

Résumé Non Technique

Étude de dangers du projet de parc éolien de Louargat

Département : Côtes d'Armor (22)

Commune : Louargat



Contact

Thibaud SAURET
Parc Oberthur
74C rue de Paris
35000 RENNES

Réalisation :

ENCIS Environnement

Rédacteur : Mathieu BRUNEAU

**Tome n°5.2 :
Résumé Non Technique
de l'Étude de dangers**

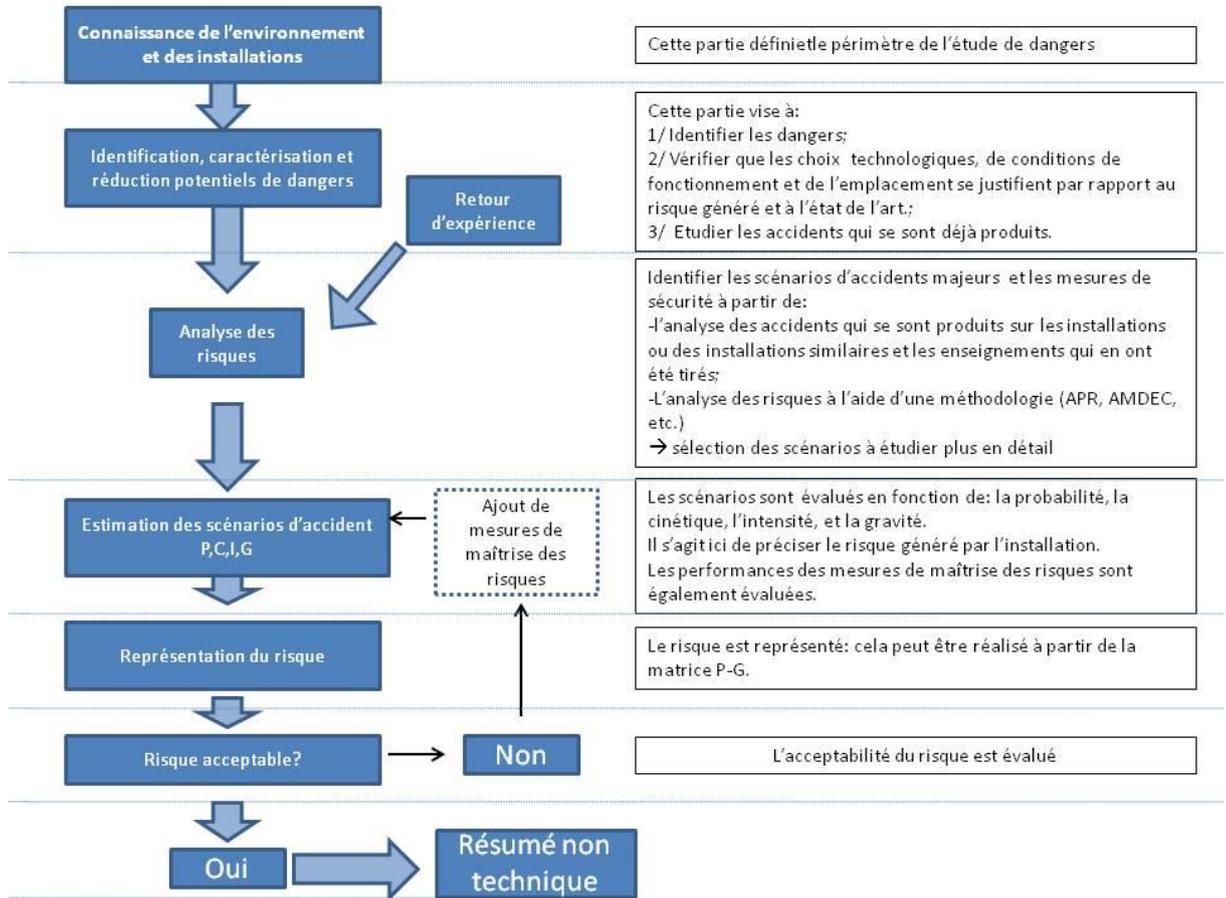
Indice	Établi par	Corrigé par	Validé par	Commentaires et date
0	Mathieu Bruneau	Valérian CANTEGRIL	Elisabeth GALLET- MILONE	Première émission 09/12/2019
				
1	Mathieu Bruneau	Marine Gillot	Elisabeth GALLET- MILONE	03/11/2021
				

SOMMAIRE

1.	ÉTAPES ET OBJECTIFS DE L'ETUDE DE DANGERS.....	4
2.	INFORMATIONS GENERALES CONCERNANT L'INSTALLATION	4
2.1.	Renseignements administratifs.....	4
2.2.	Localisation du site	5
2.3.	Définition de l'aire d'étude.....	7
3.	DESCRIPTION DE L'ENVIRONNEMENT DE L'INSTALLATION.....	8
3.1.	Environnement.....	8
3.2.	Cartographie de synthèse.....	9
4.	DESCRIPTION DE L'INSTALLATION.....	13
4.1.	Caractéristiques générales d'un parc éolien.....	13
4.2.	Composition de l'installation	14
4.3.	Fonctionnement de l'installation.....	17
4.4.	Réduction des potentiels de dangers à la source.....	17
5.	CONCLUSION DE L'ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES	17
6.	SYNTHESE DE L'ETUDE DETAILLEE DES RISQUES.....	18
6.1.	Tableaux de synthèse des scénarios étudiés.....	18
6.2.	Synthèse de l'acceptabilité des risques.....	18
7.	CONCLUSION.....	25
	ANNEXES : DEFINITIONS	27

1. ÉTAPES ET OBJECTIFS DE L'ETUDE DE DANGERS

Le graphique ci-dessous synthétise les différentes étapes et les objectifs de l'étude de dangers :



2. INFORMATIONS GENERALES CONCERNANT L'INSTALLATION

2.1. RENSEIGNEMENTS ADMINISTRATIFS

Le porteur de projet du parc éolien de Louargat est Eoliennes du Méné Honégué, filiale de VSB Énergies Nouvelles.

L'activité principale de VSB Énergies Nouvelles est le développement de projets d'implantation de fermes éoliennes et de centrales solaires en France.

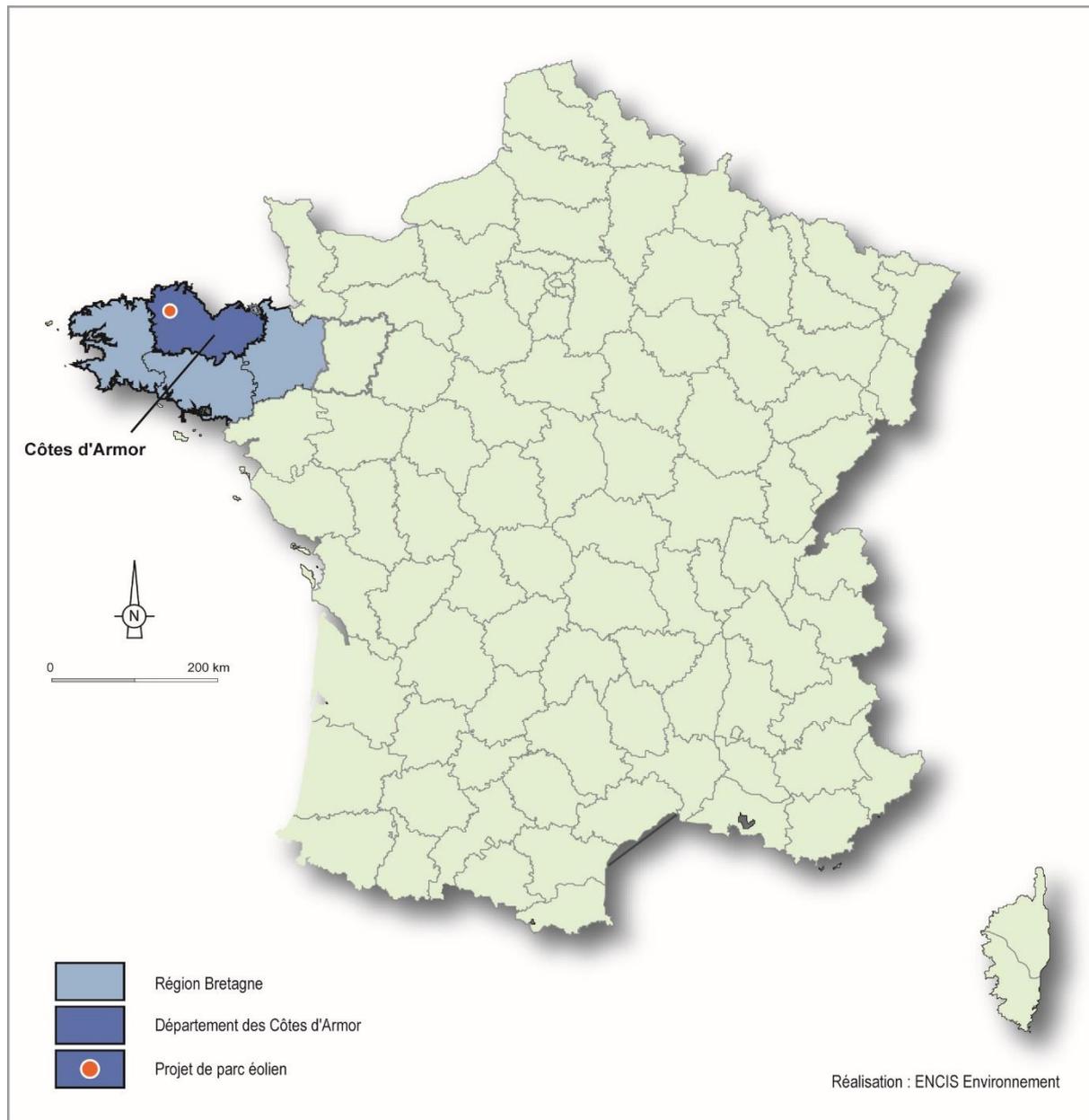
La réalisation de cette étude de dangers a été effectuée par Mathieu BRUNEAU, d'ENCIS Environnement.

PRESENTATION DE VSB ÉNERGIES NOUVELLES

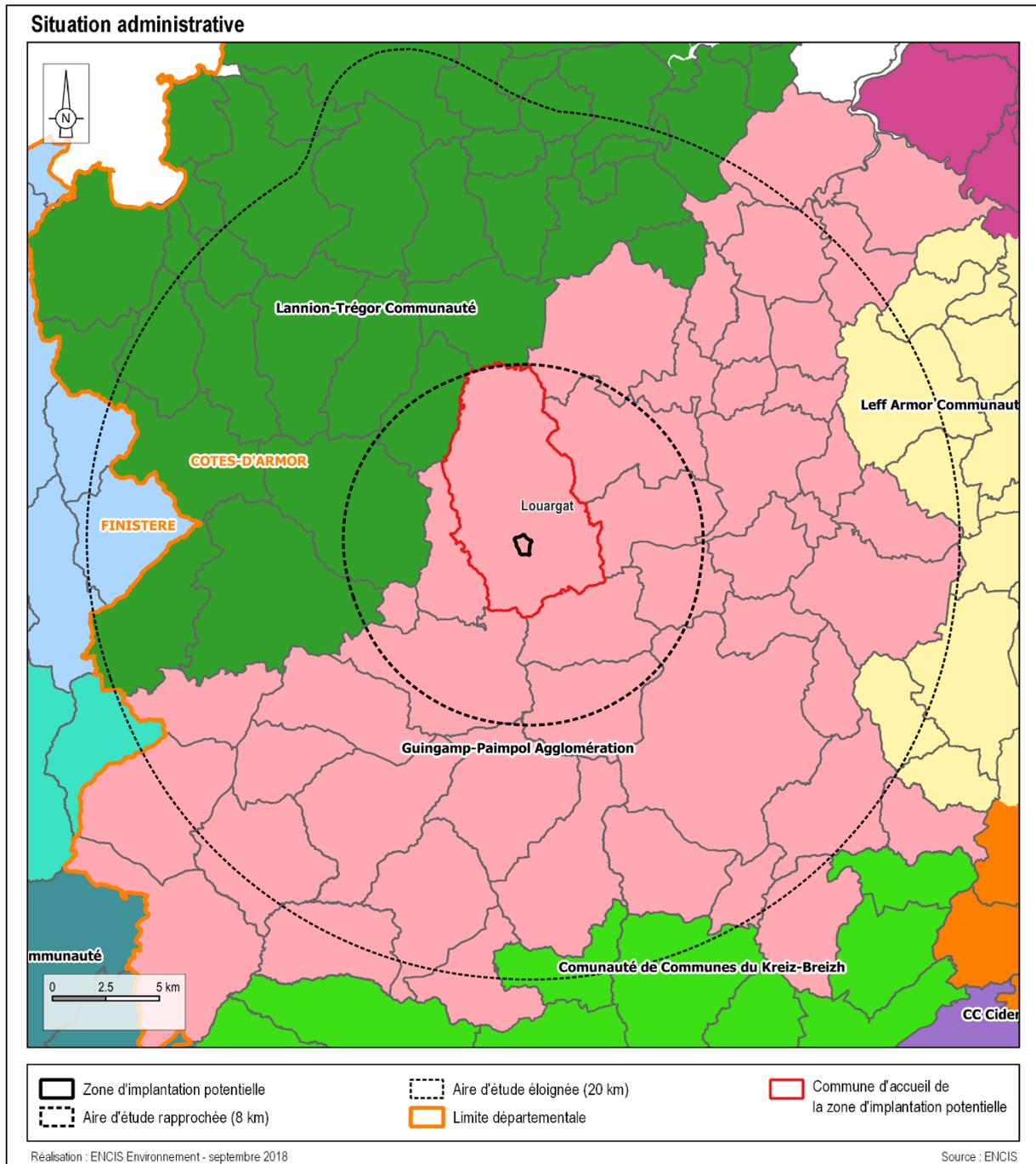
Depuis 2001, VSB Énergies Nouvelles développe, construit et exploite des unités de production d'énergies renouvelables : éolien, solaire photovoltaïque, hydraulique. 4 cœurs de métiers pour suivre un projet de A à Z par le biais d'un interlocuteur unique. La société compte 60 collaborateurs et 5 agences : Nîmes (siège social), Rennes, Reims, Paris et Toulouse. Début 2018, la société compte 200 MW en construction et 650 MW d'actifs en exploitation, 400 MW de projets (40 permis de construire obtenus) et 1 200 MW de projets en développement.

2.2. LOCALISATION DU SITE

Le site d'implantation potentiel du parc éolien est localisé en région Bretagne dans le département des Côtes d'Armor, sur la commune de Louargat.



Carte 1 : Localisation du site en France (Source : ENCIS Environnement)



**Carte 2 : Localisation du site au sein des Communautés de Communes
(Source : ENCIS Environnement)**

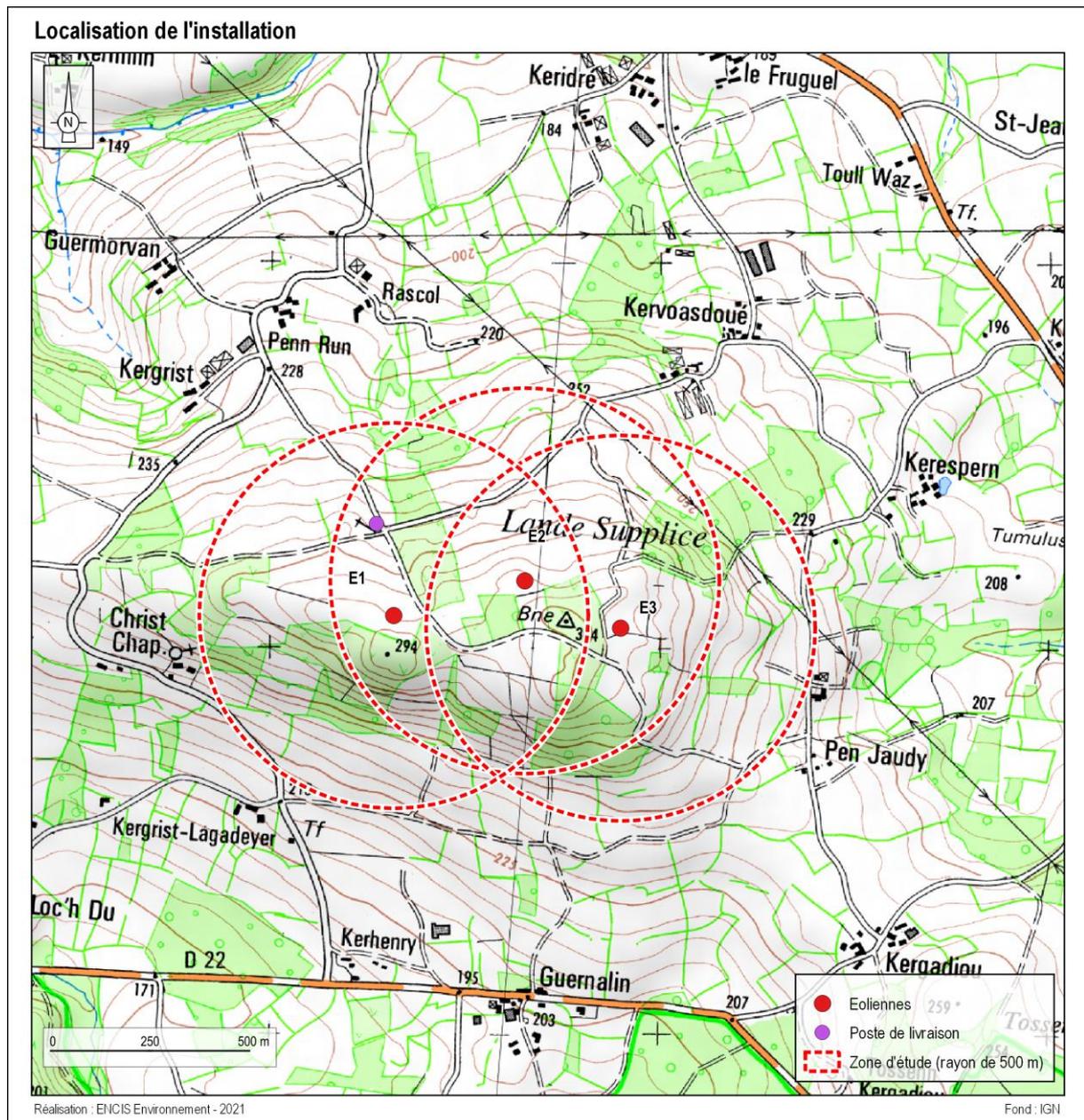
2.3. DEFINITION DE L'AIRE D'ETUDE

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

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

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

Seront appelées dans la suite du document « zone d'étude » les aires d'étude des éoliennes, définies par un cercle de rayon inférieur ou égal à 500 m.



Carte 3 : Carte de situation de l'installation (Source : ENCIS Environnement)

3. DESCRIPTION DE L'ENVIRONNEMENT DE L'INSTALLATION

3.1. ENVIRONNEMENT

- Environnement humain :
 - Aucune habitation n'est présente dans la zone d'étude. Plusieurs hameaux sont toutefois situés de part et d'autre de cette zone. Les habitations les plus proches du projet sont localisées à environ 516 mètres (distance à l'éolienne E3). La zone constructible la plus proche est aussi située à 516 m de l'éolienne E3.
 - Au sein de la zone d'étude des éoliennes, deux circuits de motocross/bicross/quad ont été répertoriés. L'un se situe à l'est d'E1 (70 m) ; le second venait d'être créé (déboisement d'un petit bosquet) lors de notre visite sur le terrain et se trouvait au bord du chemin d'exploitation au sud du site d'implantation. Après vérification avec le développeur, il s'agit de circuits privés utilisés uniquement par une ou deux personnes. De plus, un réservoir est situé au nord-ouest de l'éolienne E1. Celui-ci est grillagé de manière à interdire l'accès au public. Il est visité au moins une fois par mois pour son entretien général.
 - Aucun site « SEVESO » (seuil haut ou bas) ne se situe sur les communes concernées par le projet éolien. 16 Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (ICPE) sont recensées sur les communes environnantes. La plus proche est le GAEC de Kervoasdoue situé à 595 m de l'éolienne E2.
 - Aucune centrale nucléaire n'est présente en Bretagne et aucune commune n'est concernée par ce risque. Les plus proches se situent à Flamanville (environ 298 km de Louargat) et à Chinon (environ 429 km de Louargat).
 - Des bâtiments agricoles sont référencés autour de la zone d'étude, notamment au GAEC de Kervoasdoue et de Quelen. Aucun ne se situe dans les 500 m autour des éoliennes.
 - Après consultation du Plan départemental des itinéraires de promenade et de randonnée (PDIPR), plusieurs chemins de randonnées sont recensés dans les zones d'études des éoliennes.
- Environnement naturel :
 - ✓ Contexte climatique :
 - À la station de Louargat, la température moyenne annuelle est de 11 °C. L'amplitude thermique reste modérée, de l'ordre de 14 °C.
 - Les précipitations enregistrées à la station de Louargat sont de 1013,3 mm/an.
 - D'après l'analyse de la rose des vents de Louargat, les vents dominants proviennent surtout du quart sud-ouest.
 - ✓ Risques naturels :
 - D'après les décrets n°2010-1254 et n°2010-1255, le site d'étude est en zone de sismicité 2 soit une probabilité d'occurrence des séismes faible.
 - D'après la base de données du Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM) qui recense tous les mouvements de terrain, le risque de mouvement de terrain existe dans les Côtes-d'Armor. 10 communes ont fait l'objet d'un arrêté de catastrophes naturelles pour ce type de risque naturel. Louargat n'en fait pas partie.
 - Aucune cavité souterraine naturelle n'est présente dans l'aire d'étude immédiate. La plus proche se situe à plus de 3,5 km à l'est (ouvrage civil). (Source : Bureau de Recherches Géologiques et Minières).
 - D'après le Dossier Départemental sur les Risques Majeurs (DDRM) des Côtes-d'Armor, le département est très peu impacté par l'aléa retrait-gonflement des argiles. Le site est situé dans une zone à aléa nul, des zones à aléa faible se trouvent autour de la zone d'étude.
 - Le nombre moyen d'impacts de foudre au sol par km² et par an est entre 0 et 0,5 pour la zone d'étude. La valeur moyenne de la densité d'arcs, en France, est de 1,57 arcs/km²/an.
 - Le DDRM 22 indique que l'ensemble du département est exposé à des vents plus ou moins violents ; les communes du littoral et estuariennes peuvent également être touchées par l'amplification du mouvement des vagues et du niveau de la marée. En moyenne et par an, on observe 3 à 4 situations donnant des rafales de vents supérieures à 100 km/h.
 - D'après le DDRM des Côtes d'Armor, la commune de Louargat n'est pas concernée par un risque feu de forêt. Néanmoins la zone d'étude du projet comprend quelques petits massifs

boisés ; il sera nécessaire de suivre les recommandations du Service départemental d'incendie et de secours des Côtes d'Armor.

- La zone d'étude ne se situe pas en zone inondable. L'Atlas des Zones Inondables des Côtes d'Armor indique que la commune d'accueil du projet est concernée par un risque d'inondation de plaine lié au Léguer ; cependant compte tenu de la situation du projet sur un point haut et de la distance au cours d'eau, ce risque peut être qualifié de nul.
 - D'après le BRGM, dans la zone d'étude, le risque de remontée de nappe dans le sédimentaire est nul, et le risque de remontée de nappe dans le socle est très faible voire inexistant
- Environnement matériel :
 - Aucune route départementale ne traverse la zone d'étude. Seuls des chemins d'exploitation la parcourent. La route plus proche (la route départementale d'intérêt local D22) se situe à 963 m au sud de l'éolienne E3.
 - La zone d'étude est en dehors de toute servitude liée à la circulation ferroviaire.
 - Aucun cours d'eau navigable, aucun canal et écluse ne sont présents sur la zone d'étude.
 - Le projet éolien est en dehors des servitudes aéronautiques de dégagements et de couloirs aériens militaires.
 - Les éoliennes se situent en dehors de zone de protection de radar.
 - Aucune zone de vol privée ne se situe dans un périmètre de 2 km autour du site.
 - L'aérodrome le plus proche se situe à Lannion, soit à environ 24 km au nord du site.
 - La zone d'étude contient une ligne Haute Tension (la plus proche est à 347 m d'E3), cela respecte la distance minimale, préconisée par le Réseau de Transport d'Electricité, de 180,5 m.
 - Aucune canalisation de transport de gaz, d'hydrocarbures liquides ou de produits toxiques n'est incluse dans la zone d'étude.
 - Aucune station d'épuration n'est présente sur et aux alentours de la zone d'étude.
 - Aucune éolienne ne sera implantée dans un périmètre de protection de captage.
 - Aucune canalisation d'eau potable n'est présente au sein de la zone d'étude à notre connaissance.
 - Aucun autre ouvrage public n'est situé dans la zone d'étude.

3.2. CARTOGRAPHIE DE SYNTHÈSE

En conclusion de ce chapitre de l'étude de dangers, la cartographie suivante permet d'identifier **dans la zone d'étude globale (500 m) puis dans les autres zones d'études¹** les enjeux humains exposés ainsi que la localisation des biens, infrastructures et autres établissements.

Biens, infrastructures et autres établissements

Dans la zone d'étude, nous avons recensé en tant qu'infrastructures :

- Les chemins d'exploitation (existants ou à créer) et plateformes des parcs éoliens ;
- Des chemins de randonnée ;
- Deux terrains de motocross ;
- Un réservoir.

Enjeux humains

La méthode de comptage des enjeux humains est basée sur la fiche n°1 de la Circulaire du 10 mai 2010 relative aux règles méthodologiques applicables aux études de dangers. Elle permet d'estimer le nombre de personnes susceptibles d'être rencontrées suivants les ensembles homogènes (terrains non bâtis, voies de circulation, zones habitées, ERP) présents dans la zone d'étude. Elle permettra ensuite de déterminer la gravité associée à chaque phénomène dangereux retenu dans l'étude détaillée des risques.

¹ Voir parties 7 et 8 de l'étude de dangers pour la définition des scénarios et des zones d'étude

La fiche n°1 de la Circulaire du 10 mai 2010 précise que les voies de circulation non structurantes (< 2000 véhicules/jour) sont comptées dans la catégorie des terrains aménagés mais peu fréquentés.

Dans la zone d'étude, nous recensons donc des terrains non bâtis de plusieurs types :

- terrains non aménagés et très peu fréquentés (champs, prairies, forêts...), où l'on comptera 1 personne exposée par tranche de 100 ha,
- terrains aménagés mais peu fréquentés (voies de circulation non structurantes telles que les chemins agricoles, les plateformes de stockage) où l'on comptera 1 personne par tranche de 10 ha.

Pour les chemins de promenade de randonnée, nous compterons 2 personnes pour 1 km, en considérant que ces chemins sont peu fréquentés (moins de 100 promeneurs/jour en moyenne). Si ceux-ci sont sur des voies de circulation non structurantes, il a été choisi de ne considérer que les chemins de promenades de randonnées. En effet, le nombre de 2 personnes par kilomètre est déjà maximisant, rajouter les enjeux des voies de circulation non structurantes n'est donc pas nécessaire.

Concernant les terrains de motocross, nous compterons un maximum de 2 personnes, en considérant que les terrains sont privés et utilisés uniquement par une ou deux personnes.

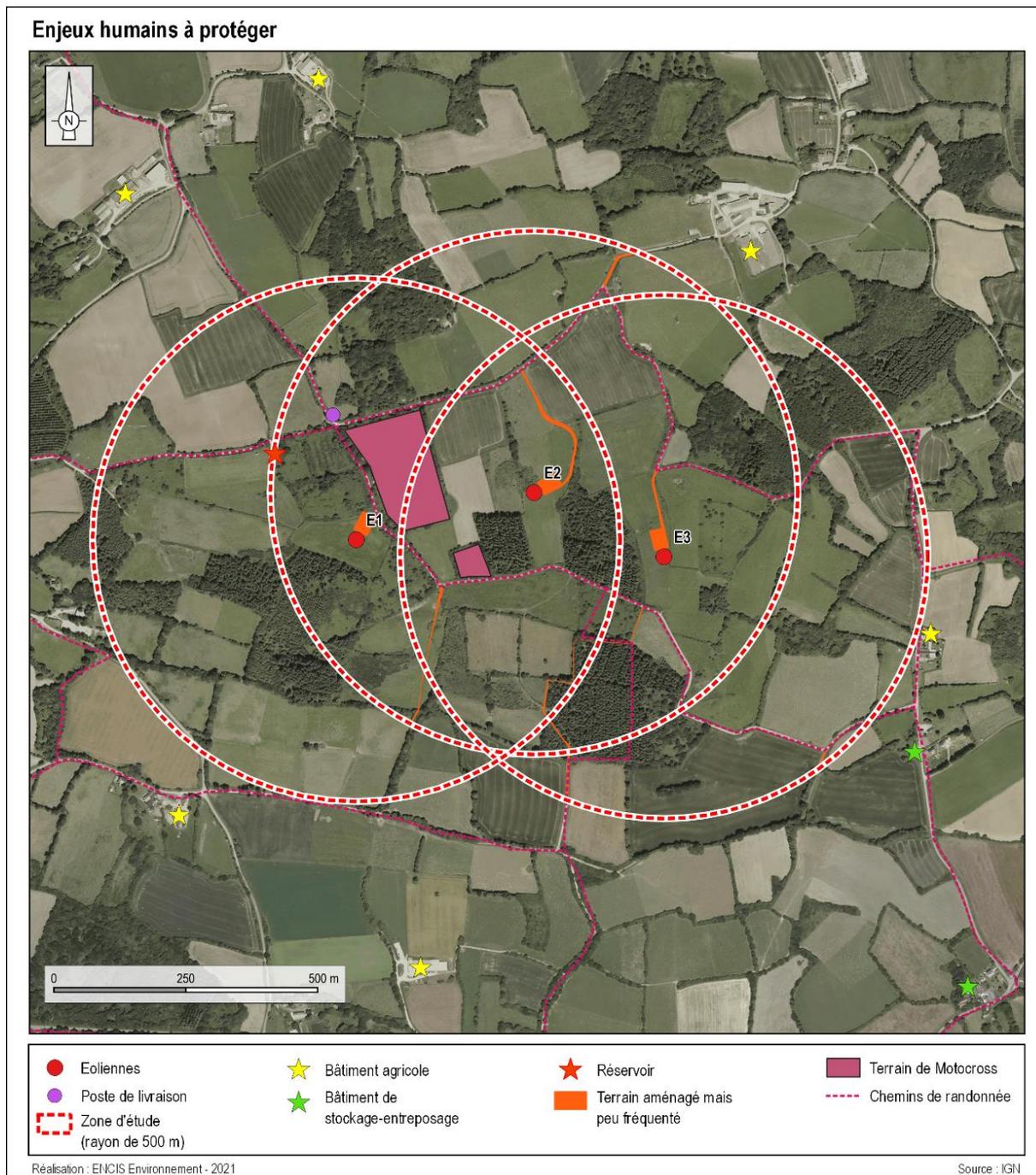
Enfin, pour le réservoir, nous compterons 1 personne si cette infrastructure se trouve dans la zone considérée.

Les surfaces ont été calculées en utilisant un logiciel de SIG², tout en s'appuyant sur la cartographie au 1 : 25 000, le site géoportail pour les photos aériennes et le plan de masse fourni par le client. Ces données ont permis de calculer à un instant t les différentes répartitions des terrains non bâtis (dont les chemins empruntés par les véhicules agricoles). Des évolutions dans le futur peuvent avoir lieu et ne sont donc pas prises en compte.

² SIG : Système d'Information Géographique / logiciel utilisé : Qgis

Éolienne	Ensemble homogène	Surface (ha) ou Linéaire (km)	Règle de calcul	Enjeux humains (EH)	Enjeux humains totaux
E1	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	77,9886	1 pers/100 ha	0,7799	7,883006
	Terrains aménagés mais peu fréquentés	0,5512	1 pers/10 ha	0,0551	
	Chemin de randonnée	2,0240	2 pers/km	4,0480	
	Terrain de motocross	-	Nombre de personnes max	2	
	Réservoir	-	Nombre de personnes max	1	
E2	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	77,7118	1 pers/100 ha	0,7771	9,7172
	Terrains aménagés mais peu fréquentés	0,8280	1 pers/10 ha	0,0828	
	Chemin de randonnée	2,9286	2 pers/km	5,8573	
	Terrain de motocross	-	Nombre de personnes max	2	
	Réservoir	-	Nombre de personnes max	1	
E3	Terrains non aménagés et très peu fréquentés	77,8768	1 pers/100 ha	0,7788	9,3893
	Terrains aménagés mais peu fréquentés	0,6630	1 pers/10 ha	0,0663	
	Chemin de randonnée	3,2721	2 pers/km	6,5442	
	Terrain de motocross	-	Nombre de personnes max	2	

Tableau 1 : Enjeux humains par éolienne (zone d'étude : rayon de 500 m)



Carte 4 : Synthèse des enjeux à protéger (Source : ENCIS Environnement)

4. DESCRIPTION DE L'INSTALLATION

Ce chapitre a pour objectif de caractériser l'installation envisagée ainsi que son organisation et son fonctionnement, afin de permettre d'identifier les principaux potentiels de danger qu'elle représente (chapitre 5), au regard notamment de la sensibilité de l'environnement décrite précédemment.

4.1. CARACTERISTIQUES GENERALES D'UN PARC EOLIEN

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 (plateformes, raccordement électrique inter-éolienne, poste de livraison et chemins d'accès).

❖ Éléments constitutifs d'un aérogénérateur

Les aérogénérateurs se composent de trois principaux éléments :

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

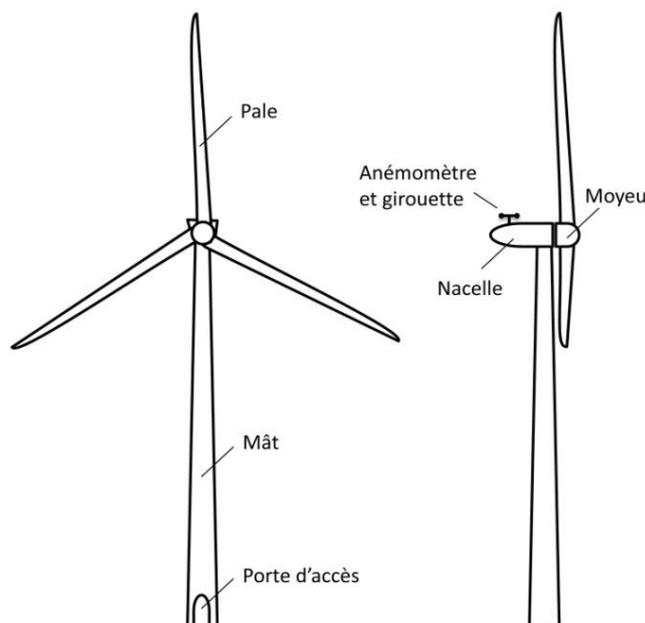


Figure 1 : Schéma simplifié d'un aérogénérateur

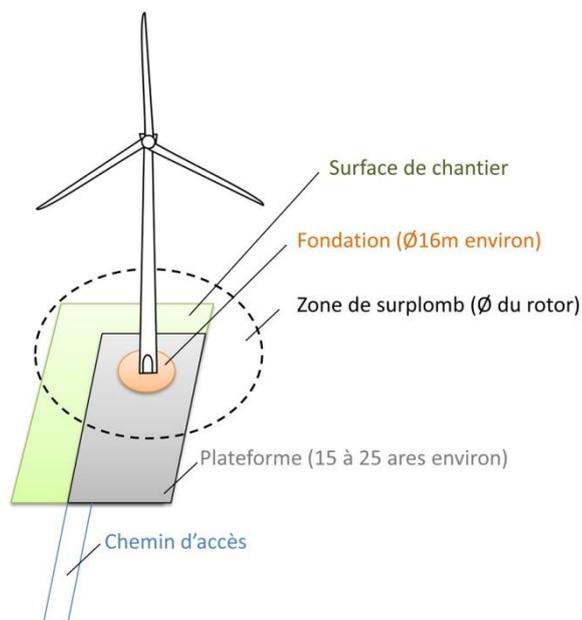


Figure 2 : Illustration des emprises au sol d'une éolienne

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

❖ Chemins d'accès

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

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

4.2. COMPOSITION DE L'INSTALLATION

Le parc éolien est composé de 3 aérogénérateurs et d'un poste de livraison.

Quatre aérogénérateurs différents sont envisagés pour le projet : des N100 du fabricant NORDEX ; des V100 du fabricant VESTAS ; des E103 du fabricant ENERCON ou des LTW101 du fabricant POMA.

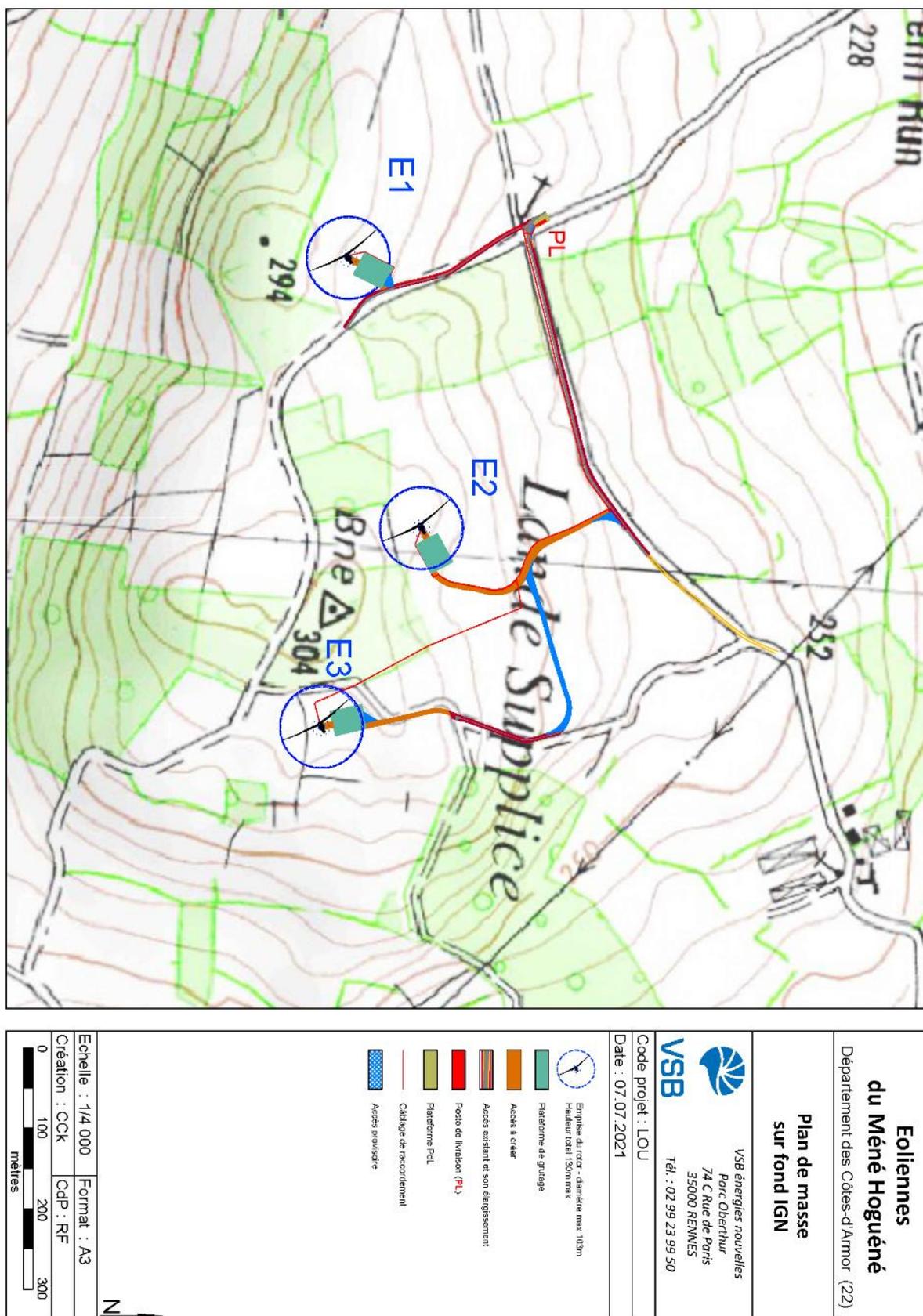
Les caractéristiques des modèles envisagés sont présentées ci-dessous.

Caractéristiques	Nordex N100 – 2,5 MW	Vestas V100 – 2,2 MW	Enercon E103 – 2,35 MW	POMA LTW101 – 3 MW
Hauteur de moyeu	80	80	78,33	80
Diamètre du rotor	99,8	100	103	101
Hauteur en bout de pale	129,9	130	129,8	130,5

Tableau 2 : Coordonnées des éoliennes envisagées

EOLIENNE	Type	Commune	Section	N° parcelle	Altitude au sol	Hauteur	Altitude NGF en bout de pale	Lambert 93	
								X	Y
E1	N100/V100/ E103 LTW101	Louargat	XS	36	282	129,8 m à 130,5 m	411,8 m à 412,5 m	232 591	6 845 466
E2	N100/V100/ E103 LTW101	Louargat	ZV	44	290,6	129,8 m à 130,5 m	420,4 m à 421,1 m	232 927	6 845 556
E3	N100/V100/ E103 LTW101	Louargat	ZV	45	290,9	129,8 m à 130,5 m	420,7 m à 421,4 m	233 174	6 845 433
PDL		Louargat	ZV	9	265	2,8 m	-	232 547	6 845 705

Tableau 3 : Coordonnées des éoliennes et du poste de livraison



Carte 5 : Plan de masse (Source : VSB)

4.3. FONCTIONNEMENT DE L'INSTALLATION

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

Les pales se mettent en mouvement lorsque l'anémomètre (positionné sur la nacelle) indique une vitesse de vent donnée (environ 2 m/s), et c'est seulement à partir de la vitesse de couplage au réseau que l'éolienne peut être couplée au réseau électrique. Le rotor et l'arbre dit «lent» transmettent alors l'énergie mécanique à basse vitesse aux engrenages du multiplicateur, dont l'arbre dit «rapide» tourne, comme son nom l'indique, plus rapidement. 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, on parle de production nominale.

L'électricité produite par la génératrice correspond à un courant alternatif de fréquence 50 Hz avec une tension de 400 à 690 V. La tension est ensuite élevée jusqu'à 20 000 V par un transformateur placé dans chaque éolienne pour être ensuite injectée dans le réseau électrique public.

Lorsque la mesure de vent, indiquée par l'anémomètre, 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 rapide de transmission à l'intérieur de la nacelle.

Vitesse de couplage au réseau	3 m/s
Vitesse minimale nécessaire à la production maximale	13 m/s
Vitesse maximale de fonctionnement	25 m/s

4.4. REDUCTION DES POTENTIELS DE DANGERS A LA SOURCE

Le porteur de projet a effectué plusieurs choix techniques au cours de la conception du projet afin de réduire les potentiels de danger identifiés et garantir une sécurité optimale de l'installation.

Il a été choisi par le porteur de projet de respecter un éloignement d'au minimum 500 m autour des habitations, par rapport aux exigences issues de la Loi Grenelle II ; de plus, l'analyse des servitudes qui grèvent le terrain et les réponses transmises par les différents services administratifs consultés ont participé au choix de localisation, de définition de l'aire d'étude et de l'implantation des éoliennes.

Le contexte essentiellement agricole de l'environnement du projet et l'absence d'autres sources de dangers à proximité (ICPE SEVESO, ...) réduit les possibilités de mise en œuvre d'autres actions préventives.

Pour ce projet, la réduction des potentiels de danger à la source est donc principalement intervenue par le choix d'aérogénérateurs fiables, disposant de systèmes de sécurité performants et conformes à la réglementation en vigueur.

5. CONCLUSION DE L'ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES

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

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

6. SYNTHÈSE DE L'ÉTUDE DÉTAILLÉE DES RISQUES

6.1. TABLEAUX DE SYNTHÈSE DES SCÉNARIOS ÉTUDIÉS

Le tableau suivant récapitule, pour chaque événement redouté central retenu, les paramètres de risques : la cinétique, l'intensité, la gravité et la probabilité.

Scénario	Zone d'effet	Cinétique	Intensité	Probabilité	Gravité
Effondrement de l'éolienne	Disque dont le rayon correspond à une hauteur totale de la machine en bout de pale 130,5 m (LTW101)	Rapide	exposition forte	D	Sérieux pour E2, E3 Important pour E1
Chute d'élément de l'éolienne	Zone de survol 51,5 m (E103)	Rapide	exposition forte	C	Sérieux
Chute de glace	Zone de survol 51,5 m (E103)	Rapide	exposition modérée	A	Modéré
Projection de pale ou de morceau de pale	500 m autour de l'éolienne (E103)	Rapide	exposition modérée	D	Sérieux
Projection de glace	1,5 x (H + 2R) autour de l'éolienne 272 m (E103)	Rapide	exposition modérée	B	Sérieux

Tableau 4 : Paramètres de risques

6.2. SYNTHÈSE DE L'ACCEPTABILITÉ DES RISQUES

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

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

GRAVITÉ des Conséquences	Classe de Probabilité				
	E	D	C	B	A
Désastreux					
Catastrophique					
Important		Effondrement de l'éolienne pour E1			
Sérieux		Projection de pale ou de fragment de pale Effondrement de l'éolienne pour E2 et E3	Chute d'élément de l'éolienne	Projection de glace	
Modéré					Chute de glace

Légende de la matrice :

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

Tableau 5 : Matrice de criticité

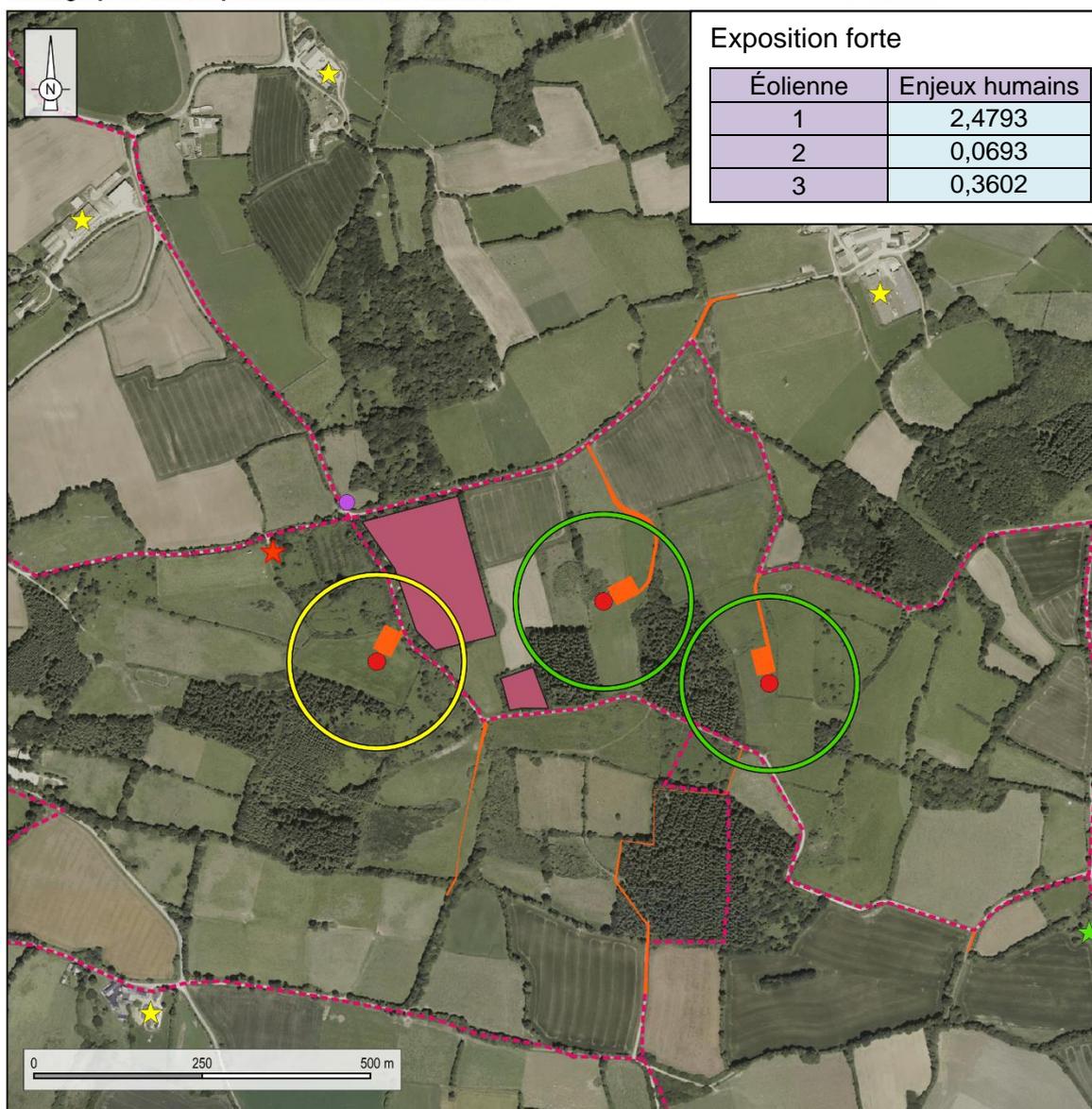
Il apparaît au regard de cette matrice ainsi complétée que :

- aucun accident n'apparaît dans les cases rouges de la matrice ;
- quatre types d'accident (chute de glace, chute d'élément, projection de glace et effondrement de l'éolienne pour E1) figurent sur case jaune (risque faible) et deux types d'accidents (projection de pale ou fragment de pale et effondrement de l'éolienne pour E2 et E3) figurent sur case verte (risque très faible). Il convient de souligner que les fonctions de sécurité détaillées dans la partie 7.6 sont mises en place.

Le niveau de risque pour chaque scénario et pour chaque éolienne est jugé comme acceptable.

Les cartographies suivantes présentent pour chaque scénario et chaque éolienne la zone d'effet, les enjeux identifiés, l'intensité des phénomènes dangereux et le nombre de personnes exposées.

Cartographie des risques : scenario effondrement



Exposition forte

Éolienne	Enjeux humains
1	2,4793
2	0,0693
3	0,3602

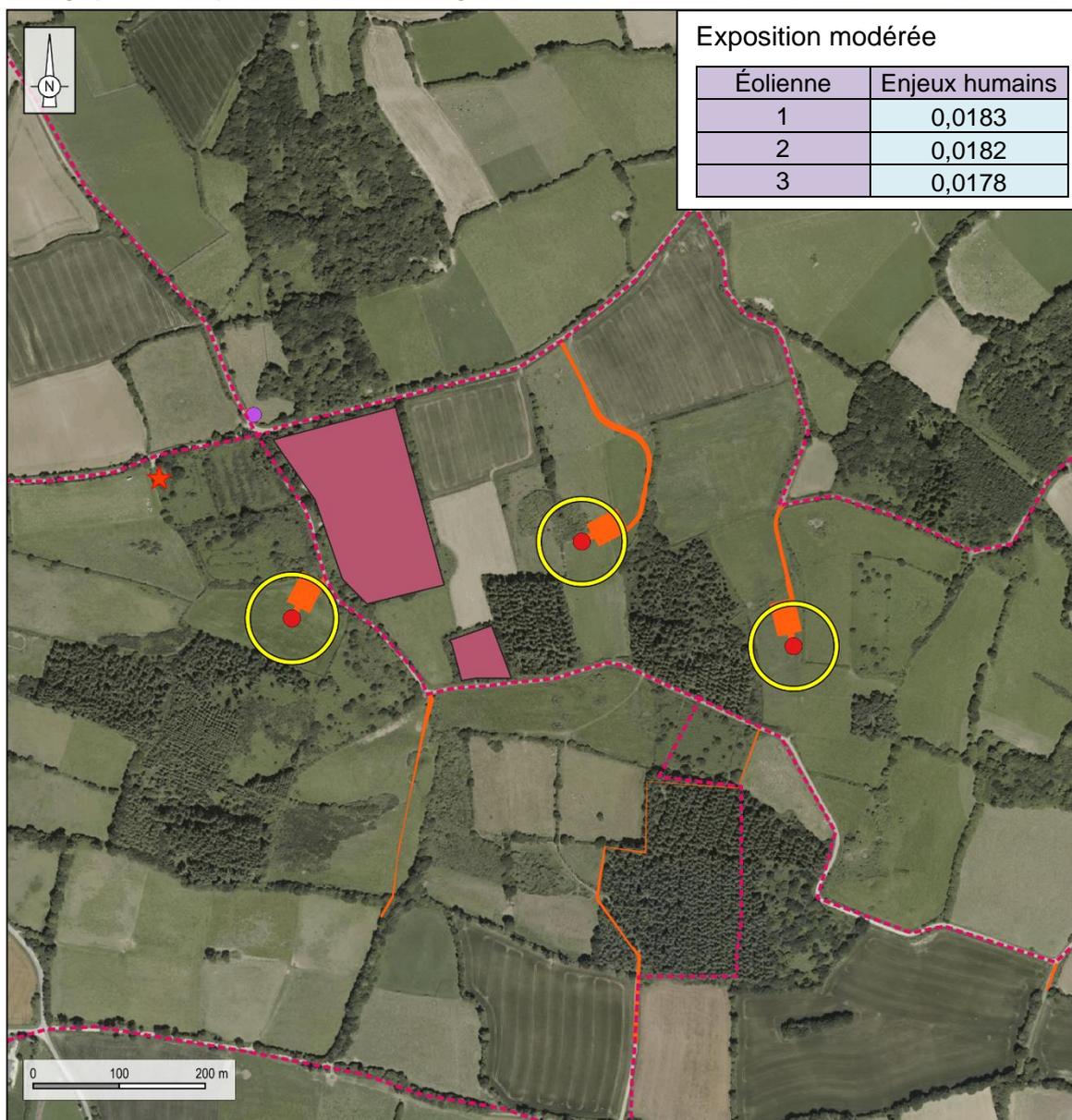
- Eoliennes
- Terrain aménagé mais peu fréquenté
- Périmètre de risque : risque très faible
- ★ Bâtiment agricole
- ★ Réservoir
- Poste de livraison
- Terrain de motocross
- Périmètre de risque : risque faible
- ★ Bâtiment de stockage-entreposage
- - - Chemins de randonnée

Réalisation : ENCIS Environnement - 2021

Source : IGN

Carte 6 : Cartographie des risques – scénario : effondrement (Source : ENCIS Environnement)

Cartographie des risques : scénario chute de glace



Exposition modérée

Éolienne	Enjeux humains
1	0,0183
2	0,0182
3	0,0178

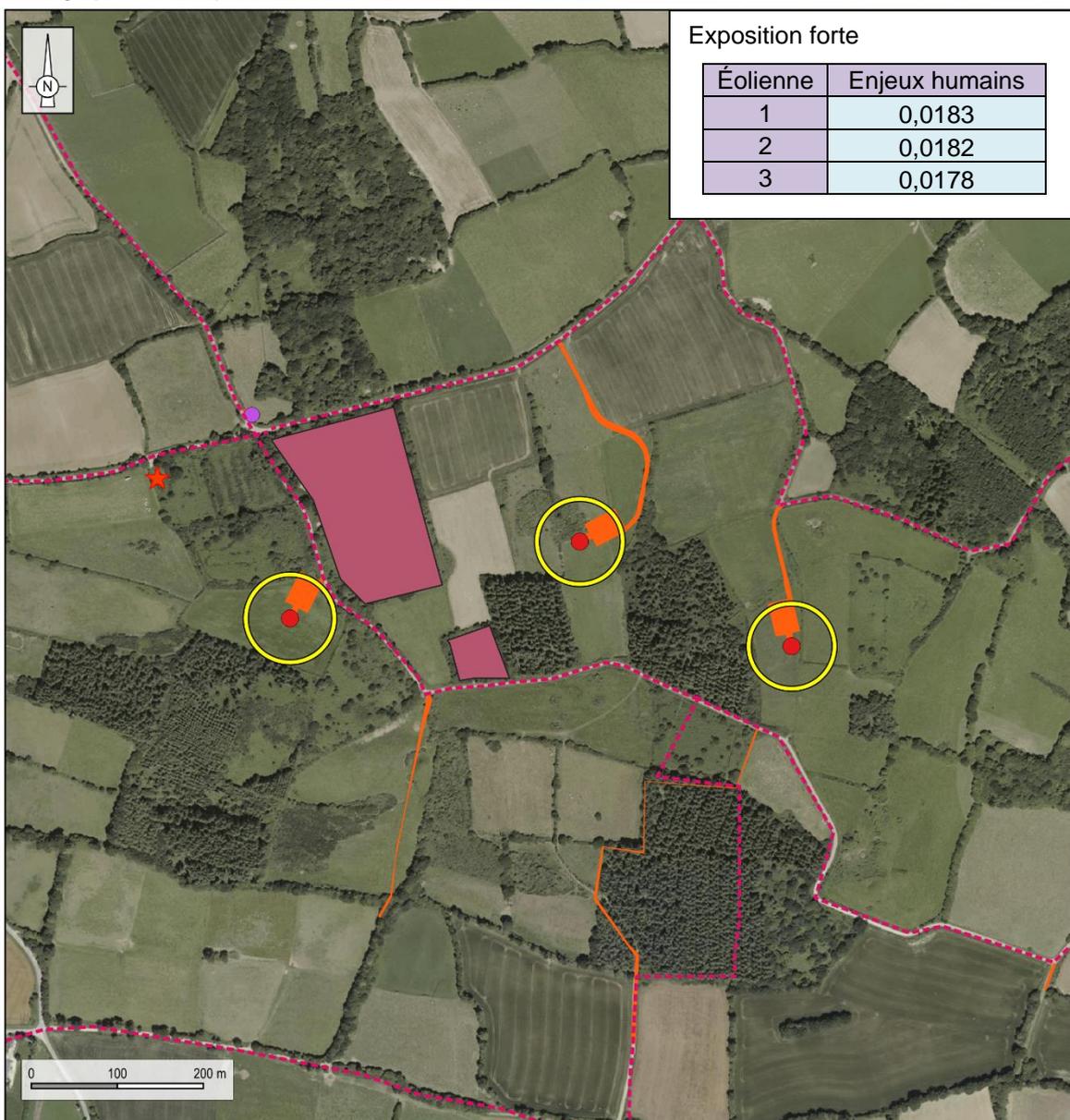
- Eoliennes
- Poste de livraison
- Terrain aménagé mais peu fréquenté
- Terrain de motocross
- Périmètre de risque : risque faible
- ★ Bâtiment agricole
- ★ Réservoir
- - - Chemins de randonnées

Réalisation : ENCIS Environnement - 2021

Source : IGN

Carte 7 : Cartographie des risques – scénario : chute de glace (Source : ENCIS Environnement)

Cartographie des risques : scénario chute d'éléments d'éolienne



Exposition forte

Éolienne	Enjeux humains
1	0,0183
2	0,0182
3	0,0178

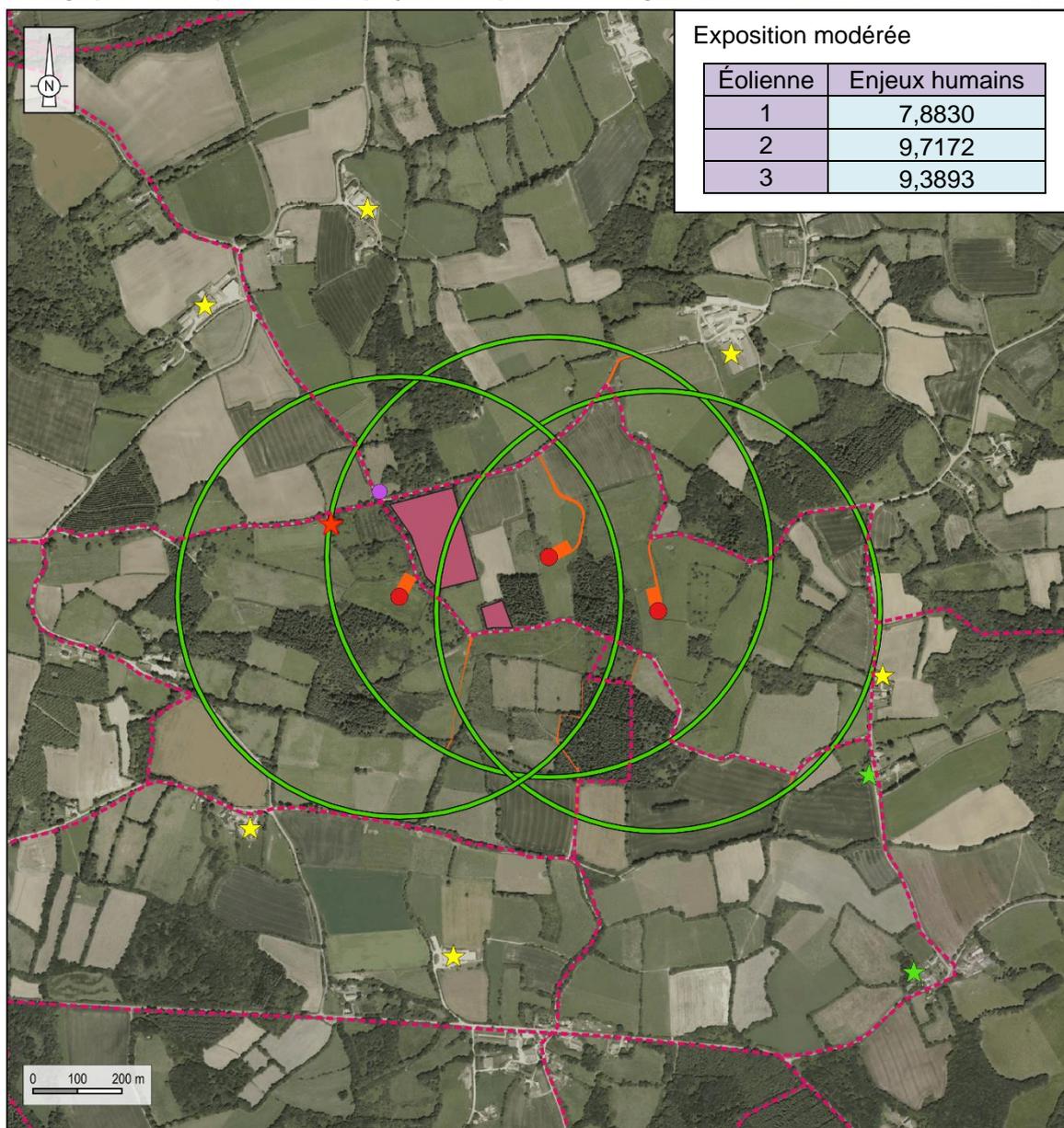
- Eoliennes
- Terrain aménagé mais peu fréquenté
- Périmètre de risque : risque faible
- ★ Réservoir
- Poste de livraison
- Terrain de motocross
- ★ Bâtiment agricole
- - - Chemins de randonnées

Réalisation : ENCIS Environnement - 2021

Source : IGN

Carte 8 : Cartographie des risques – scénario : chute d'éléments (Source : ENCIS Environnement)

Cartographie des risques : scenario projection de pales ou de fragments



Exposition modérée

Éolienne	Enjeux humains
1	7,8830
2	9,7172
3	9,3893

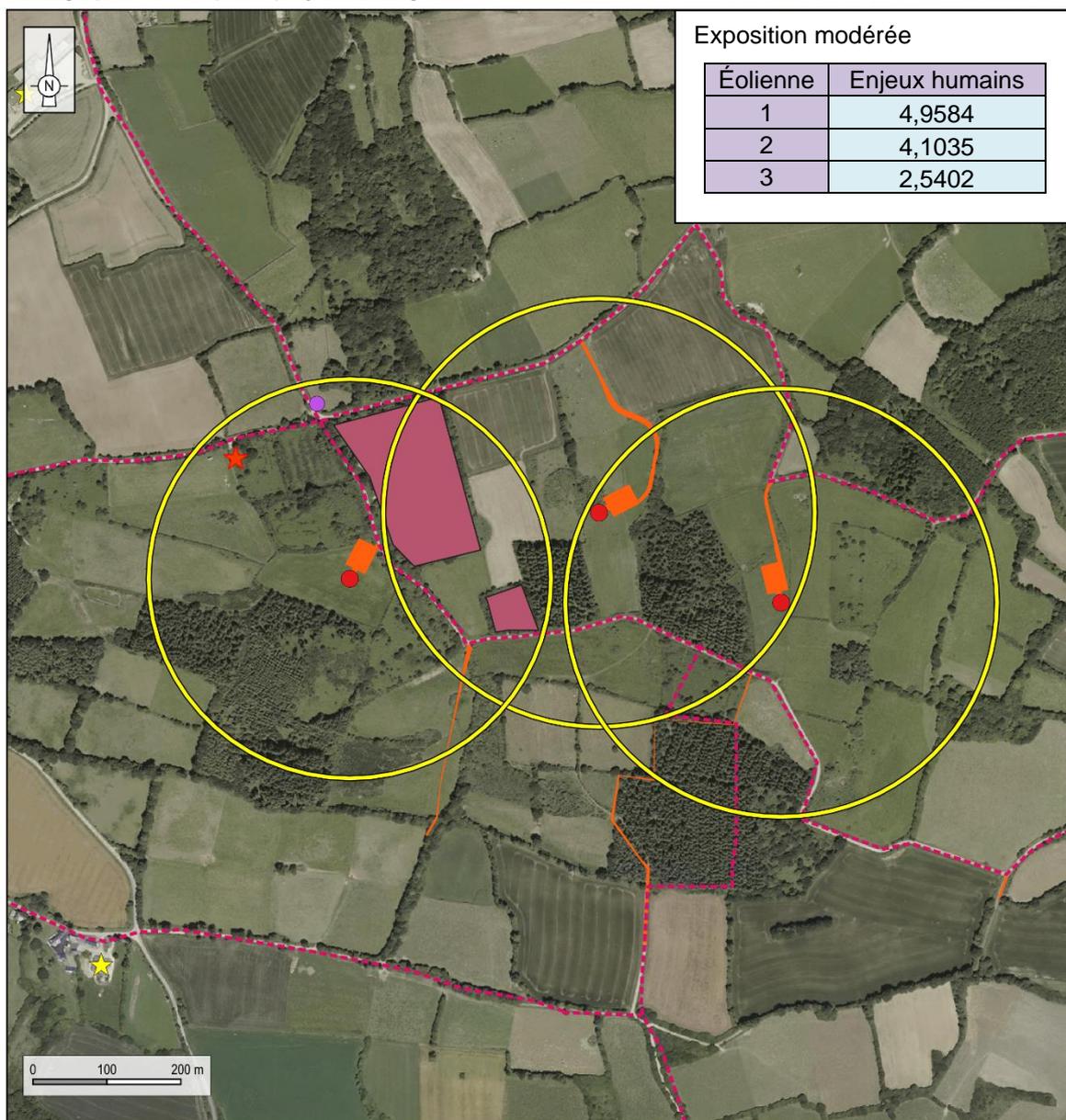
- Eoliennes
- Poste de livraison
- Terrain aménagé mais peu fréquenté
- Terrain de motocross
- Périmètre de risque : risque très faible
- ★ Bâtiment agricole
- ★ Bâtiment de stockage-entreposage
- ★ Réservoir
- - - Chemins de randonnée

Réalisation : ENCIS Environnement - 2021

Source : IGN

Carte 9 : Cartographie des risques – scénario : projection d'élément (Source : ENCIS Environnement)

Cartographie des risques : projection de glace



Exposition modérée

Éolienne	Enjeux humains
1	4,9584
2	4,1035
3	2,5402

- Eoliennes
- Terrain aménagé mais peu fréquenté
- Périmètre de risque : risque faible
- ★ Bâtiment agricole
- ★ Réservoir
- Poste de livraison
- Terrain de motocross
- Chemins de randonnée

Réalisation : ENCIS Environnement - 2021

Source : IGN

Carte 10 : Cartographie des risques – scénario : projection de glace (Source : ENCIS Environnement)

7. CONCLUSION

Suite à l'analyse menée dans cette étude de dangers, il ressort cinq accidents majeurs identifiés :

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

Pour chaque scénario, une probabilité a été calculée et une gravité donnée. Il en ressort que les risques sont très faibles (projection d'éléments et effondrement pour les éoliennes E2 et E3) et faibles (chute de glace, chute d'élément, projection de glace et effondrement pour l'éolienne E1), mais dans tous les cas acceptables.

Scénario	Probabilité	Gravité	Acceptabilité
Effondrement de l'éolienne	D	Sérieux pour E2, E3 Important pour E1	Acceptable
Chute d'élément de l'éolienne	C	Sérieux	Acceptable
Chute de glace	A	Modéré	Acceptable
Projection de pale ou de morceau de pale	D	Sérieux	Acceptable
Projection de glace	B	Sérieux	Acceptable

Tableau 6 : Synthèse des scénarios et des risques

L'exploitant, de par sa démarche en amont, a réussi à limiter les risques. En effet, il a choisi de s'éloigner des habitations et les distances aux différentes infrastructures (ERP, routes) sont suffisantes pour avoir un risque acceptable.

De plus, son installation est conforme à la réglementation en vigueur (arrêté du 26/08/2011 relatif aux ICPE) et aux normes de construction.

Afin de garantir un risque acceptable sur l'installation, l'exploitant a mis en place des mesures de sécurité (voir tableau suivant) et a organisé une maintenance périodique (trois mois après le début de l'exploitation, puis tous les six mois).

Numéro de la fonction de sécurité	Fonction de sécurité	Mesures de sécurité
1	Prévenir la mise en mouvement de l'éolienne lors de la formation de glace	Système de détection ou de déduction de la formation de glace sur les pales de l'aérogénérateur. Procédure adéquate de redémarrage.
2	Prévenir l'atteinte des personnes par la chute de glace	Panneautage en pied de machine Éloignement des zones habitées et fréquentées
3	Prévenir l'échauffement significatif des pièces mécaniques	Capteurs de température des pièces mécaniques Définition de seuils critiques de température pour chaque type de composant avec alarmes Mise à l'arrêt ou bridage jusqu'à refroidissement
4	Prévenir la survitesse	Détection de survitesse et système de freinage.
5	Prévenir les courts-circuits	Coupage de la transmission électrique en cas de fonctionnement anormal d'un composant électrique.
6	Prévenir les effets de la foudre	Mise à la terre et protection des éléments de l'aérogénérateur
7	Protection et intervention incendie	Capteurs de températures sur les principaux composants de l'éolienne pouvant permettre, en cas de dépassement des seuils, la mise à l'arrêt de la machine Système de détection incendie relié à une alarme transmise à un poste de contrôle Intervention des services de secours
8	Prévention et rétention des fuites	Détecteurs de niveau d'huiles Procédure d'urgence Kit antipollution
9	Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation)	Contrôles réguliers des fondations et des différentes pièces d'assemblages (ex : brides ; joints, etc.) Procédures qualités Attestation du contrôle technique (procédure permis de construire)
10	Prévenir les erreurs de maintenance	Procédure maintenance
11	Prévenir les risques de dégradation de l'éolienne en cas de vent fort	Classe d'éolienne adaptée au site et au régime de vents. Détection et prévention des vents forts et tempêtes Arrêt automatique et diminution de la prise au vent de l'éolienne (mise en drapeau progressive des pales) par le système de conduite
12	Prévenir les risques liés aux opérations de chantier	Mise en place d'une procédure de sécurité / rédaction d'un plan de prévention / Plan particulier de sécurité et de protection de la santé (PPSPS) Mise en place d'une restriction d'accès au chantier
13	Prévenir la dégradation de l'état des équipements	Inspection des équipements lors des maintenances planifiées Suivi de données mesurées par les capteurs et sondes présentes dans les éoliennes

Tableau 7 : Mesure de sécurité

ANNEXES : DEFINITIONS

CINETIQUE

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

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

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

INTENSITE

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

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

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

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

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

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

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

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

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

GRAVITE

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

<i>Intensité</i> <i>Gravité</i>	<i>Zone d'effet d'un événement accidentel engendrant une exposition très forte</i>	<i>Zone d'effet d'un événement accidentel engendrant une exposition forte</i>	<i>Zone d'effet d'un événement accidentel engendrant une exposition modérée</i>
« <i>Désastreux</i> »	Plus de 10 personnes exposées	Plus de 100 personnes exposées	Plus de 1000 personnes exposées
« <i>Catastrophique</i> »	Moins de 10 personnes exposées	Entre 10 et 100 personnes exposées	Entre 100 et 1000 personnes exposées
« <i>Important</i> »	Au plus 1 personne exposée	Entre 1 et 10 personnes exposées	Entre 10 et 100 personnes exposées
« <i>Sérieux</i> »	Aucune personne exposée	Au plus 1 personne exposée	Moins de 10 personnes exposées
« <i>Modéré</i> »	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 »

PROBABILITE

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 :

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

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

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

Il convient de noter que la probabilité qui sera évaluée pour chaque scénario d'accident correspond à la probabilité qu'un événement redouté se produise sur l'éolienne (probabilité de départ) et non à la

probabilité que cet événement produise un accident suite à la présence d'un véhicule ou d'une personne au point d'impact (probabilité d'atteinte). En effet, l'arrêté du 29 septembre 2005 impose une évaluation des probabilités de départ uniquement.

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

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

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

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

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

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

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

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

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