe technique constate l'incident en se rendant sur site le lendemain en raison de l'arrêt de l'aérogénérateur. L'installation est mise en sécurité. Les débris, contenus dans un rayon de 150 m au pied du mât, sont ramassés et stockés avant traitement et recyclage en filaire agréée.L'éolienne s'est arrêtée à la suite de l'ouverture de la chaîne de sécurité. La rupture des parties en fibre de verre ainsi que de l'axe en carbone de fixation de l'aérofrein est constatée.Un accident similaire est survenu sur ce parc au début 2018 (ARIA 51122).					
ARIA	52638	Chute d'une pale d'éolienne	19/11/2018	OLLEZY	2 FRANCE
Causes premières:		Rupture,Failure	Machine:	Nordex N117	
https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/accident/52638/					
À 11h30, un agent de surveillance d'un parc éolien constate la rupture d'une pale d'une éolienne. Des 40 m de l'équipement, les 30 derniers sont tombés au sol. L'exploitant arrête les 9 aérogénérateurs du site. Les communes environnantes sont prévenues. La zone est sécurisée et un balisage du pied de la turbine et de la pale au sol est mis en place. Le site est placé sous surveillance.Les 8 autres éoliennes du parc, mis en exploitation l'année précédente, redémarrent un mois et demi plus tard.					
ARIA	52838	Incendie sur une éolienne	03/01/2019	LA LIMOUZINIÈRE	44 FRANCE
Causes premières:		Danger latent,Latent hazard,Rupture,Failure	Machine:	Senvion MM92	
https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/accident/52838/					
Vers minuit, un feu se déclare au niveau de la nacelle d'une éolienne de 78 m de haut. Des riverains donnent l'alerte. L'exploitant arrête les 4 autres éoliennes du parc à 2h05. De nombreux débris enflammés tombent au sol. Un feu se déclare au pied de l'aérogénérateur. Les pompiers mettent en place un périmètre de sécurité de 150 m. Ils quittent le site à l'arrivée des équipes de l'exploitant vers 3h30. Celles-ci mettent en place un kit anti-pollution, des coulures d'huile étant visibles le long du mât. La nacelle de l'éolienne est détruite ainsi que la base des 3 pales. Une incertitude majeure plane sur leur tenue mécanique. Des traces d'huile hydraulique sont présentes jusqu'à 100 m du pied du mât.L'exploitant met en place un balisage et un gardiennage. Le périmètre de sécurité est porté à 200 m. ...					

ARIA	52967	Chute d'une pale d'éolienne	17/01/2019	BAMBIDERSTROFF	57 FRANCE
Causes premières:		Perte de confinement , étanchéité (sans rupture),Loss of confinement , seal (without a break),Rupture,Failure	Machine:		Gamesa G80
https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/accident/52967/					
Vers 15 h dans un parc éolien, une pale d'éolienne se rompt. 2 morceaux chutent au sol, l'un de 5 m (coque) et l'autre de 28 m (fibre de verre). Ce dernier est projeté à 100 m de l'éolienne. L'exploitant arrête les 5 autres aérogénérateurs du parc à 15h17. Il met en place un périmètre de sécurité et ramasse la totalité des débris. Selon les premières éléments d'analyse, un défaut d'adhérence (manque de matière) entre la coque en fibre de verre et le coeur de la pale serait à l'origine de cette rupture.					
ARIA	52993	Incendies criminels dans un parc éolien	20/01/2019	ROUSSAS	26 FRANCE
Causes premières:		Acte de malveillance,Malicious intent	Machine:		Vestas V66
https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/accident/52993/					
Dans la nuit, un feu se déclare sur 2 éoliennes d'un parc composé de 12 aérogénérateurs. Les éoliennes sont lourdement endommagées.D'après la presse, il s'agit d'un acte criminel. Un accident similaire était survenu en juin 2018, dans un parc éolien proche appartenant au même exploitant (ARIA 51675).					
ARIA	53010	Rupture du mât d'une éolienne	23/01/2019	BOUTAVENT	60 FRANCE
Causes premières:		Perte d'utilité externe,Loss of external utility,Mode dégradé,Degraded mode	Machine:		Winwind WD64
https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/accident/53010/					
Vers 14h40, le mât de 66 m d'une éolienne se plie en 2 en son milieu. Des débris sont projetés dans un rayon de 300 m. Les pompiers mettent en place un périmètre de sécurité de 500 m.Une coupure de courant impacte vers 13h30 le parc éolien, comptant 2 aérogénérateurs. Les pales de l'éolienne accidentée ne se sont pas mises en drapeau et sont restées en position de production, alors que le générateur était à l'arrêt. ...					
ARIA	53139	Chute d'une pale d'éolienne	30/01/2019	ROQUETAILLADE	11 FRANCE
Causes premières:		Rupture,Failure	Machine:		Gamesa G47
https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/accident/53139/					
Vers 13 h, une pale d'une éolienne se rompt et chute au sol. Un périmètre de sécurité est mis en place autour de l'éolienne. L'exploitant arrête les 27 autres aérogénérateurs du parc. Un arrêté préfectoral d'urgence soumet leur redémarrage à l'accord de l'inspection des installations classées.Le parc éolien a connu des événements similaires, notamment en 2013 (ARIA 43576). Selon la presse, le site aurait également été victime d'un acte de malveillance en 2006.					
ARIA	53562	Fissurations sur des roulements de pales d'éoliennes	12/02/2019	AUTECHAUX	25 FRANCE
Causes premières:		Défauts matériels,Hardware defects	Machine:		GE 2.75 100
https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/accident/53562/					
A la suite d'une fissuration constatée sur une bague extérieure de roulement de pale d'une éolienne d'un parc éolien de même technologie hors de France, l'exploitant réalise des inspections de cette pièce sur 3 de ses parcs éoliens comprenant 43 éoliennes.Ces contrôles mettent en évidence 6 fissurations sur des roulements de pale, positionnés entre la base de la pale et le moyeu. Ces roulements permettent la rotation de la pale sur elle-même pour les orienter face au vent et lancer, ajuster ou stopper la production. ...					
ARIA	53429	Eolienne touchée par la foudre	02/04/2019	EQUANCOURT	80 FRANCE
Causes premières:		Foudre,Lightning	Machine:		Gamesa G90
https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/accident/53429/					
Dans l'après-midi, lors d'un épisode orageux, la foudre touche une des 12 éoliennes d'un parc éolien. Un élu constate une trace noire sur une des pales de la machine. Il alerte le gestionnaire du site. Après constat sur place, l'éolienne est arrêtée à distance à 18h30. Une équipe technique, arrivée sur place à 20h37, place les pales en drapeau et positionne la pale impactée vers le bas, le long du mât, pour éviter tout risque complémentaire. ...					

ARIA	53479	Électrisation lors de la maintenance d'une éolienne	15/04/2019	CHAILLY-SUR-ARMANCON	21	FRANCE
Causes premières:		Interventions humaines,Human interventions	Machine:	SG 2.1-114		
https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/accident/53479/						
Vers 12h15, un sous-traitant est électrisé par un courant de 20 000 V dans une éolienne. Les pompiers interviennent sur les lieux. Un technicien effectue des reconnaissances au sommet de l'éolienne afin de vérifier si celle-ci est endommagée. L'éolienne est sécurisée par le personnel de maintenance. La victime est légèrement blessée. Elle est transportée en centre hospitalier.						
ARIA	53857	Incendie sur une éolienne	18/06/2019	QUESNOY-SUR-AIRAINES	80	FRANCE
Causes premières:		Autre,Other	Machine:	Siemens SWT-2.3		
https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/accident/53857/						
Vers 17 h, un feu se déclare sur une éolienne située dans un parc éolien qui en compte 5. Les équipes de maintenance du site maîtrisent l'incendie. Les pompiers alertés par le parc éolien réalisent des contrôles thermiques pour confirmer l'extinction. Le lendemain, des pièces déposées au pied de l'éolienne à la suite de l'incendie sont dérobées. D'après la presse, un court-circuit sur un condensateur est à l'origine du sinistre.						
ARIA	53860	Feu de moteur d'éolienne	25/06/2019	AMBON	56	FRANCE
Causes premières:		Action requise,Action mandatory	Machine:	Ecotecnia 80 1.6		
https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/accident/53860/						
Vers 15h45, lors d'une opération de maintenance au niveau du système d'orientation des pales d'une éolienne, un feu se déclare au niveau de la nacelle de cette éolienne dans un parc mis en service en 2008 comportant 6 machines de 120 m pour une puissance totale de 10,02 MW. Voyant des étincelles, les techniciens alertent les secours. Un périmètre de sécurité de 500 m est mis en place. Le parc est mis à l'arrêt. Des éléments structurels de l'éolienne chutent au sol. L'incendie est maîtrisé vers 18h50. Des fuites d'huile avaient été constatées en 2015 et 2018 sans avoir été nettoyées.						
ARIA	53894	Chute d'un bout de pale d'une éolienne	27/06/2019	CHARLY-SUR-MARNE	2	FRANCE
Causes premières:		Défauts matériels,Hardware defects	Machine:	Gamesa G90		
https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/accident/53894/						
Vers 9 h, deux techniciens intervenant sur une éolienne pour maintenance constatent qu'une pale d'une autre éolienne présente un angle anormal. Ils demandent au centre de maintenance l'arrêt à distance de cette éolienne. Vers 9h30, lors de la mise à l'arrêt, le bout de la pale abîmée est projeté en 2 morceaux, l'un à 15 m de l'éolienne, l'autre à 100 m dans l'enceinte du parc éolien.						
...						

ARIA	53955	Impact de foudre sur une pale d'éolienne	03/07/2019	SIGEAN	11	FRANCE
Causes premières:		Foudre,Lightning,Rupture,Failure	Machine:	Repower MM92		
https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/accident/53955/						
A 18 h, une éolienne d'un parc s'arrête automatiquement à la suite d'une alarme vibration provoquée par un impact de foudre. Le lendemain, à 10 h, l'exploitant constate un impact sur le milieu de la pale et une ouverture du bout de pale sur 2 m. L'exploitant découpe l'extrémité de la pale endommagée pour éviter sa rupture complète. Le morceau de pale est stocké en vue d'une expertise. La machine est à l'arrêt et le rotor en position de sécurité.						
ARIA	54407	Chute d'aérofreins en bout de pale d'une éolienne	04/09/2019	ESCALES	11	FRANCE
Causes premières:		Mode dégradé,Degraded mode,Rupture,Failure	Machine:	Jeumont J48		
https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/accident/54407/						
Vers 19h30, l'arrêt d'urgence d'une éolienne se déclenche sans cause identifiée. Cet arrêt est anormalement brutal si bien que 2 aérofreins se détachent d'une des pales de l'éolienne. L'un est retrouvé à 5 m du pied de l'éolienne, l'autre à 65 m. L'exploitant arrête l'ensemble des éoliennes du parc. Le rotor de l'éolienne incriminée est bloqué mécaniquement. Un périmètre de sécurité de 20 m est mis en place. Les débris ramassés sont envoyés vers une filière de recyclage agréée.						
ARIA	54761	Chute du capot de la nacelle d'une éolienne	28/11/2019	HANGEST-EN-SANTERRE	80	FRANCE
Causes premières:		-	Machine:	Gamesa G114		
https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/accident/54761/						

Dans un parc éolien, le capot se situant à l'extrémité de la nacelle d'une éolienne se décroche et tombe au sol. L'éolienne concernée ainsi que l'ensemble du parc sont mis à l'arrêt. L'exploitant et l'opérateur de maintenance inspectent l'éolienne et l'ensemble du parc.

ARIA	54898	Perte de contrôle d'une éolienne lors d'une mise en service	06/12/2019	AVELANGES	21	FRANCE
Causes premières:		Vent, Wind, Mal effectuée,	Machine:		EnVision 2.5 131	
https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/accident/54898/						
Vers 15 h, alors qu'une équipe d'installation réalise un travail d'étiquetage sur une éolienne, cette dernière commence à tourner malgré l'absence de raccordement électrique. L'équipe évacue en urgence par l'échelle. Les secours mettent en place un périmètre de sécurité de 800 m autour de l'équipement. ...						
ARIA	54810	Chute d'une partie de la pale d'une éolienne	09/12/2019	LA FORET-DE-TE SSE	16	FRANCE
Causes premières:		Rupture, Failure	Machine:		Vestas V110	
https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/accident/54810/						
Vers 18 h, un riverain constate la chute d'un bout de pale de 7 m d'une des 12 éoliennes du parc. L'éolienne concernée s'arrête. L'exploitant met en sécurité les 11 autres éoliennes. Un périmètre de sécurité de 150 m et une surveillance sont mis en place pour interdire l'accès au public. La pale s'est brisée en 3 morceaux principaux (2 points de rupture à 16,5 m et 47 m de la racine de la pale). ...						
ARIA	54985	Fumée blanche au niveau d'une éolienne	16/12/2019	POINVILLE	28	FRANCE
Causes premières:		Décomposition de produits , réaction parasite,	Machine:		Nordex N90	
https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/accident/54985/						
Vers 12h30, un feu sans flamme se déclare sur une éolienne d'un parc éolien. A 13h10, de la fumée blanche est constatée. Les pompiers mettent en place un périmètre de sécurité et surveillent l'équipement. Vers 16 h, il n'y a plus de fumée, les pompiers inspectent la machine en pied et quittent le site vers 17 h. Seules les gaines protectrices des câbles de puissance ont brûlé sur 10 m de long. L'expert en assurance suppose une combustion sans flamme et estime la température atteinte en nacelle en dessous de 100 °C. L'exploitant inspecte toutes les autres éoliennes du même type. Il transmet l'information au fabricant et à la filière.						
ARIA	54820	Incendie sur une éolienne	17/12/2019	AMBONVILLE	52	FRANCE
Causes premières:		Défauts matériels, Hardware defects	Machine:		Vestas V90	
https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/accident/54820/						
A 14h20, un feu se déclare en partie basse d'une éolienne. Les pompiers interviennent à l'aide d'un extincteur à poudre. L'origine du départ de feu serait liée à une défaillance électrique.						
ARIA	55331	Chute d'un joint de pale d'une éolienne	22/01/2020	SAINT-SEINE-L'ABBAYE	21	FRANCE
Causes premières:		Vent, Wind, Déformation ,	Machine:		Vestas V90	
https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/accident/55331/						
Au cours d'une patrouille de routine à 11 h, un gendarme trouve un joint de pale au pied d'une éolienne. Il contacte l'exploitant par le numéro d'urgence. L'entreprise de maintenance se rend sur place pour récupérer l'équipement. L'incident est sans conséquence, le joint permet principalement de diminuer les turbulences au niveau du rotor. ...						
ARIA	55055	Rupture d'une pale d'éolienne lors du passage d'une tempête	09/02/2020	BEAUREVOIR	2	FRANCE
Causes premières:		Vent, Wind	Machine:		Gamesa G80	
https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/accident/55055/						
Dans la nuit, une pale d'une éolienne située dans un parc composée de 5 machines, se brise lors du passage de la tempête Ciara. L'exploitant se rend sur place pour sécuriser la zone. L'éolienne était à l'arrêt, pour une opération de maintenance, au moment de la tempête. ...						
ARIA	55227	Endommagement d'une nacelle d'éolienne lors d'une tempête	09/02/2020	WANCOURT	62	FRANCE
Causes premières:		Phénomène météo, Weather phenomenon	Machine:		Vestas V80	
https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/accident/55227/						

Le lendemain du passage de la tempête Ciara, des dommages sont visibles au niveau de l'aileron de la nacelle d'une éolienne. L'exploitant sécurise l'accès au site par la mise en place d'un périmètre de sécurité. L'aileron est sanglé par les pompiers puis le lendemain par le maintenancier. L'éolienne ne redémarrera pas avant que les causes profondes de l'incident ne soient déterminées.

ARIA	55311	Rupture d'une pale sur une éolienne	26/02/2020	THEIL-RABIER	16	FRANCE
Causes premières:		Rupture,Failure	Machine: Vestas V110			
https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/accident/55311/						
Une pale d'éolienne se rompt sur un parc comportant 12 éoliennes. L'éolienne s'arrête en sécurité et le reste des machines du parc sont mises à l'arrêt à distance par l'exploitant. Un périmètre de sécurité est mis en place. Le morceau principal reste accroché à la base de la pale. Des fragments de fibre sont retrouvés au sol au pied de la machine.						
...						
ARIA	55133	Incendie sur une éolienne	29/02/2020	BOISBERGUES	80	FRANCE
Causes premières:		Perte de confinement , étanchéité	Machine: XEMC 93			
https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/accident/55133/						
Vers 13h25, un feu se déclare au niveau du moteur d'une éolienne. L'électricité est coupée et l'éolienne est mise à l'arrêt. Un technicien et le groupe d'intervention en milieu périlleux des pompiers sont sur place. Le feu est resté sur le mât sans atteindre les pâles. L'éolienne est hors-service.L'incendie est probablement dû à une fuite d'huile.						
ARIA	55294	Incendie d'une nacelle d'une éolienne	24/03/2020	FLAVIN	12	FRANCE
Causes premières:			0 Machine: Gamesa G87			
https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/accident/55294/						
A 9h40, un feu se déclare au niveau de la nacelle d'une éolienne. Un riverain alerte les pompiers qui préviennent l'exploitant. A 9h42, l'exploitant perd la communication avec l'éolienne. La caméra du site confirme l'incendie. Le disjoncteur est ouvert à distance. Les pompiers mettent en place un périmètre de sécurité.						
...						
ARIA	55461	Arrêt d'éoliennes à la suite de décès d'oiseaux	30/03/2020	POISEUL-LA-VILLE-ET-LAPERRIERE	21	FRANCE
Causes premières:		Autre agression naturelle	Machine: Nordex N117			
https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/accident/55461/						
Un parc éolien est mis à l'arrêt à la suite de la découverte de 2 cadavres de Milan royal (rapace diurne, espèce strictement protégée, sensible à l'éolien par collision) au pied de 2 éoliennes. Un bureau d'étude, mandaté par l'exploitant d'un parc éolien, fait ce constat dans le cadre du suivi environnemental de ces oiseaux en période de migration.						
...						
ARIA	55360	Ecoulement d'huile hydraulique le long d'une éolienne	10/04/2020	RUFFIAC	56	FRANCE
Causes premières:		Défauts matériels,	Machine: Vestas V110			
https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/accident/55360/						
Une entreprise responsable de la maintenance d'un parc éolien constate une 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.L'origine de la fuite est un défaut au niveau de l'accumulateur de l'éolienne. Une enquête est en cours par la société en charge de la maintenance, afin d'adapter les points de contrôle.						
ARIA	55456	Incendie d'une éolienne au sol pour démantèlement	20/04/2020	LE VAUCLIN	972	FRANCE
Causes premières:		Autre	Machine: Vergnet GEV MP 275/32			
https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/accident/55456/						
Peu avant 14 h, un feu se déclare sur le générateur d'une éolienne déposée au sol en vue de son démantèlement, programmé au 2ème trimestre 2020, dans un parc éolien comportant 4 éoliennes. Le parc est à l'arrêt depuis le début de l'année 2020. L'incendie de l'huile du transformateur électrique se propage aux broussailles à proximité.						
...						

Annexe 5 : Scénarios génériques 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 (« G » pour les scénarios concernant la glace, « I » pour ceux concernant l'incendie, « F » pour ceux concernant les fuites, « C » pour ceux concernant la chute d'éléments de l'éolienne, « P » pour ceux concernant les risques de projection, « E » pour ceux concernant les risques d'effondrement).

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

Scénario G01

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

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

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

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

Scénario G02

La projection de glace depuis une éolienne en mouvement interviendra lors d'éventuels redémarrages de la machine encore « glacée », ou en cas de formation de glace sur le rotor en mouvement simultanément à une défaillance des systèmes de déduction de présence de givre et de balourd.

Aux faibles vitesses de vents (vitesse de démarrage ou « cut in »), les projections resteront limitées au surplomb de l'éolienne. A vitesse de rotation nominale, les éventuelles projections seront susceptibles d'atteindre des distances supérieures au surplomb de la machine.

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

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

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

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

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

L'incendie peut aussi être provoqué par l'échauffement des pièces mécaniques en cas d'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 dangers une description des protocoles qui seront mis en place en cas de pertes d'utilités.

Scénarios relatifs aux risques de fuites (F01 à F02)

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

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

Scénario F01

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

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

Deux événements peuvent être aggravants :

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

Scénario F02

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

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

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

Ce scénario est à adapter en fonction des produits utilisés.

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

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

Les scénarios 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.

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

Si l'éolienne est en fonctionnement la zone d'effet sera déterminée en fonction de l'étude balistique et du site.

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

Scénario P01

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

Scénario P02

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

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

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

Scénarios P03

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

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

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

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

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

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