

RÉSUMÉ NON TECHNIQUE DE L'ÉTUDE DE DANGERS ÉOLIENNES DE L'HÔTEL DE FRANCE

Janvier 2023

Complété en août 2025

Département : Loire-Atlantique

Commune : Blain

Maître d'ouvrage



EOLIENNES DE L'HOTEL DE FRANCE SAS

Bâtiment F - rue Roland Garros - Parc du Bois Cesbron

44700 ORVAULT



Réalisation de l'étude

ENCIS Environnement

Parc Ester Technopole

21, rue Columbia

87068 Limoges

**Tome 5.2 : Résumé non technique de l'étude
de dangers
Dossier de Demande d'Autorisation
Environnementale**



Bureau d'études en environnement
énergies renouvelables et aménagement durable

encis environnement

SIRET : 539 971 838 00013 - Code APE : 7112 B

Siège : Parc Ester Technopole, 21 rue Columbia - 87 068 LIMOGES Cedex - FRANCE

Tél : +33 (0)5 55 36 28 39 - E-mail : contact@encis-ev.com

www.encis-environnement.fr

Historique des révisions				
Version	Etabli par :	Corrigé par :	Validé par :	Commentaires et date
0	Pierre-Alexandre Prébois	Marine Gillot	Marine Gillot	Première émission <i>Juillet 2022</i>
	PAP	MG	MG	
1	Pierre-Alexandre Prébois	Marine Gillot	Marine Gillot	Version complétée suite à la demande de compléments et modification de l'implantation Août 2025
	PAP	MG	MG	

Avant-propos

Depuis la publication du décret n°2011-984 du 23 août 2011 modifiant la nomenclature des installations classées, les parcs éoliens terrestres équipés d'un ou de plusieurs aérogénérateurs sont inscrits à la nomenclature des Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (ICPE), rubrique n°2980. À ce titre, et en fonction de critères dimensionnels et/ou de puissance, ils peuvent être soumis, selon les cas, au régime d'autorisation ou de déclaration. Le projet des Eoliennes de l'Hôtel de France sera équipé d'aérogénérateurs dont la hauteur de l'ensemble mât + nacelle dépasse 50 m ; **ce critère le soumet au régime d'autorisation**, qualifiée d'autorisation environnementale au sens de l'article L.512-1 du Code de l'environnement.

L'autorisation environnementale, encadrée par les articles L.181-1 à L.181-32 et R.181-1 à R.181-56 du Code de l'environnement, rassemble plusieurs procédures nécessaires à la réalisation d'un projet et pouvant relever de différentes législations (Code de l'environnement, Code forestier (nouveau), etc.). L'ensemble des documents justifiant la bonne prise en compte de ces procédures est compilé au sein d'un Dossier de Demande d'Autorisation Environnementale (DDAE) qui, suite à une phase d'instruction, permet à l'autorité administrative compétente de statuer sur une décision d'octroi ou de refus.

Conformément aux dispositions de l'article D.181-15-2 du Code de l'environnement, le Dossier de Demande d'Autorisation Environnementale (DDAE) d'une Installation Classée pour la Protection de l'Environnement (ICPE) **doit notamment comporter une étude de dangers** dont l'objet est de justifier « *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.* ». Cette étude doit comporter par ailleurs « *un résumé non technique explicitant la probabilité et la cinétique des accidents potentiels, ainsi qu'une cartographie agrégée par type d'effet des zones de risques significatifs* ».

Ainsi, et conformément à la réglementation en vigueur, le présent rapport constitue le résumé non technique de l'étude de dangers du projet des Eoliennes de l'Hôtel de France.

Table des matières

1. Objectifs et étapes de l'étude de dangers	7
2. Informations générales concernant l'installation	7
2.1 Renseignements administratifs.....	7
2.2 Localisation du site	8
2.3 Définition de l'aire d'étude.....	9
3. Description de l'environnement de l'installation	10
3.1 Environnement humain.....	10
3.2 Environnement naturel.....	11
3.2.1 Contexte climatique	11
3.2.2 Risques naturels	11
3.3 Environnement matériel.....	11
3.4 Cartographie de synthèse.....	12
4. Description de l'installation.....	13
4.1 Caractéristiques générales d'un parc éolien.....	13
4.1.1 Éléments constitutifs d'un aérogénérateur	13
4.1.2 Emprises au sol	13
4.1.3 Chemins d'accès	14
4.2 Composition de l'installation.....	14
4.3 Fonctionnement de l'installation	16
5. Les potentiels de dangers de l'installation.....	16
5.1 Recensement des potentiels de dangers.....	16
5.2 Réduction des potentiels de dangers à la source	16
6. Analyse Préliminaire des Risques	17
7. Étude détaillée des risques	17
7.1 Tableau de synthèse des scénarios étudiés	17
7.2 Synthèse de l'acceptabilité des risques	17
8. Conclusion.....	21

Annexe : Définitions	22
Cinétique.....	22
Intensité	22
Gravité.....	22
Probabilité.....	23

1. Objectifs et étapes de l'étude de dangers

La présente étude de dangers a pour objet de rendre compte de l'examen effectué par la société Éoliennes de l'Hôtel de France pour caractériser, analyser, évaluer, prévenir et réduire les risques du parc éolien du même nom, autant technologiquement réalisable qu'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.

Le graphique suivant synthétise les différentes étapes de l'étude de dangers et leurs objectifs.

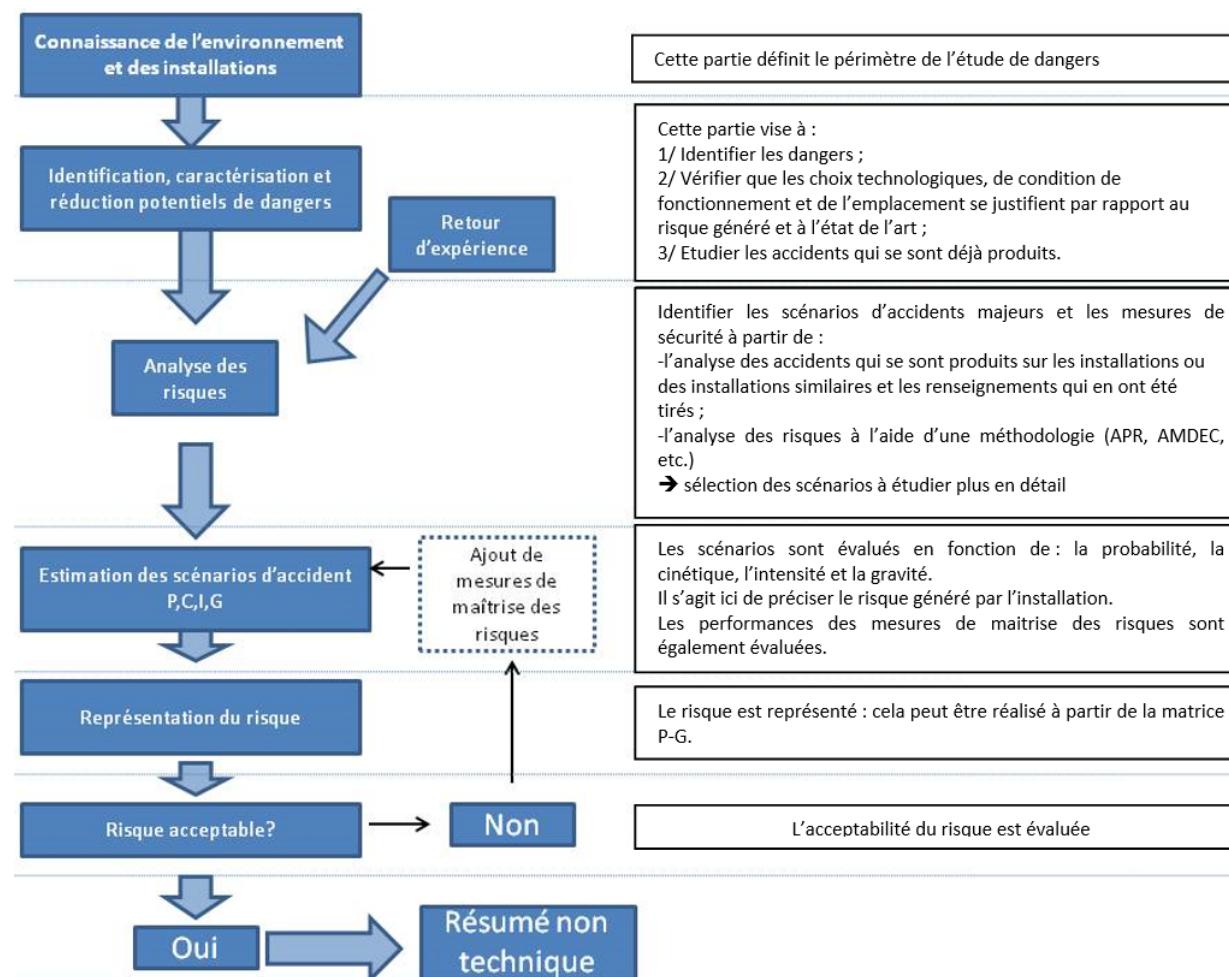


Figure 1 : Étapes de la démarche d'étude de dangers
(Source : Guide technique, mai 2012)

Cette étude et son résumé non technique ont été réalisés par Pierre-Alexandre PREBOIS, du bureau d'études ENCIS Environnement.

2. Informations générales concernant l'installation

2.1 Renseignements administratifs

Le présent projet fait l'objet d'un co-développement entre trois partenaires : la société ENGIE Green (spécialisée dans le développement, la construction et l'exploitation-maintenance de projets d'énergie renouvelable), la société d'économie mixte EnR 44 (émanation du syndicat d'énergie de Loire-Atlantique) et la société ENERGIES CITOYENNES DE L'HOTEL DE FRANCE (émanation de l'association locale Citoyens du Zef).



Ce partenariat initié sous l'impulsion de la mairie de Blain réunit ainsi une société privée spécialisée dans les énergies renouvelables, un partenaire semi-public qui a vocation à accompagner ce type de projet sur le département de la Loire-Atlantique et une association de citoyens soucieuse de s'emparer des sujets de transition énergétique sur son territoire.

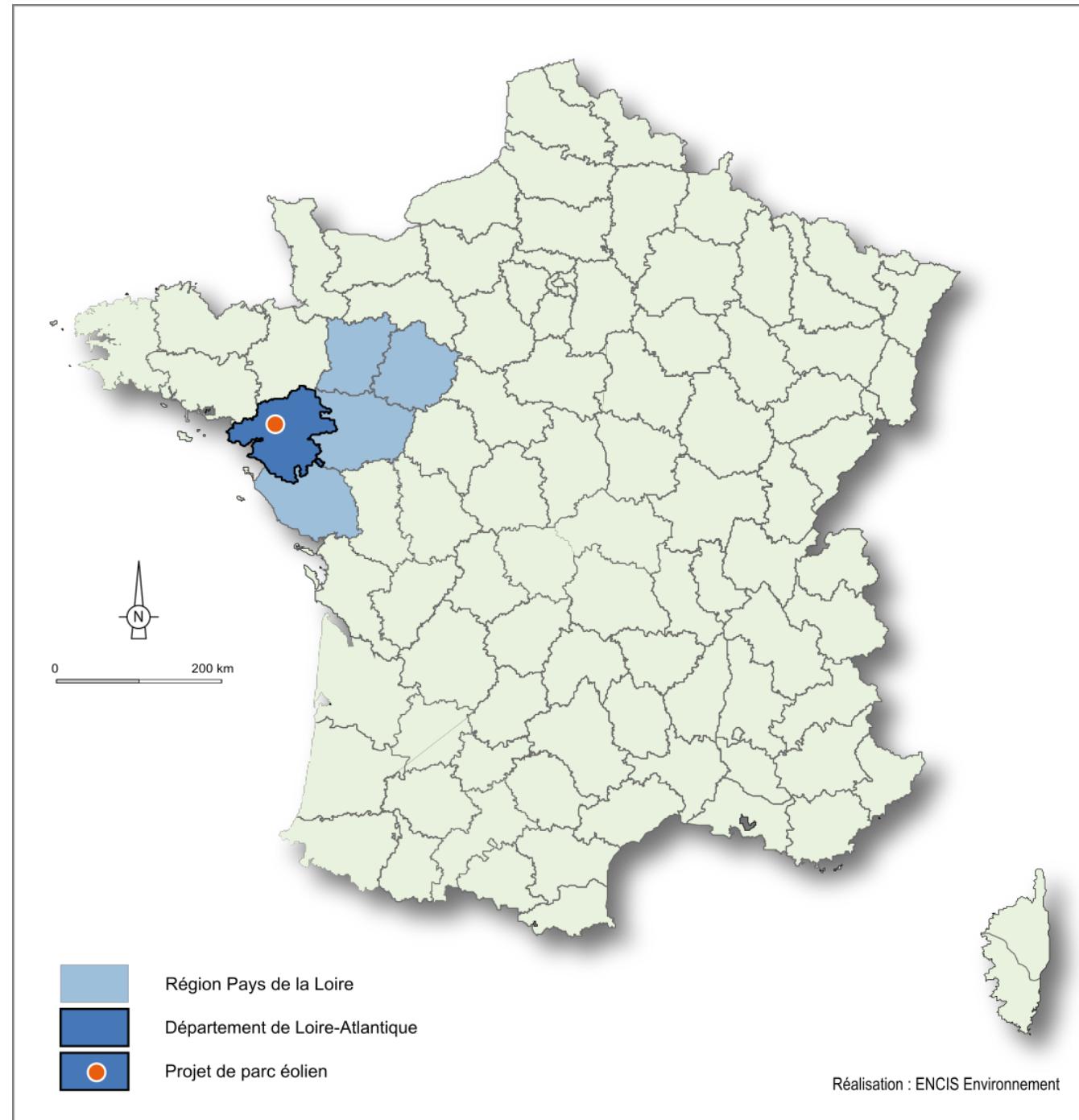
La société créée pour porter le projet et la demande d'autorisation environnementale est la SAS Éoliennes de l'Hôtel de France.

Contact pour les études techniques :

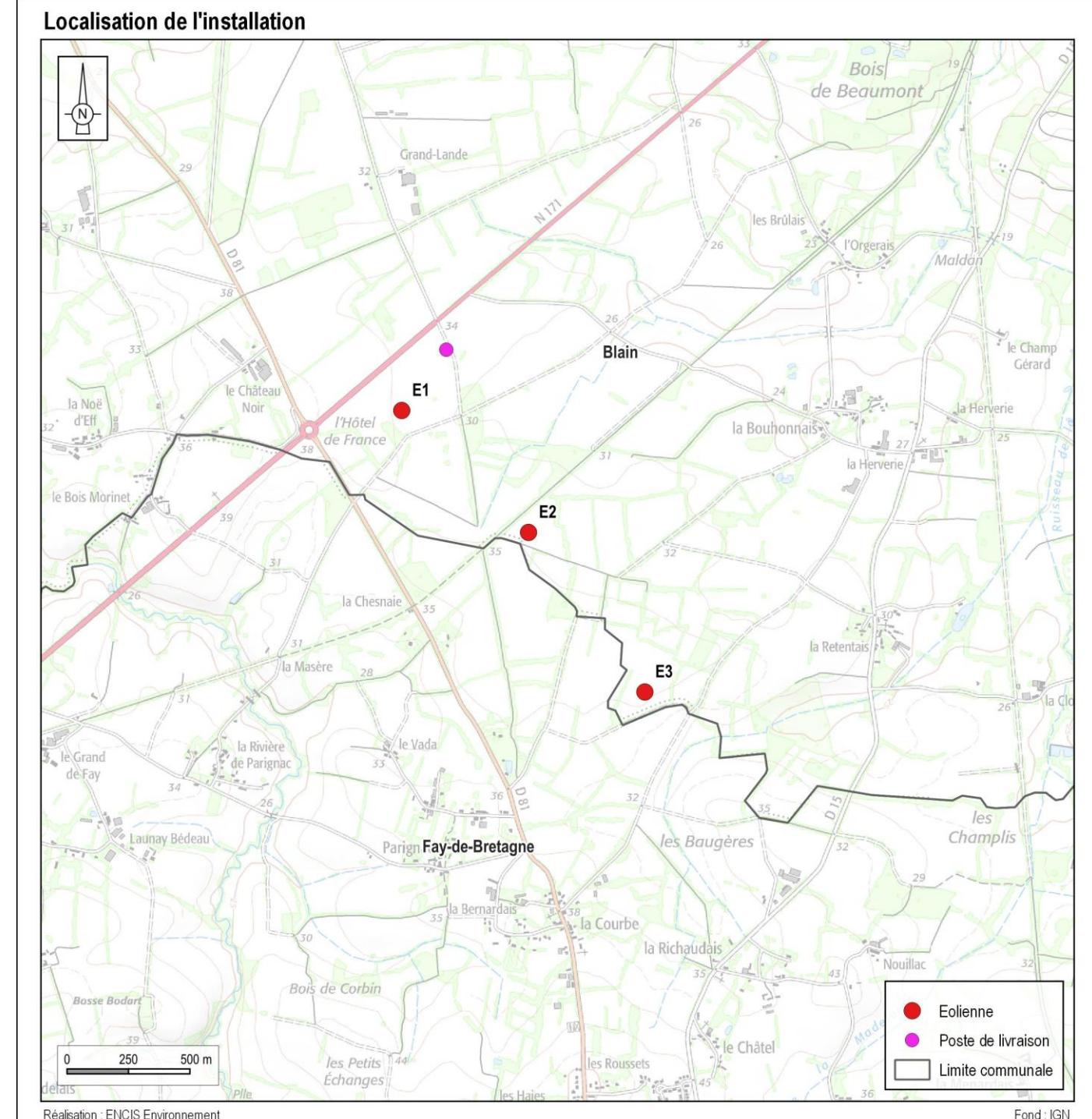
ENGIE GREEN FRANCE
Emma AVRIL
11 rue Arhur III
TSA 11450
44262 NANTES CEDEX 2
emma.avril@engie.com

2.2 Localisation du site

Le projet des Éoliennes de l'Hôtel de France est localisé en région Pays de la Loire, dans le département de la Loire-Atlantique, sur la commune de Blain.



Carte 1 : Localisation du site



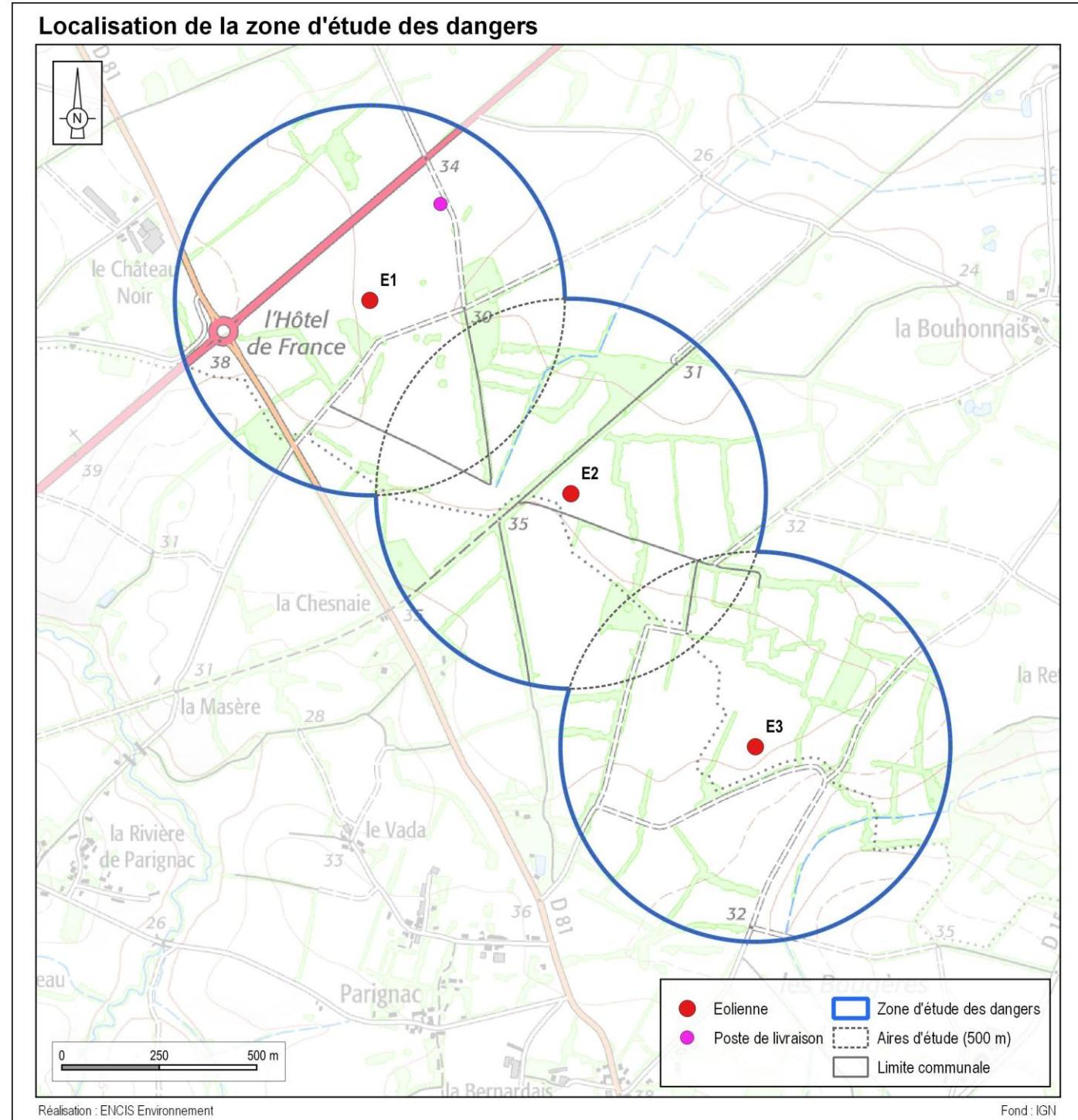
Carte 2 : Localisation des Eoliennes de l'Hôtel de France

2.3 Définition de l'aire d'étude

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

Chaque aire d'étude correspond à l'ensemble des points situés à une distance inférieure ou égale à 500 m à partir de l'emprise du mât de l'aérogénérateur. Cette distance équivaut à la distance d'effet retenue pour le phénomène de projection d'éléments du rotor, scénario accidentel dont la portée est la plus étendue (cf. chapitre 8.2.2.4 de l'étude de dangers).

La zone d'étude n'intègre pas les environs du poste de livraison dont la localisation est néanmoins représentée sur les cartes. Les expertises réalisées par l'INERIS, le SER et la FEE dans le cadre de la réalisation du guide pour l'élaboration des études de dangers de parcs éoliens terrestres ont en effet montré l'absence d'effet à l'extérieur du poste de livraison pour chacun des phénomènes dangereux potentiels pouvant l'affecter. Sera appelée dans la suite du document « zone d'étude des dangers » l'ensemble du territoire couvert par les aires d'études définies autour de chaque mât d'éolienne (rayon de 500 m).



Carte 3 : Zone d'étude et aires d'études des dangers définies autour de chaque aérogénérateur

3. Description de l'environnement de l'installation

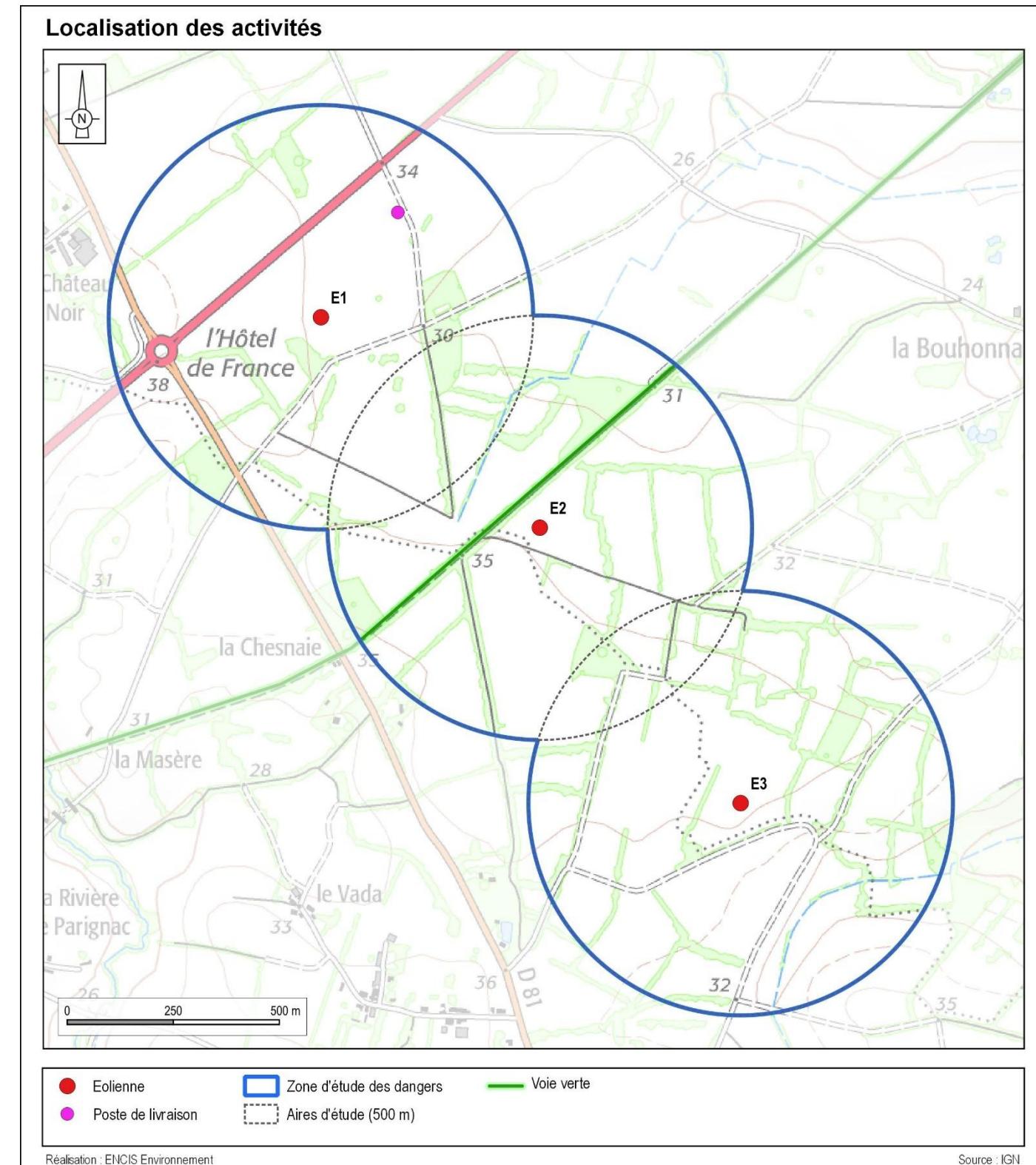
Ce chapitre a pour objectif de décrire l'environnement dans la zone d'étude de l'installation (zone d'étude des dangers) ; ceci afin d'identifier les principaux intérêts à protéger (enjeux) et les facteurs de risque que peut représenter l'environnement vis-à-vis de l'installation (agresseurs ou dangers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

3.1 Environnement humain

Au sein de la zone d'étude des dangers :

- **aucune habitation ou zone d'habitation** n'est identifiée. L'entité la plus proche, une habitation, se trouve à 524 m à l'ouest de l'éolienne E2 au lieu-dit « la Chesnaie » ;
- **aucun établissement recevant du public** n'est présent ; la majorité des établissement recevant du public du secteur (mairies, églises, commerces, etc.) est implantée dans les lieux de vie du secteur (bourg et hameaux) ;
- **aucun Installation Classée pour la Protection de l'Environnement (ICPE) ni aucune Installation Nucléaire de Base (INB)** n'est recensée ;
- la zone d'étude des dangers est traversée par **une voie verte** : il s'agit d'une ancienne voie ferrée, réhabilitée en cheminement piéton/cycliste, qui passe à 70 m de l'éolienne E2.

Ainsi, au regard de l'environnement humain, aucun danger potentiel n'est identifié tandis que les équipements recensés (voie verte) constituent des enjeux à protéger du fait de la présence humaine qu'ils génèrent.



Carte 4 : Les activités identifiées au droit de la zone d'étude des dangers

3.2 Environnement naturel

3.2.1 Contexte climatique

Les paramètres climatiques tels que les températures extrêmes (en particulier négatives), les précipitations, le brouillard (manque de visibilité) ou les vents violents peuvent constituer des agresseurs ou dangers potentiels pour les aérogénérateurs et être à l'origine d'accidents. Selon les données issues de la station météorologique de Blain :

- le secteur d'implantation du projet est concerné par des périodes où les températures descendent en dessous de 0°C. **La formation de gel sur les éoliennes, notamment leur rotor, est donc envisageable** ;
- des **épisodes pluvieux intenses** ont été enregistrés (jusqu'à 84 mm en 24 h en 2018) ;
- la situation du projet en secteur de plaine **l'expose à des épisodes de grêle** pouvant être ponctuellement violents. Les chutes de neige sont par contre rares et peu intenses ;
- des **phases ponctuelles de brouillard** surviennent ;
- des rafales pouvant souffler jusqu'à 133 km/h ont été relevées sur le secteur à seulement 10 m de hauteur témoignant de **l'occurrence de vents violents** (supérieurs à 100,8 km/h) sur le site. Notons par ailleurs que ces vitesses sont plus élevées à hauteur d'éolienne.

Ainsi, les températures négatives, les précipitations (en particulier la pluie et la grêle), le brouillard et les vents violents sont retenus comme dangers potentiels pour les Eoliennes de l'Hôtel de France. Les paramètres climatiques ne constituent pas des enjeux à protéger.

3.2.2 Risques naturels

Le tableau suivant présente les sensibilités du site d'étude vis-à-vis des différents risques naturels susceptibles de représenter un danger pour les éoliennes du projet. Il s'appuie sur les informations de la base de données en ligne Géorisques ainsi que du Dossier Départemental des Risques Majeurs (DDRM) de Loire-Atlantique.

Recensement des risques naturels	
Risque	Commentaire
Risque sismique	La zone d'étude des dangers s'inscrit en zone de sismicité 2 et 3 témoignant d'une probabilité d'occurrence des séismes faible à modérée.
Mouvement de terrains	Aucun événement de ce type n'a été déclaré sur le territoire de la zone d'étude des dangers. De même, aucune cavité souterraine n'est identifiée sur cette emprise.

Recensement des risques naturels					
Risque	Commentaire				
Exposition au retrait-gonflement des sols argileux	La zone d'étude des dangers s'inscrit à la fois sur une zone à aléa faible et sur une zone à aléa fort. Cependant, toutes les éoliennes sont implantées en zone d'exposition de niveau faible.				
Foudre	Le secteur d'implantation du projet s'inscrit sur une zone d'activité moyenne comptant moins de 0,5 impacts de foudre par km ² et par an.				
Tempêtes	Selon les bases de données consultées, le site, comme le département en son ensemble, sont concernés par le risque de tempête.				
Risque incendie	Le projet s'inscrit en zone plutôt agricole ; la commune de Blain ne fait pas partie de la liste des communes concernées par un risque feux de forêt, il n'existe très peu de boisements au sein de la ZED.				
Inondation	<table border="1"> <tr> <td>Par débordement de cours d'eau</td> <td>Les éoliennes du projet s'inscrivent à plus d'un kilomètre de la zone inondable la plus proche. Le risque de submersion de la base de ces installations par un phénomène de crue est donc écarté. La zone d'étude de dangers s'inscrit également en dehors de tout périmètre inondable.</td> </tr> <tr> <td>Par remontée de nappe</td> <td>Selon le site Géorisques, la zone d'étude des dangers n'est pas concernée par des évènements de remontée de nappes.</td> </tr> </table>	Par débordement de cours d'eau	Les éoliennes du projet s'inscrivent à plus d'un kilomètre de la zone inondable la plus proche. Le risque de submersion de la base de ces installations par un phénomène de crue est donc écarté. La zone d'étude de dangers s'inscrit également en dehors de tout périmètre inondable.	Par remontée de nappe	Selon le site Géorisques, la zone d'étude des dangers n'est pas concernée par des évènements de remontée de nappes.
Par débordement de cours d'eau	Les éoliennes du projet s'inscrivent à plus d'un kilomètre de la zone inondable la plus proche. Le risque de submersion de la base de ces installations par un phénomène de crue est donc écarté. La zone d'étude de dangers s'inscrit également en dehors de tout périmètre inondable.				
Par remontée de nappe	Selon le site Géorisques, la zone d'étude des dangers n'est pas concernée par des évènements de remontée de nappes.				

Tableau 1 : Recensement des risques naturels susceptibles d'intéresser la zone d'étude des dangers

Ainsi, le risque lié à la foudre et aux tempêtes sont retenus comme dangers potentiels pour les Éoliennes de l'Hôtel de France. Les risques naturels ne constituent pas des enjeux à protéger.

3.3 Environnement matériel

Concernant les **voies de communication**, la zone d'étude des dangers est traversée sur sa partie nord par la route nationale 171, considérée comme un axe structurant du fait de son trafic moyen journalier annuel supérieur à 2 000 véhicules/jour (7 859 véhicules/jour selon le comptage 2016). De plus, la RD 81 traverse la zone d'étude de l'éolienne E1, à 350 m à l'ouest. La zone d'étude est également desservie par un réseau de chemins et routes communales. Outre ces équipements, aucune voie ferrée, aucun cours d'eau navigable ni aucun couloir aérien n'est intercepté par la zone d'étude des dangers.

Pour ce qui est des **infrastructures réseaux et canalisations**, le site d'étude est dépourvu de lignes électriques, de canalisations de gaz et de canalisation de transport d'hydrocarbures et de produits chimiques.

Au regard de l'inventaire effectué, il apparaît que les routes présentes au sein de la zone d'étude des dangers constituent un enjeu à protéger du fait de la présence d'usagers (automobilistes, motards, etc.). Celles présentes à moins de 200 m des éoliennes représentent également un danger potentiel compte tenu du risque de sortie de route et de collision d'un mât.

3.4 Cartographie de synthèse

Le présent chapitre a permis d'identifier, à l'échelle de la zone d'étude des dangers :

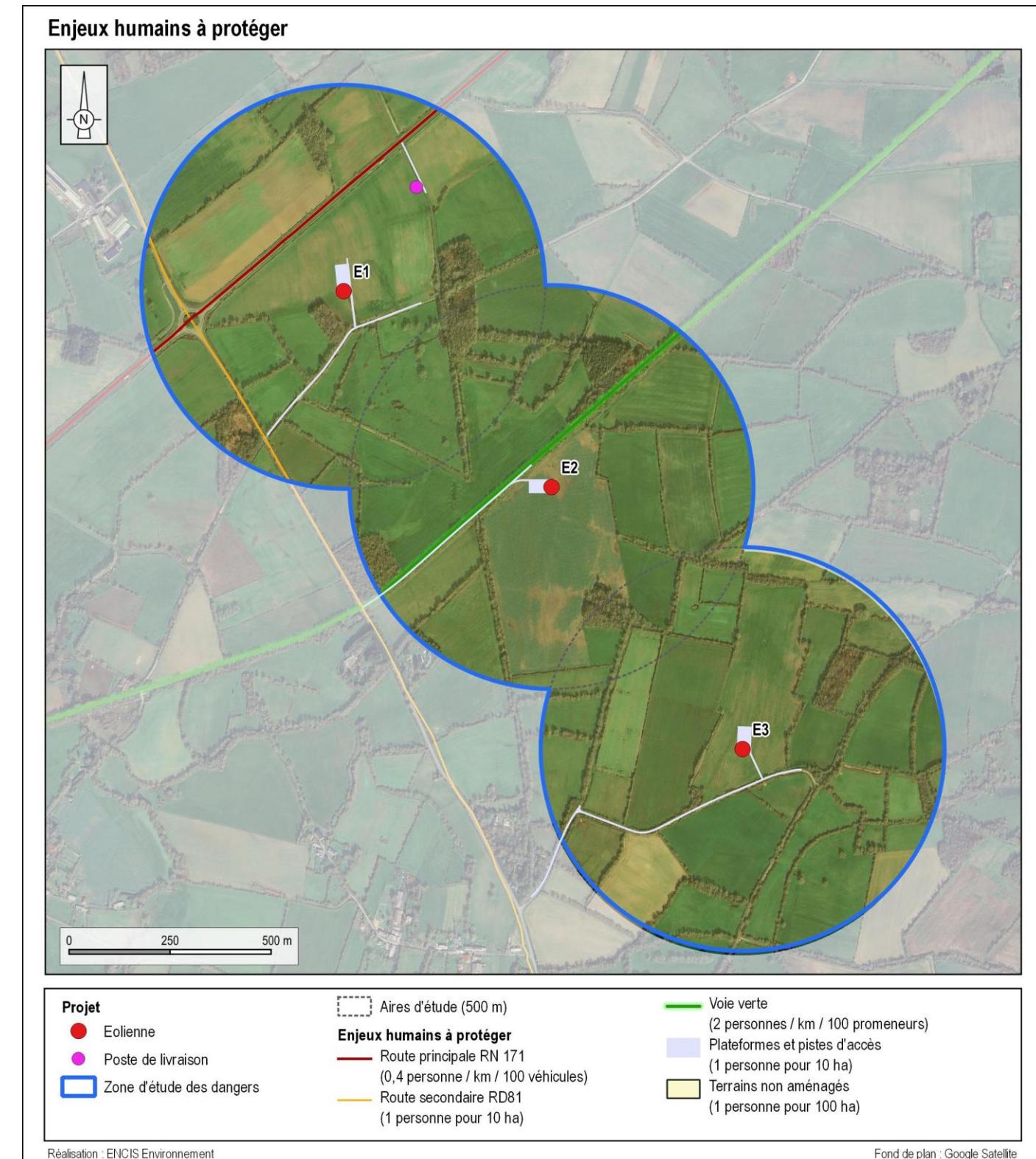
- **les principaux intérêts à protéger (enjeux)** en cas d'accident survenant sur l'installation ;
- **les facteurs de risque** que peut représenter l'environnement vis-à-vis de l'installation (**agresseurs ou dangers potentiels**) et susceptibles de générer des accidents.

Le tableau suivant reprend les conclusions de cette analyse pour chacune des composantes traitées :

Thématique	Composante	Intérêt à protéger	Agresseur /danger potentiel
Environnement humain	Autres activités (agriculture, chasse, randonnée/voie verte)	✓	✗
Environnement naturel	Températures (gel)	✗	✓
	Précipitations (pluie et grêle)	✗	✓
	Brouillard	✗	✓
	Vents violents	✗	✓
	Foudre	✗	✓
	Tempêtes	✗	✓
Environnement matériel	Voies de communication (routes)	✓	✓ (RN 171)

Tableau 2 : Enjeux à protéger, nombre de personnes théorique exposées et agresseurs/dangers potentiels identifiés au sein de la zone d'étude des dangers

La carte suivante présente les enjeux à protéger dans chacune des aires d'étude de dangers des Éoliennes de l'Hôtel de France (rayon de 500 m autour du mât).



Carte 5 : Les intérêts à protéger (enjeux) au sein des aires d'étude des dangers des Éoliennes de l'Hôtel de France

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

4.1 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 (plateformes de maintenance, réseau de raccordement électrique inter-éolienne, poste(s) de livraison et chemins d'accès aux aérogénérateurs).

4.1.1 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 de transmission ;
- **le mât** est généralement composé de 3 à 5 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 ;
 - le transformateur, lorsqu'il n'est pas dans le mât.

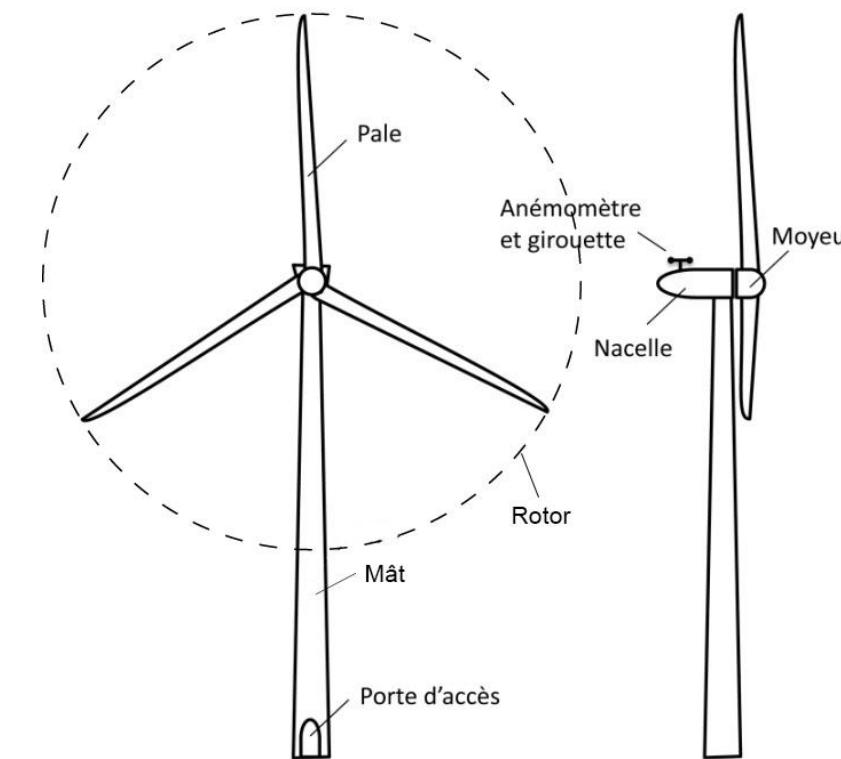


Figure 2 : Schéma simplifié d'un aérogénérateur
(Source : d'après le Guide technique, Mai 2012)

4.1.2 Emprises au sol

Le schéma suivant permet de visualiser les aménagements nécessaires à la construction et à l'exploitation d'une éolienne. Il permet également d'identifier la zone de survol (surplomb) du rotor.

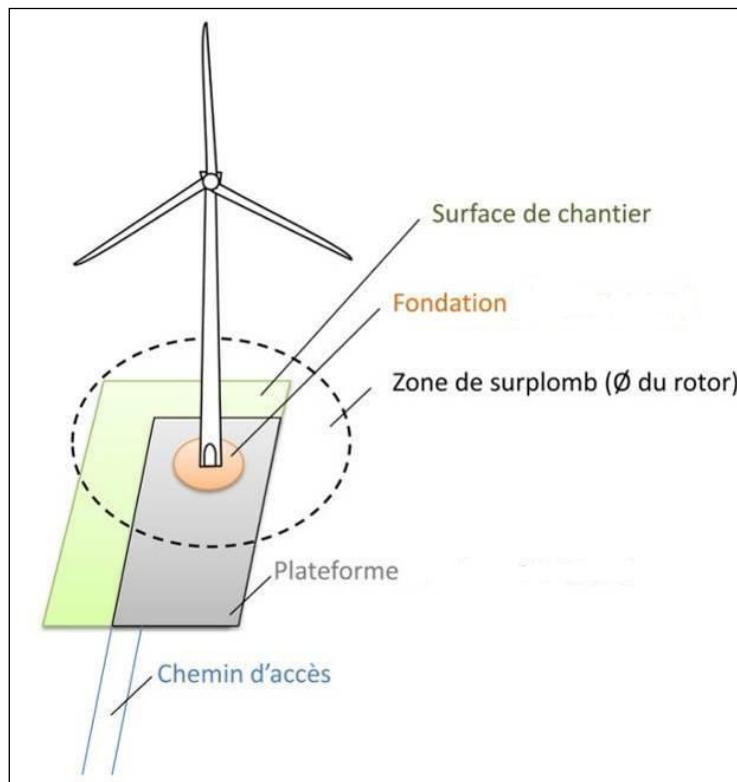


Figure 3 : Illustration des emprises au sol d'une éolienne
(Source : Guide technique, Mai 2012)

La localisation cadastrale et les coordonnées géographiques des aérogénérateurs et du poste de livraison sont détaillées ci-après :

ELEMENT	Commune	Cadastral	Altitude au sol	Hauteur	Altitude NGF en bout de pale	Distance à l'éolienne la plus proche	Coordonnées (RGF93 CC 47)	
							X	X
E1	Blain	XO11	33,9 m	164,6 m	198,4 m	715 m (E2)	1337574.73	6260495.29
E2	Blain	XB61	32,7 m	164,6 m	197,2 m	715 m (E1)	1338090.22	6260003.73
E3	Blain	K323	33,9 m	164,6 m	198,4 m	810 m (E2)	1338562.76	6259355.28
PDL	Blain	XO30	33,15 m	2,87 m	-	-	1337755.80	6260748.49

Tableau 3 : Coordonnées des éoliennes et du poste de livraison

4.1.3 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 constructions du parc éolien que pour les opérations de maintenance liées à son exploitation :

- l'aménagement de ces accès concerne principalement les chemins existants ;
- si nécessaire, de nouveaux chemins sont créés ; c'est le cas du présent projet.

4.2 Composition de l'installation

Le parc des Eoliennes de l'Hôtel de France est composé de trois aérogénérateurs et d'un poste de livraison.

Le diamètre du rotor est de 116,8 m, la hauteur du moyeu est de 105,9 m, pour une hauteur totale en bout de pale de 164,6 m.



Carte 6 : Plan du projet des Eoliennes de l'Hôtel de France

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.

Lorsque le vent est trop faible (vitesses généralement comprises entre 0 et 1,5 à 3 m/s), le rotor est à l'arrêt ou tourne trop lentement pour assurer une quelconque production électrique. Une fois cette vitesse dépassée, la pression exercée par le vent est suffisante pour que l'éolienne entre en production ; elle est alors couplée au réseau. C'est la génératrice, située dans la nacelle, qui 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 une certaine vitesse (variable selon les modèles), l'éolienne atteint son seuil de puissance maximale ; on parle alors de puissance 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 une vitesse jugée dangereuse pour l'intégrité de l'installation (risque de casse matérielle – vitesse variable selon les modèles), l'éolienne cesse de fonctionner. Deux systèmes de freinage permettront la mise à l'arrêt du rotor :

- 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 afin d'avoir une portance minimale ;
- le second, par un **frein mécanique** placé sur l'arbre de transmission à l'intérieur de la nacelle.

Le tableau suivant détaille les principaux paramètres de vitesse du modèle d'éolienne envisagé :

Vitesse de couplage au réseau	Vitesse nominale	Vitesse de mise en drapeau
3 m/s	Entre 13 et 25 m/s	24 m/s

Tableau 4 : Les principales caractéristiques de vitesse de vent du modèle envisagé

5. Les potentiels de dangers de l'installation

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

5.1 Recensement des potentiels de dangers

Au regard de l'analyse menée, il apparaît que :

- l'activité de production d'électricité par les éoliennes ne consomme pas de matières premières, ni de produits pendant la phase d'exploitation. De même, cette activité ne génère pas de déchet, ni d'émission atmosphérique, ni d'effluent potentiellement dangereux pour l'environnement ;
- les produits contenus dans une éolienne (huiles, graisses, eau glycolée et hexafluorure de soufre (SF_6)) ne présentent pas de réel danger. Un risque est envisagé uniquement en cas d'accident tels qu'un incendie, où ces produits vont entretenir cet incendie, ou s'ils sont déversés dans l'environnement générant un risque de pollution des sols ou des eaux ;
- les dangers liés au fonctionnement du parc éolien sont de cinq types : chute d'éléments de l'aérogénérateur (boulons, morceaux d'équipements, etc.), projection d'éléments (morceaux de pale, brides de fixation, etc.), effondrement de tout ou partie de l'aérogénérateur, échauffement de pièces mécaniques, courts-circuits électriques (aérogénérateur ou poste de livraison).

5.2 Réduction des potentiels de dangers à la source

La réduction des dangers liés aux produits présents au sein de l'installation dépend essentiellement de la **bonne maintenance des appareils**, du **respect des règles de sécurité** et des **choix techniques opérés** : contrôle et renouvellement des lubrifiants selon un protocole et un calendrier précis, respect de la réglementation (interdiction de stocker des produits inflammables ou combustibles dans les éoliennes ou les postes de livraison), mise en place d'un bac de récupération dans la nacelle, utilisation d'un transformateur de type sec dépourvu de lubrifiants, etc.

La réduction des potentiels de dangers à la source intervient également par le **choix d'aérogénérateurs fiables, disposant de systèmes de sécurité performants et conformes à la réglementation en vigueur**. Elle s'illustre également par les **choix d'implantation opérés**.

Enfin, les mesures générales de prévention limitant les risques d'accident sur le parc éolien sont appliquées : système de management hygiène, sécurité, environnement (HSE) respecté par tous les salariés en charge de la maintenance, personnel habilité, formé, entraîné et disposant des autorisations nécessaires

pour intervenir sur les installations, mise à disposition des procédures d'installation et de maintenance claires et détaillées pour chacun des équipements, respect des normes en vigueur et des normes constructeur.

6. Analyse Préliminaire des Risques

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

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

Ainsi, au regard de l'analyse effectuée dans l'étude de dangers, cinq catégories de scénarios pouvant avoir des conséquences sur les personnes sont retenues pour la suite de l'analyse (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.

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

7. Étude détaillée des risques

L'étude détaillée des risques vise à caractériser les scénarios retenus à l'issue de l'Analyse Préliminaire des Risques (cf. chapitre précédent) en termes de probabilité, cinétique, intensité et gravité¹. Son objectif est donc de préciser le risque généré par l'installation et d'évaluer l'efficacité des mesures de maîtrise des risques mises en œuvre.

L'étude détaillée permet donc de vérifier l'acceptabilité des risques potentiels générés par l'installation.

7.1 Tableau de synthèse des scénarios étudiés

Le tableau suivant récapitule, pour chaque scénario considéré, la zone d'effet du phénomène ainsi que les paramètres de risques : la cinétique, l'intensité, la gravité et la probabilité.

Synthèse des scénarios étudiés					
Scénario	Zone d'effet	Cinétique	Intensité	Probabilité	Gravité
Effondrement de l'éolienne	Disque dont le rayon correspond à une hauteur totale de l'éolienne en bout de pale 164,6 m	Rapide	Exposition modérée	D	Modérée pour toutes les éoliennes
Chute de glace	Zone de survol du rotor 58,4 m	Rapide	Exposition modérée	A	Modérée pour toutes les éoliennes
Chute d'éléments	Zone de survol du rotor 58,4 m	Rapide	Exposition modérée	C	Modérée pour toutes les éoliennes
Projection de pales ou de fragments de pales	Disque de rayon de 500 m autour de l'éolienne	Rapide	Exposition modérée	D	Importante pour E1, Sérieuse pour E2, Modérée pour E3
Projection de morceaux de glace	Disque de rayon = $1,5 \times (H + D)$ autour de l'éolienne 334,05 m	Rapide	Exposition modérée	B	Sérieuse pour E1 et E2 Modérée pour E3

Tableau 5 : Synthèse des scénarios étudiés

7.2 Synthèse de l'acceptabilité des risques

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

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

¹ Voir définitions en Annexe

Niveau de gravité des conséquences	Classe de probabilité				
	E	D	C	B	A
Désastreux	Jaune	Rouge	Rouge	Rouge	Rouge
Catastrophique					
Important		Projection de pale ou de fragments pour E1			
Sérieux		Projection de pale ou de fragments pour E2		Projection de glace pour E1 et E2	
Modéré		Effondrement de l'éolienne Projection de pale ou de fragments pour E3	Chute d'éléments	Projection de glace pour E3	Chute de glace

Tableau 6 : Matrice de criticité des risques

Légende :

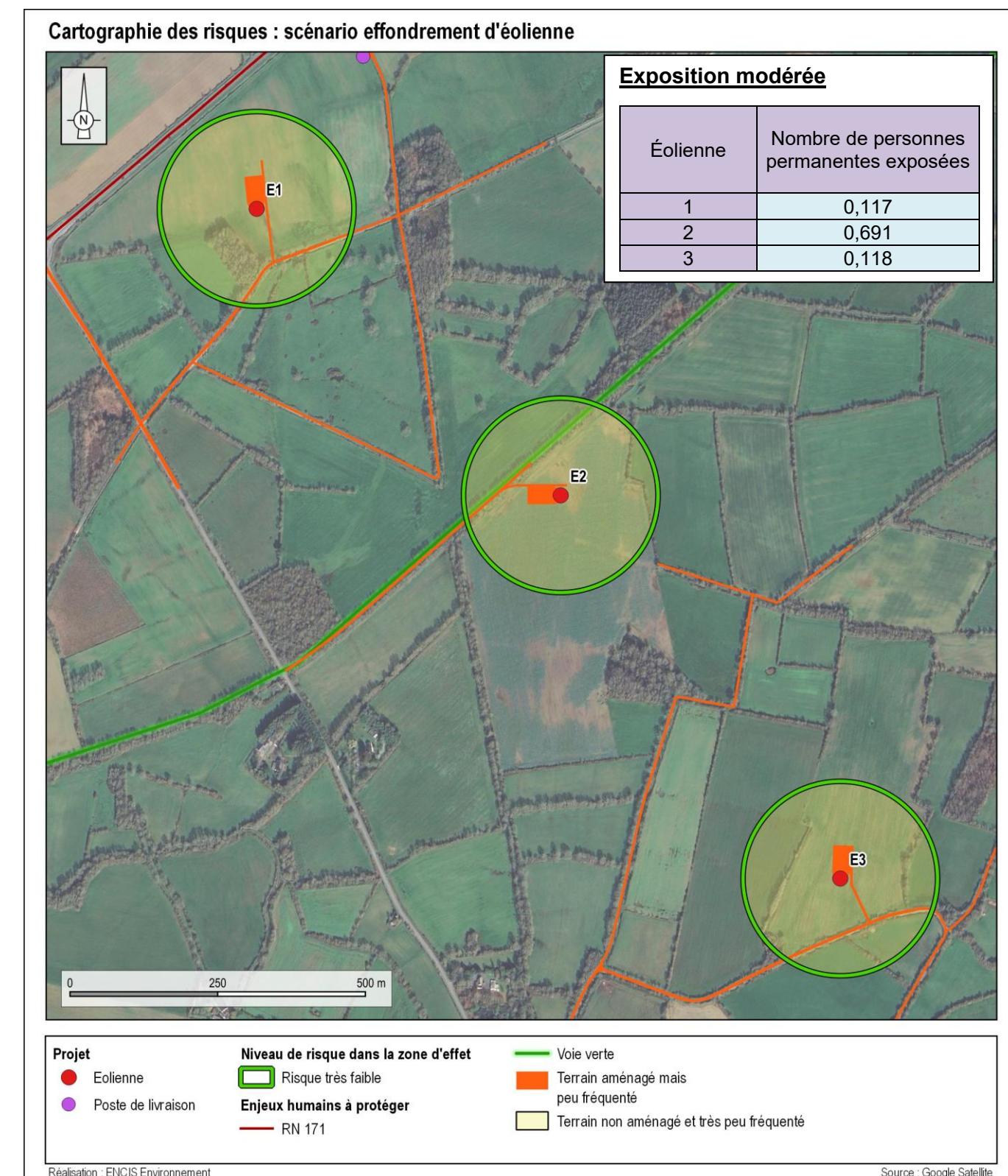
Niveau de risque	Couleur	Acceptabilité
Risque très faible	Verte	Acceptable
Risque faible	Jaune	Acceptable
Risque important	Rouge	Non acceptable

Il apparaît au regard de la matrice ainsi complétée que :

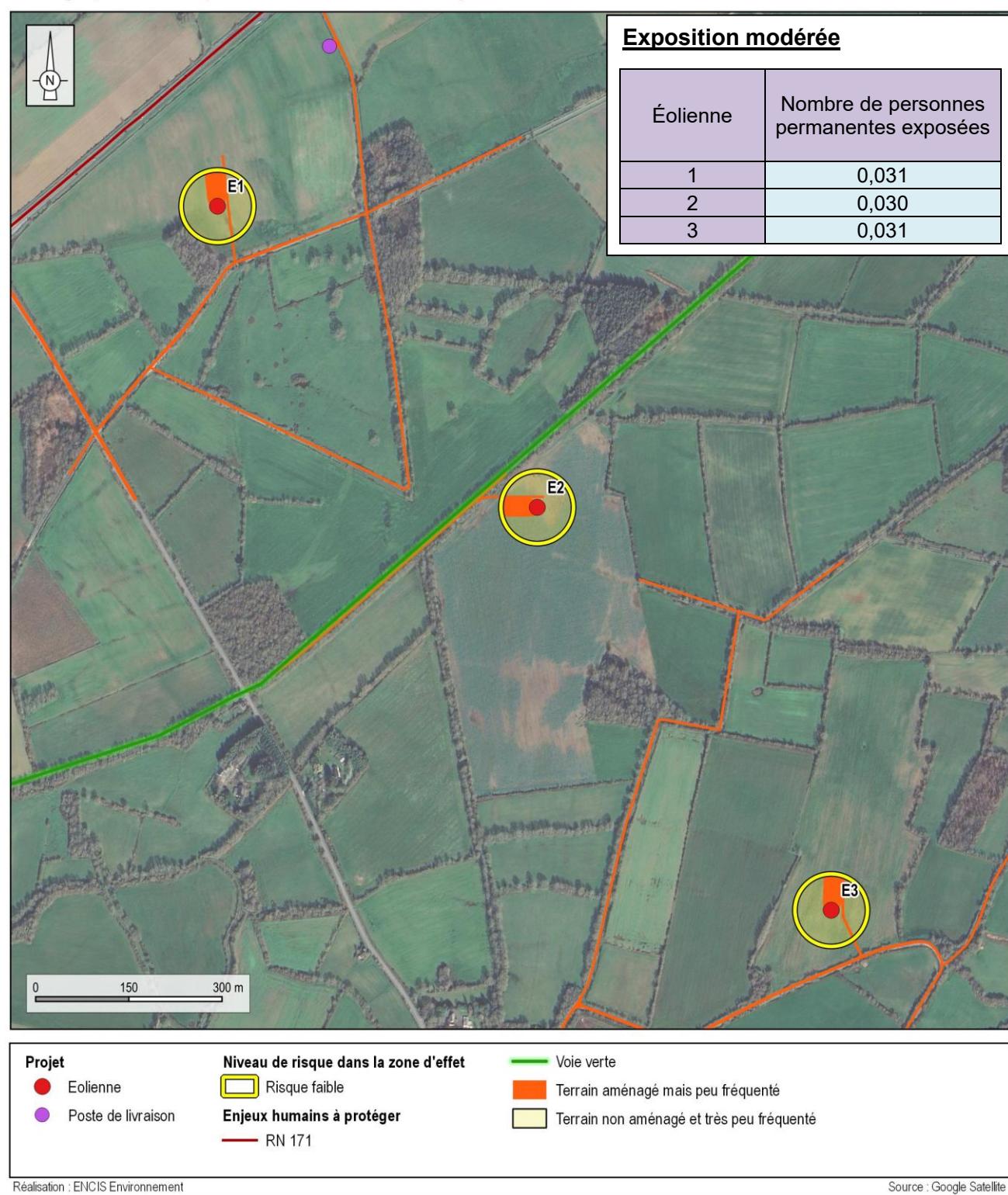
- aucun accident n'apparaît dans les cases rouges de la matrice ;
- l'ensemble des scénarios accidentels étudiés figure en cases verte (projection de pale ou de morceau de pale pour E2 et E3, effondrement de l'éolienne, projection de glace pour E3, chute d'éléments) et jaune (chute de glace, projection de glace pour E1 et E2 et projection de pale ou de morceau de pale pour E1) de la matrice de criticité. **Ils présentent donc un risque très faible à faible.** Il convient de souligner que les fonctions de sécurité détaillées dans la partie 7.6 de l'étude de dangers sont mises en place et contribuent à l'atteinte d'un niveau de risque acceptable.

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

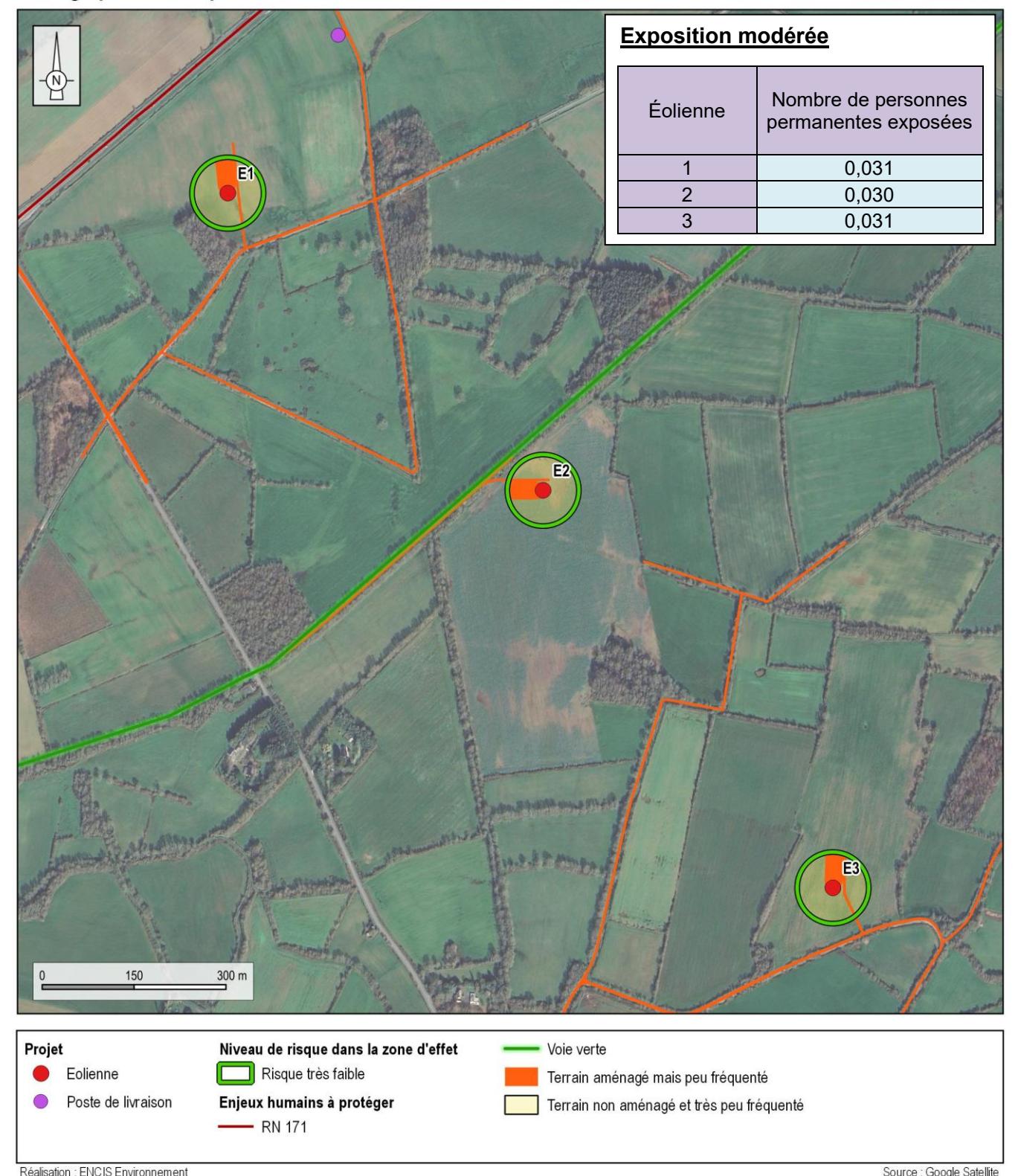
Les cartographies suivantes présentent pour chaque scénario et chaque éolienne la zone d'effet, les enjeux identifiés, l'intensité des phénomènes dangereux et le nombre de personnes exposées.



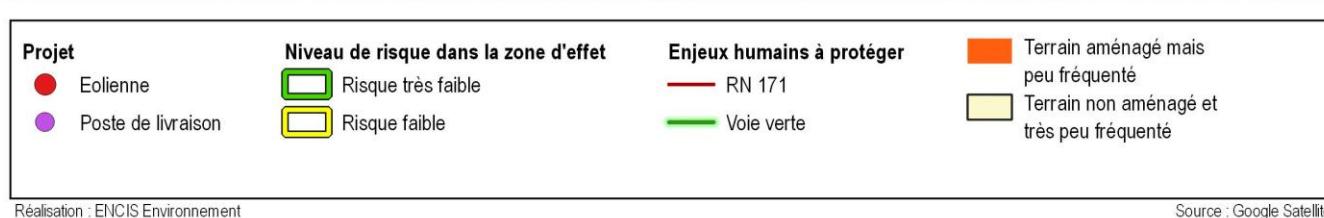
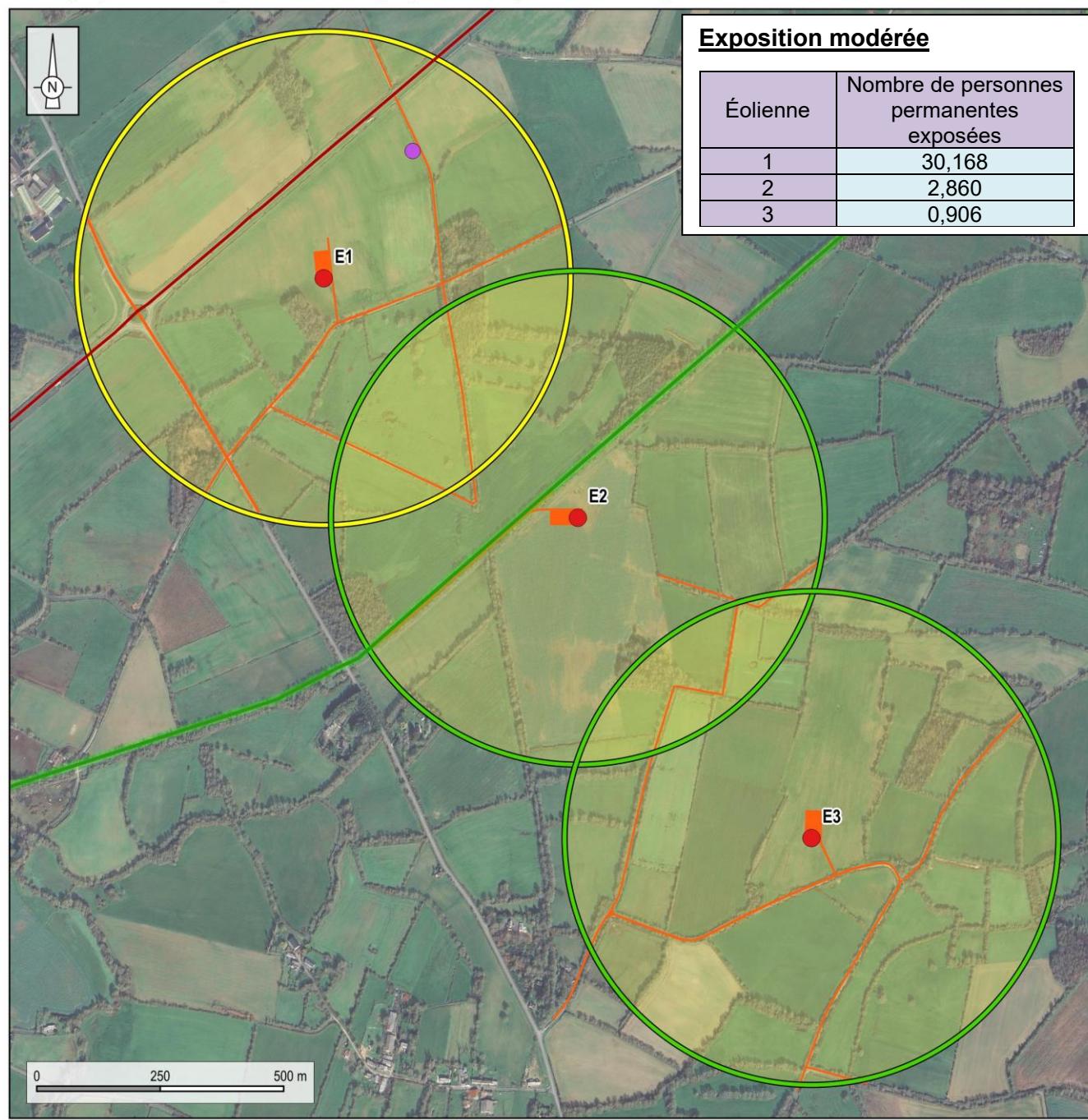
Carte 7 : Cartographie des risques – Scénario d'effondrement de l'éolienne

Cartographie des risques : scénario de chute de glace

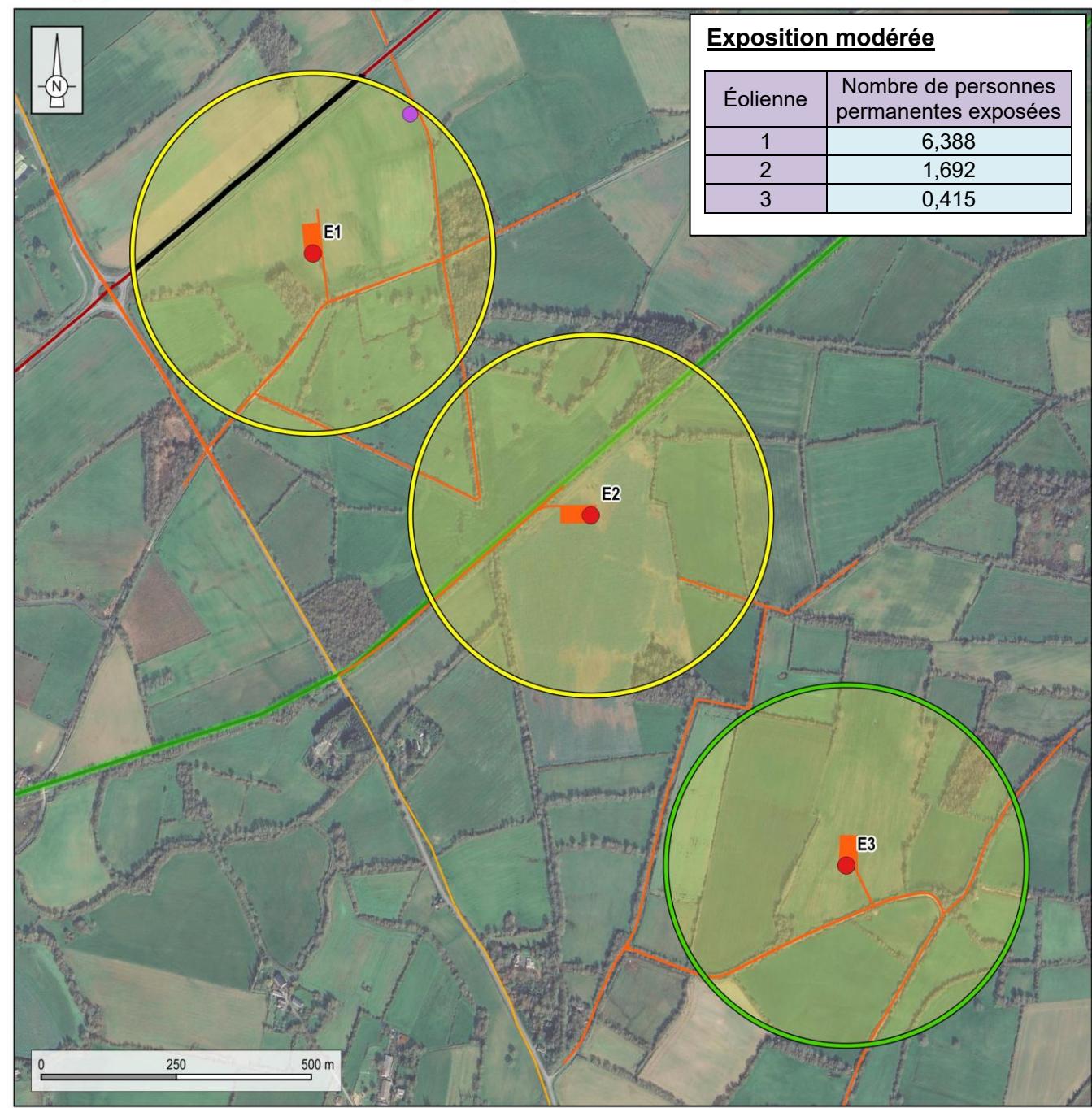
Carte 8 : Cartographie des risques – Scénario de chute de glace

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

Carte 9 : Cartographie des risques – Scénario de chute d'éléments de l'éolienne

Cartographie des risques : scénario projection de pales ou de fragments

Carte 10 : Cartographie des risques – Scénario de projection de pales ou de fragments de pales

Cartographie des risques : scénario projection de glace

Carte 11 : Cartographie des risques – Scénario de projection de morceaux de glace

8. Conclusion

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

- effondrement de l'éolienne ;
- chute de glace ;
- chute d'éléments de l'éolienne ;
- projection de tout ou partie de pale ;
- projection de morceaux de glace.

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

Scénario	Probabilité	Gravité	Acceptabilité
Effondrement de l'éolienne	D (Rare)	Modérée pour toutes les éoliennes	Acceptable
Chute de glace	A (Courant)	Modérée pour toutes les éoliennes	Acceptable
Chute d'éléments	C (Improbable)	Modérée pour toutes les éoliennes	Acceptable
Projection de pales ou de fragments de pales	D (Rare)	Importante pour E1, Sérieuse pour E2, Modérée pour E3	Acceptable
Projection de morceaux de glace	B (Probable)	Sérieuse pour E1 et E2 Modérée pour E3	Acceptable

Tableau 7 : Tableau de synthèse des scénarios et de leur acceptabilité

L'exploitant, de par sa démarche en amont, a réussi à limiter les risques inhérents au projet. En effet, les distances aux différentes infrastructures sont suffisantes pour que chacun des scénarios accidentels retenus ait un niveau de risque acceptable.

De plus, son installation est conforme à la réglementation en vigueur (arrêté du 26 août 2011 relatif aux ICPE modifié) 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 le chemin d'accès de chaque aérogénérateur 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	Coupe 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 l'aérogénérateur 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'huile 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
10	Prévenir les erreurs de maintenance	Procédure de 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	Empêcher la perte de contrôle de l'éolienne en cas de défaillance réseau	Détection des défaillances du réseau électrique Batteries pour chaque système pitch Système d'alimentation sans coupure (UPS)

Tableau 8 : Principales mesures de sécurité mises en place

Annexe : Définitions

L'objectif de ce chapitre est de définir chacun des paramètres utilisés pour la caractérisation des scénarios retenus dans l'étude détaillée des risques (cf. chapitre 7) : cinétique, intensité, gravité et probabilité. Ces définitions s'appuient sur des références réglementaires.

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 2005², 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.

Intensité

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

On constate que les scénarios retenus au terme de l'Analyse Préliminaire des Risques pour les parcs éoliens sont des scénarios de projection (de glace ou de toute ou partie de pale), de chute d'éléments (glace ou toute ou partie de pale) ou d'effondrement d'aérogénérateur.

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, des effets toxiques ou des effets 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 projections), 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 (= zone d'impact) et la surface de la zone exposée à la chute ou à la projection (= zone d'effet).

Intensité	Degré d'exposition
Exposition très forte	$x > 5 \%$
Exposition forte	$1 \% \leq x \leq 5 \%$
Exposition modérée	$x < 1 \%$

Tableau 9 : Intensité et degré d'exposition à un événement accidentel ayant lieu sur une éolienne

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

Gravité

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

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

Tableau 10 : Seuils de gravités définis au regard du seuil d'exposition

² 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

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	Échelle qualitative	Échelle 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 11 : Classes de probabilité utilisées pour la caractérisation des scénarios d'accident majeur

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 :

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

Avec :

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.