

Décembre 2020

RÉSUMÉ NON TECHNIQUE DE L'ÉTUDE DE DANGERS DU PROJET DE PARC ÉOLIEN DES CROILIERES

Département : Charente (16)

Commune : Courcôme

Maître d'ouvrage

NEOEN

Contact :

Bérénice VANPOULLE, Chef de projets

6 rue Ménars

75002 PARIS



Réalisation de l'étude

ENCIS Environnement

Parc Ester Technopole

21, rue Columbia

87068 Limoges

**Tome 5.2 du Dossier de Demande
d'Autorisation Environnementale**

Historique des révisions				
Version	Etabli par :	Corrigé par :	Validé par :	Commentaires et date
0	Séverine PATUREAU	Marine GILLOT	Elisabeth GALLET-MILONE	Première émission (version minute) 17/11/2020
				
1	Séverine PATUREAU	Marine GILLOT	Elisabeth GALLET-MILONE	Deuxième émission pour dépôt 02/12/2020
				

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 de parc éolien des Croilières sera équipé d'un seul aérogénérateur 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 de parc éolien des Croilières.

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.....	14
4.1 Caractéristiques générales d'un parc éolien.....	14
4.1.1 Éléments constitutifs d'un aérogénérateur	14
4.1.2 Emprises au sol	14
4.1.3 Chemins d'accès	15
4.2 Composition de l'installation.....	15
4.3 Fonctionnement de l'installation	18
5. Les potentiels de dangers de l'installation.....	18
5.1 Recensement des potentiels de dangers.....	18
5.2 Réduction des potentiels de dangers à la source.....	18
6. Analyse Préliminaire des Risques	19
7. Étude détaillée des risques	19
7.1 Tableau de synthèse des scénarios étudiés	19
7.2 Synthèse de l'acceptabilité des risques	19
8. Conclusion.....	23

Annexe : Définitions	24
Cinétique.....	24
Intensité	24
Gravité.....	24
Probabilité.....	25

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 NEOEN pour caractériser, analyser, évaluer, prévenir et réduire les risques du parc éolien des Croilières, 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.

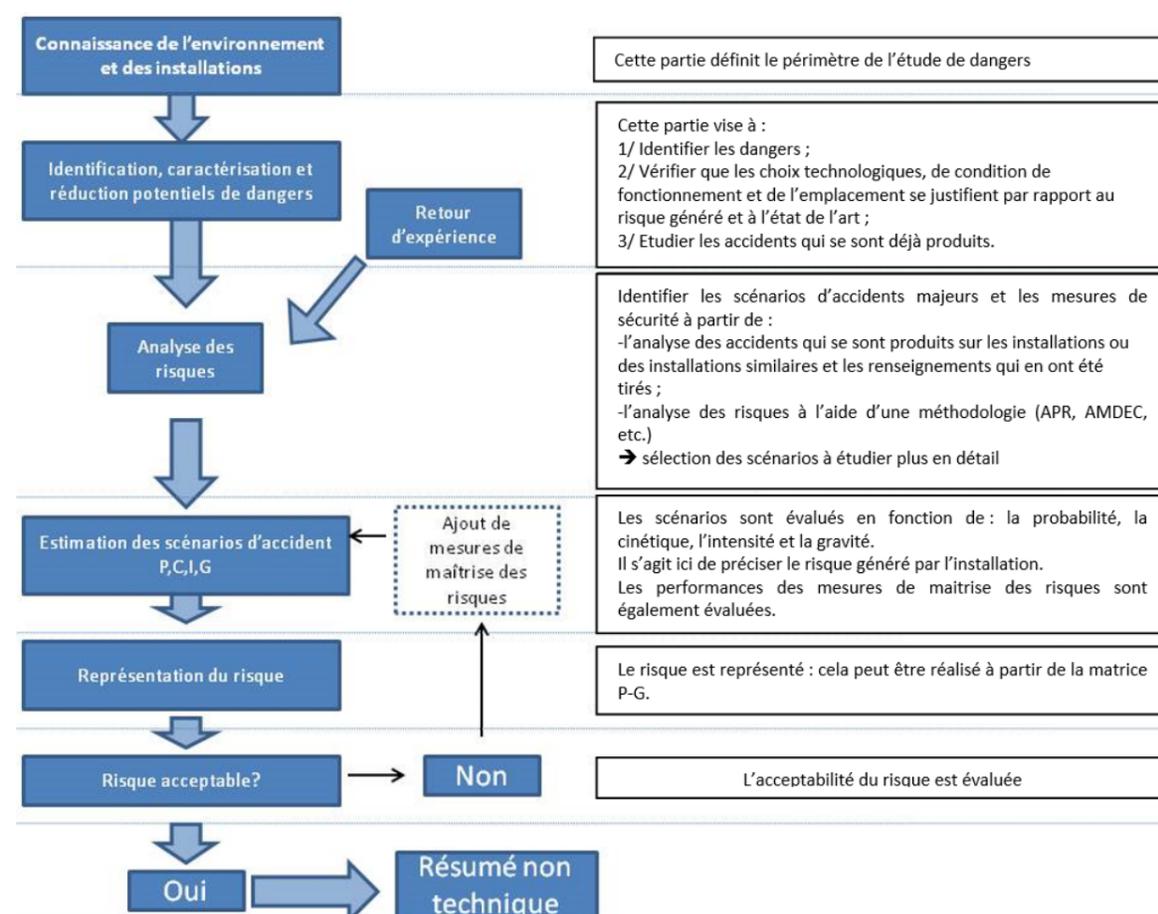


Figure 1 : Étapes de la démarche d'étude de dangers
(Source : Guide technique, mai 2012)

Cette étude et son résumé non technique ont été réalisés par Séverine PATUREAU, du bureau d'études ENCIS Environnement.

2. Informations générales concernant l'installation

2.1 Renseignements administratifs

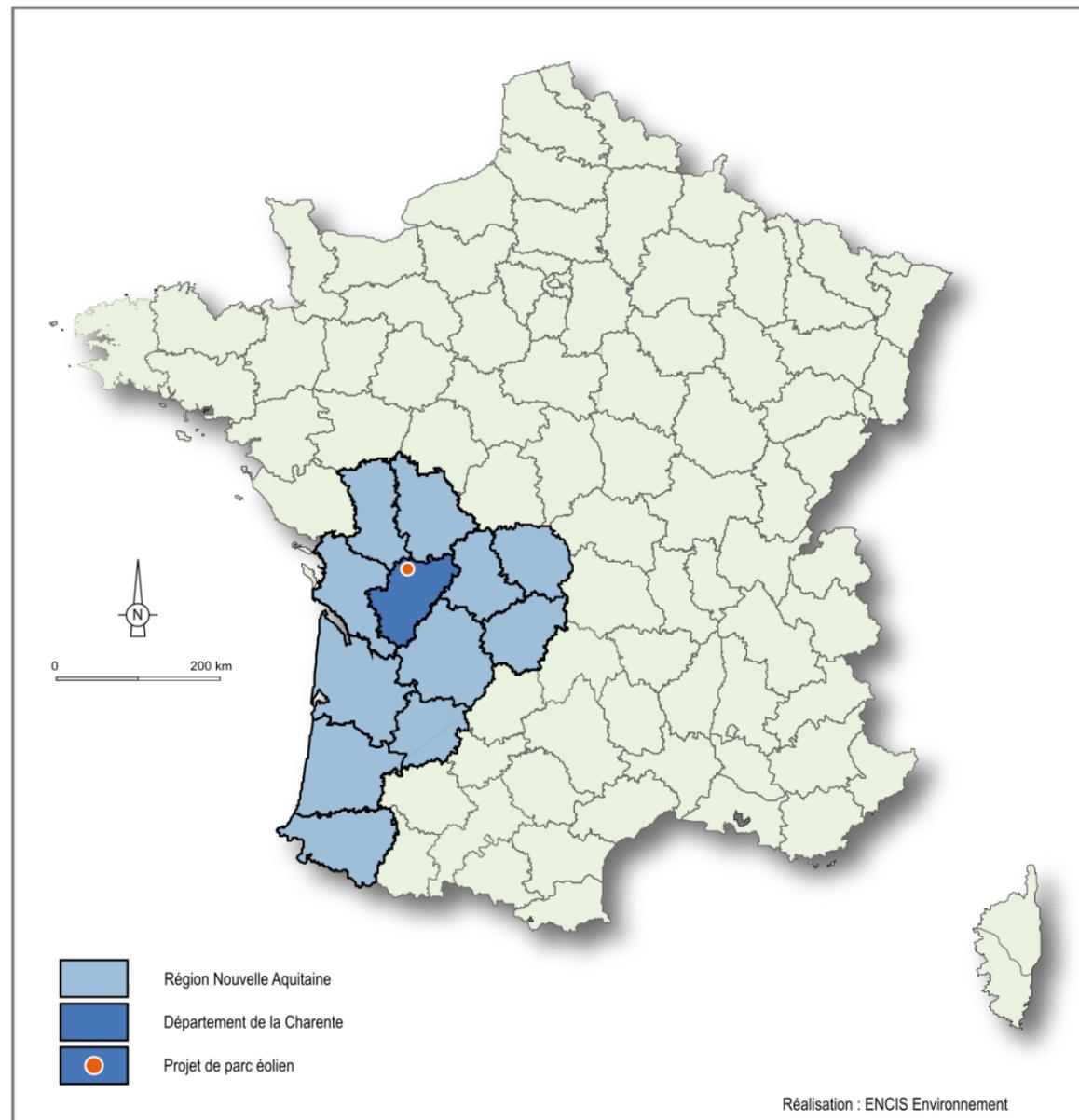
Le projet de parc éolien des Croilières est porté par la société Centrale Eolienne Les Croilières, filiale de NEOEN spécialisé dans le développement des énergies renouvelables.

La société Centrale éolienne Les Croilières sera également l'exploitant du futur parc éolien.

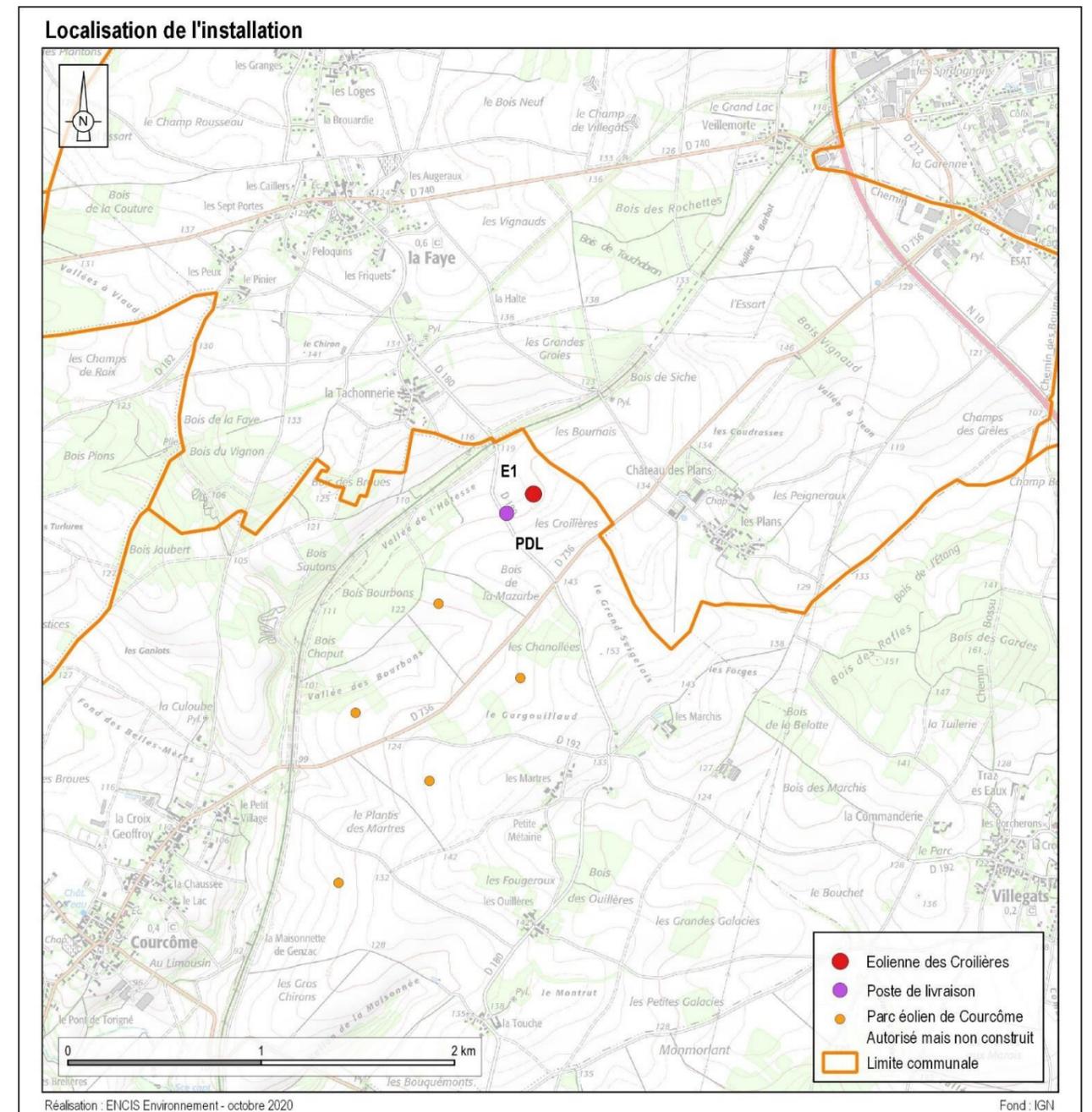
2.2 Localisation du site

Le projet de parc éolien des Croilières est localisé sur la commune de Courcôme, dans le département de la Charente (16) en région Nouvelle-Aquitaine.

Il consiste à agrandir le parc éolien de Courcôme de 5 éoliennes (autorisé et en cours de construction depuis septembre 2020) en ajoutant une éolienne supplémentaire.



Carte 1 : Localisation du site



Carte 2 : Localisation de l'éolienne du parc des Croilières

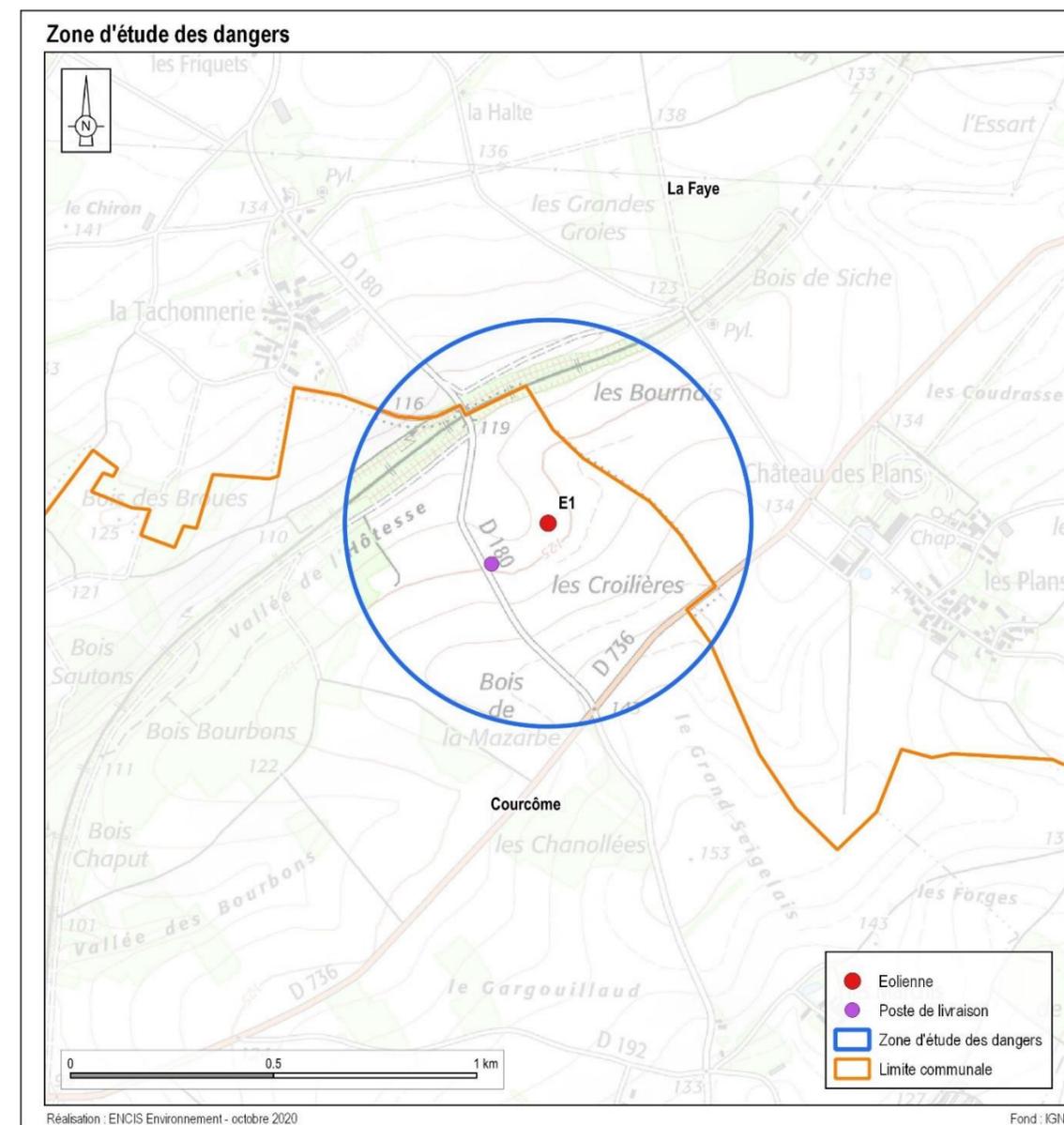
2.3 Définition de l'aire d'étude

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, qui est néanmoins représenté sur la carte suivante. Les expertises réalisées par l'INERIS et le SER 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 appelé dans la suite du document « zone d'étude des dangers » l'ensemble du territoire couvert par l'aire d'étude définie autour du mât de l'éolienne (rayon de 500 m).



Carte 3 : Zone d'étude des dangers définie autour de l'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 potentiels).

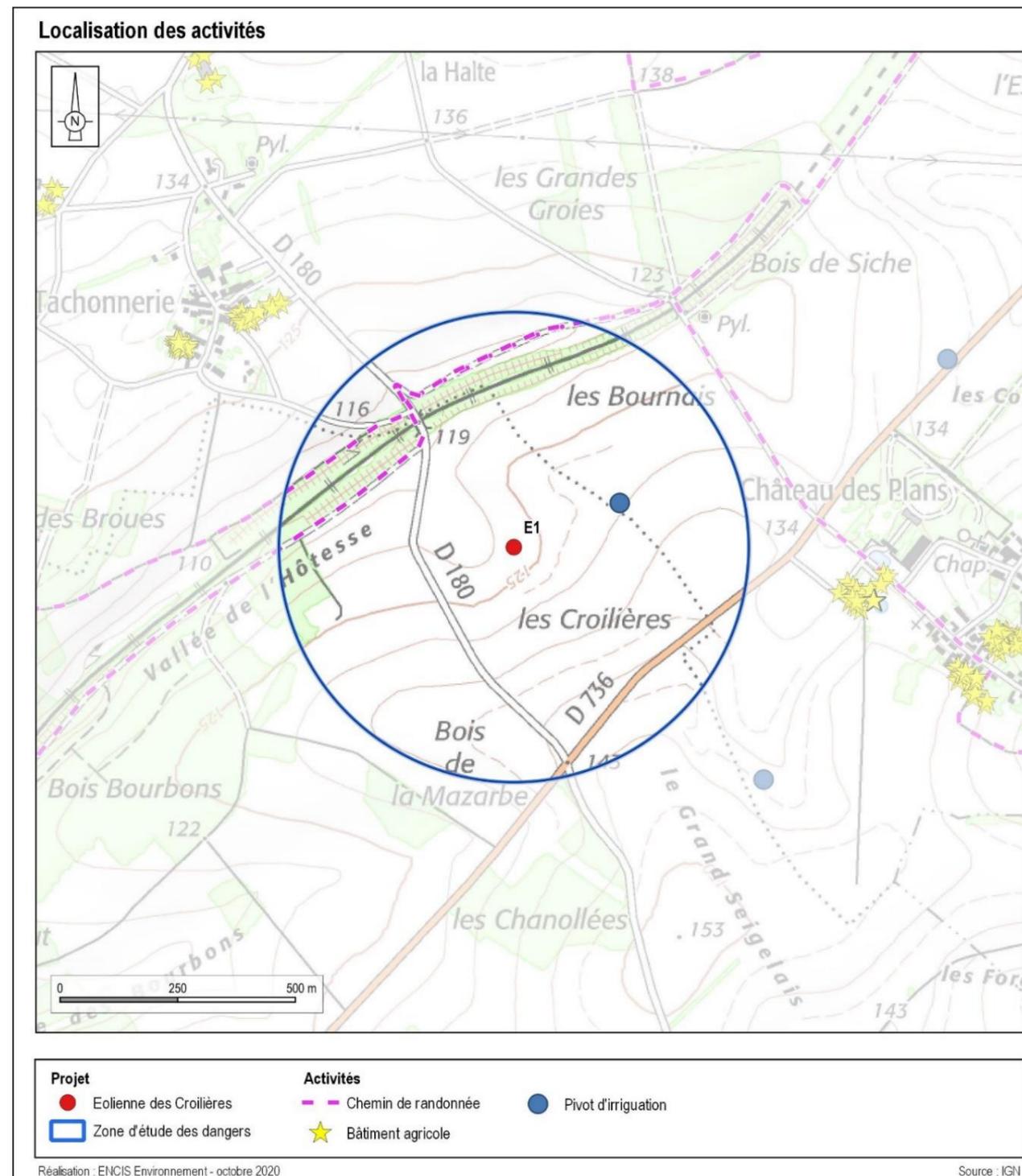
3.1 Environnement humain

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 de la commune de la Faye, s'inscrit à 666 m au nord-ouest de l'éolienne au droit du hameau de la Tachonnerie ;
- aucun établissement recevant du public n'est présent ;
- aucune Installation Classée pour la Protection de l'Environnement (ICPE) ni aucune Installation Nucléaire de Base (INB) n'est recensée. À noter que les communes concernées par la zone d'étude des dangers ne comptent sur leur territoire aucune installation classée « SEVESO » ou INB ;
- des équipements en lien avec des activités humaines sont identifiés :
 - un pivot d'irrigation,
 - deux sentiers de randonnée.

Rappelons également que malgré l'absence d'équipement de chasse, l'utilisation du site par les chasseurs de ne peut être exclue compte tenu de la présence de parcelles agricoles. De même, signalons que l'ensemble du territoire local est compris à l'intérieur du périmètre de protection rapprochée du captage AEP de Coulonges-sur-Charente.

Ainsi, au regard de l'environnement humain, aucun agresseur potentiel n'est identifié tandis que les activités recensées (agriculture, chasse, randonnée) constituent des enjeux à protéger du fait de la présence humaine qu'elles 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 potentiels pour les aérogénérateurs et être à l'origine d'accidents. Selon les données issues de la station météorologique de Tusson située à près de 7 km au sud-ouest du parc ainsi que des informations enregistrées par le mât de mesures météorologiques implanté sur le site du projet :

- le secteur d'implantation du projet est régulièrement concerné par des périodes où les températures descendent en dessous de 0°C (57,7 jours par an en moyenne sur la période 1981-2010). Les données du mât de mesures indiquent une température minimale de -1,1°C sur la période du 4 août 2013 au 27 octobre 2016. **La formation de gel sur l'éolienne, notamment le rotor, est donc envisageable ;**
- des **épisodes pluvieux intenses** ont été enregistrés (jusqu'à 54 mm en 24 h en octobre 1987) ;
- la situation du projet en secteur de plaine **l'expose à des épisodes de grêle** pouvant être ponctuellement violents ;
- la fiche climatologique de Tusson ne recense que 2,5 j de neige sur la période 1986-2010. Il est possible de qualifier ce phénomène **d'assez rare** avec des épisodes neigeux le plus souvent de **faible intensité** et portant sur de courtes durées.
- malgré l'absence de données sur le paramètre brouillard, ce phénomène est susceptible d'intervenir ponctuellement ;
- des rafales pouvant souffler jusqu'à 165 km/h ont été relevées sur le secteur à seulement 10 m de hauteur (tempête de décembre 1999) 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. Le mât de mesure fait état d'une rafale maximale à 31 m de 118,3 km/h pendant 1 seconde entre juillet 2009 et juillet 2011.

Ainsi, les températures négatives, les précipitations (en particulier la pluie et la grêle), le brouillard et les vents violents sont retenus comme agresseurs potentiels pour l'éolienne des Croilières. 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 la Charente.

Recensement des risques naturels		
Risque	Commentaire	
Risque sismique	La zone d'étude des dangers s'inscrit en zone de sismicité 3 témoignant d'une probabilité d'occurrence des séismes modérée.	
Mouvement de terrains	Les communes de Courcôme et La Faye ne sont pas concernées par le risque de mouvements de terrain. Des cavités souterraines sont identifiées mais aucune ne se situe à l'intérieur de la zone d'étude des dangers.	
Exposition au retrait-gonflement des sols argileux	La zone d'étude des dangers s'inscrit sur des terrains non exposés à cet aléa.	
Foudre	Le secteur d'implantation du projet s'inscrit sur une zone d'activité moyenne comptant 1,32 arcs par km ² et par an.	
Tempêtes	Bien que le risque de tempête ne soit pas identifié par les bases de données consultées, le département a été balayé par des tempêtes d'ampleur : Leiv (2017) et Zeus (2017). Ce risque ne peut donc être exclu sur le territoire du projet.	
Risque incendie	Ce risque n'est pas identifié sur les communes de La Faye et de Courcôme. Le projet s'inscrit en plaine agricole ; il n'est donc pas exposé au risque incendie. Le Service Départemental d'Incendie et de Secours (SDIS) de Charente, qui a été consulté dans le cadre de l'élaboration de l'étude d'impact du projet, émet des règles à suivre en matière de sécurité incendie	
Inondation	Par débordement de cours d'eau	L'éolienne du projet s'inscrit à près de 3,3 km de la zone inondable la plus proche. Le risque de submersion de la base de l'installation par un phénomène de crue est donc écarté.
	Par remontée de nappe	Selon le site Géorisques, la zone d'étude des dangers est partiellement concernée par un risque d'inondation de cave, mais au droit de l'éolienne, aucun phénomène de remontée de nappe n'est signalé.

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

Ainsi, la foudre et les tempêtes sont retenues comme agresseurs potentiels pour l'éolienne des Croilières. 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 par deux routes départementales, la D180 et la D736, considérées comme des axes non structurants du fait de leur trafic moyen journalier annuel inférieur à 2 000 véhicules/jour (respectivement 267 véhicules/jour et 1 785 véhicules/jour selon un comptage 2019). On recense également une route d'intérêt local et deux chemins.

Un seul des axes routiers s'inscrit à moins de 200 m du mât de l'éolienne du projet : la RD180. Outre ces équipements, une voie ferrée traverse la zone d'étude des dangers ; il s'agit de la ligne Angoulême – Poitiers qui supporte un trafic journalier maximal de 19 trains (données juillet 2020) et qui se situe à 340 m de l'éolienne.

Pour ce qui est des **infrastructures réseaux et canalisations**, le site d'étude est traversé par une ligne HTA aérienne, une ligne de télécommunication souterraine et une de canalisation souterraine de transport de gaz naturel haute pression. Rappelons également que l'ensemble de la zone est inclus dans le périmètre de protection rapprochée du captage AEP de Coulonges-sur-Charente, ce qui va demander une vigilance accrue vis-à-vis du risque de pollution.

Au regard de l'inventaire effectué, il apparaît que les routes et la voie ferrée 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.). La RD180, présente à moins de 200 m de l'éolienne, représente également un agresseur potentiel compte tenu du risque de sortie de route et de collision avec le mât (il est néanmoins rappelé qu'elle est éloignée à une distance supérieure à la hauteur en bout de pale).

Thématique	Composante	Intérêt à protéger	Agresseur potentiel	Présence humaine
Environnement naturel	Températures (gel)	✗	✓	
	Précipitations (pluie et grêle)	✗	✓	
	Brouillard	✗	✓	
	Vents violents	✗	✓	
	Foudre	✗	✓	
	Tempêtes	✗	✓	
Environnement matériel	Voies de communication (routes, voie ferrée mais aussi plateforme de l'éolienne et piste d'accès créée)	✓	✓ (RD180)	Voies non structurantes (< 2000 véhicules/jour) : 1 personne/10 ha. Voie ferrée : 1 train, équivalent à 100 voitures, soit 0,4 personnes par km et par train. Ici 19 trains journaliers, soit 7,6 personnes exposées par km

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

La carte suivante présente les enjeux à protéger dans l'aire d'étude de dangers de l'aérogénérateur des Croilières (rayon de 500 m autour du mât).

3.4 Cartographie de synthèse

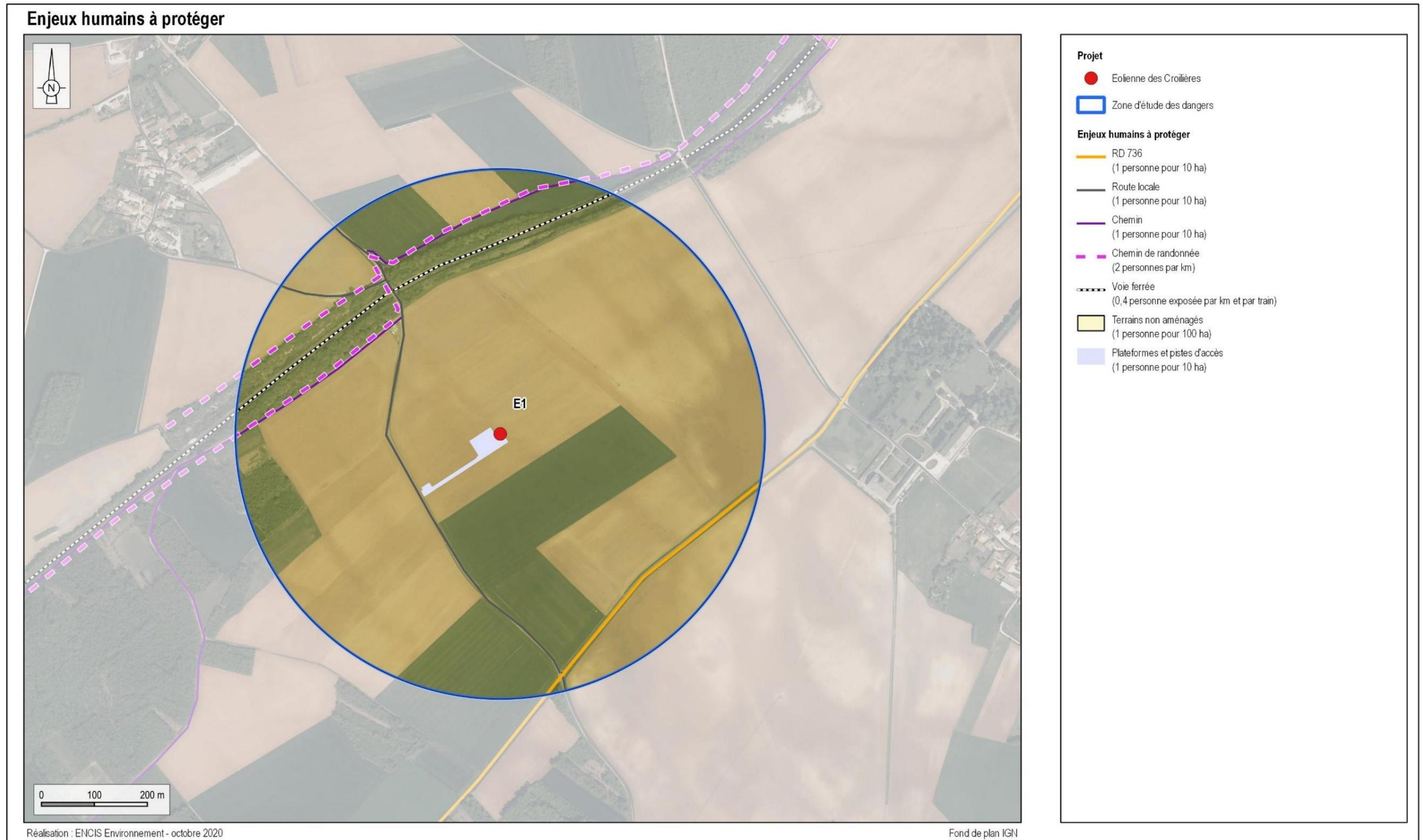
Le présent chapitre a permis d'identifier, à l'échelle de la zone d'étude des dangers :

- **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 potentiels**) et susceptibles de générer des accidents.

Le tableau suivant liste ces enjeux et agresseurs potentiels et indique, dans le cas des enjeux à protéger, le nombre de personnes théoriquement exposées aux conséquences d'un accident survenant sur les éoliennes du projet¹.

Thématique	Composante	Intérêt à protéger	Agresseur potentiel	Présence humaine
Environnement humain	Autres activités (agriculture, chasse, randonnée) + périmètre de protection de captage AEP	✓	✗	Terrains agricoles et boisé : 1 personne/100 ha. Sentiers de randonnée : 2 personnes pour 1 km par tranche de 100 promeneurs/jour en moyenne

¹ Évaluation basée sur la méthode de comptage du "Guide technique pour l'élaboration de l'étude de dangers dans le cadre de parcs éoliens" édité par l'INERIS et consultable en Annexe 1 de l'étude de dangers.



Carte 5 : Les intérêts à protéger (enjeux) au sein de l'aire d'étude des dangers de l'éolienne des Croilières

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.

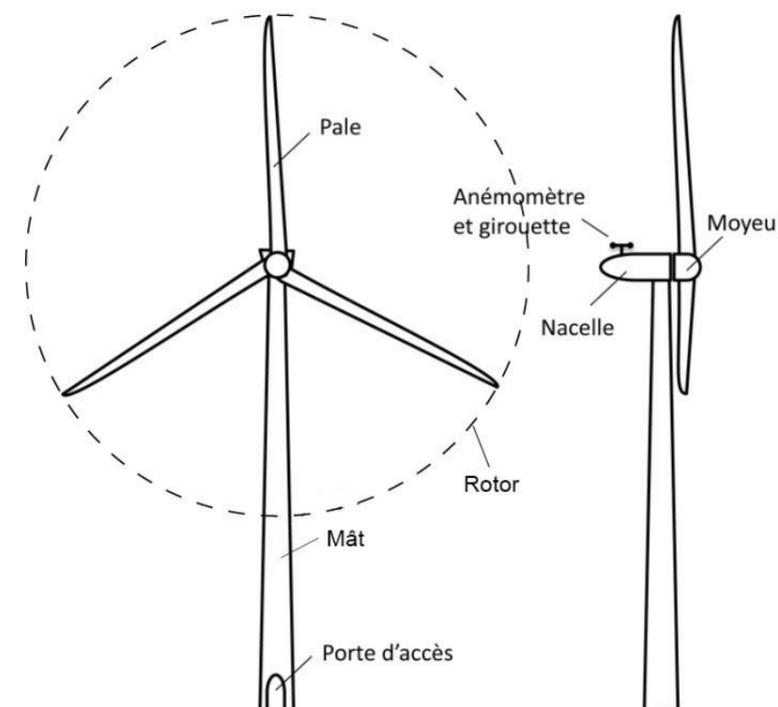


Figure 2 : Schéma simplifié d'un aérogénérateur
(Source : d'après le Guide technique, Mai 2012)

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.

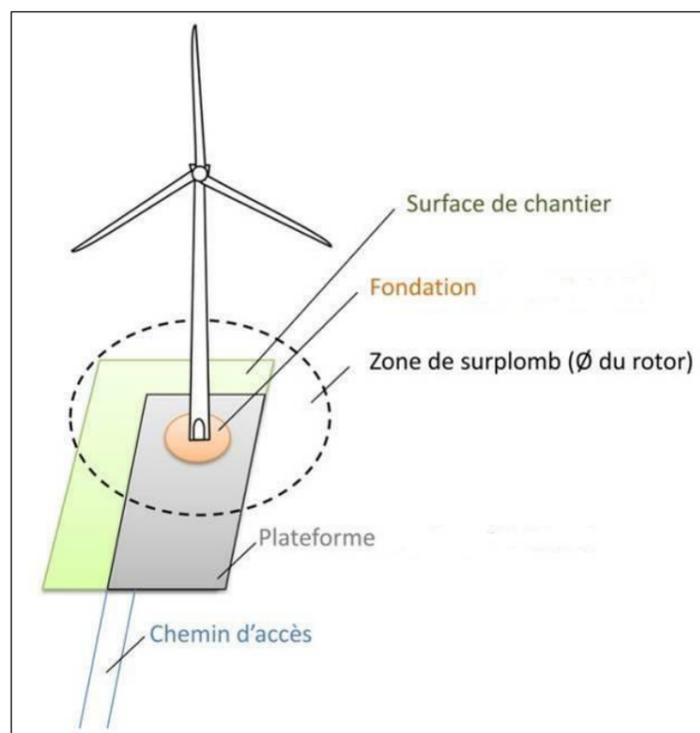


Figure 3 : Illustration des emprises au sol d'une éolienne
(Source : Guide technique, Mai 2012)

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 éolien des Croilières est composé d'un seul aérogénérateur et d'un poste de livraison.

À la date de dépôt du présent dossier, le modèle d'éolienne retenu pour équiper l'installation n'est pas encore sélectionné. Le maître d'ouvrage a néanmoins restreint son choix à trois modèles de gabarit équivalent :

- la Vestas V150 ;
- la Nordex N133 ;
- l'Enercon E138.

Les principales caractéristiques dimensionnelles de ces modèles sont détaillées dans le tableau suivant :

	V150	N133	E138
Diamètre du rotor	150 m	133 m	138 m
Hauteur du moyeu	105 m	110 m	105 m
Hauteur totale en bout de pale	180 m	176,5 m	179,3 m

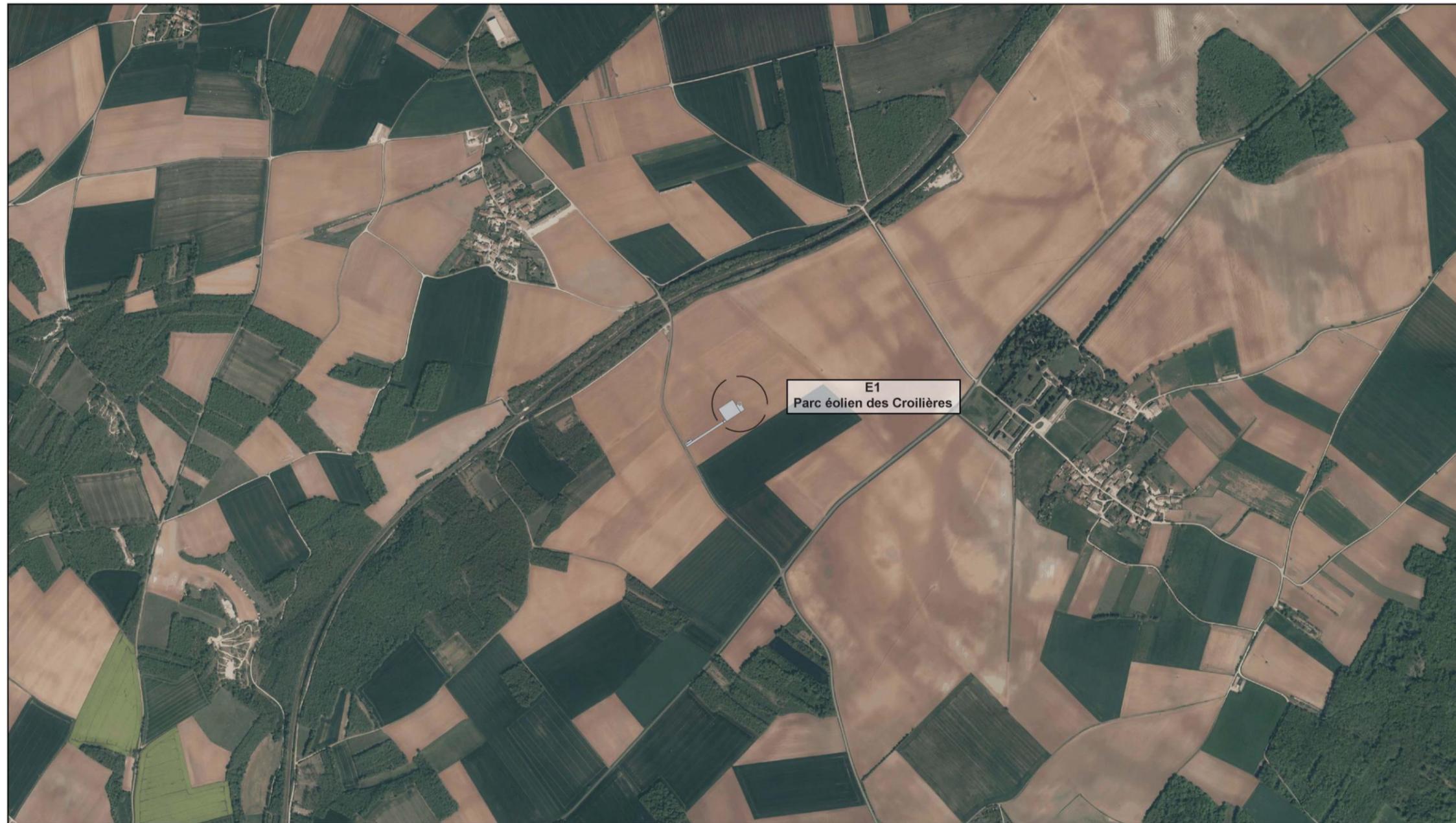
Tableau 3 : Principales caractéristiques dimensionnelles des modèles envisagés pour équiper le parc éolien des Croilières

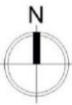
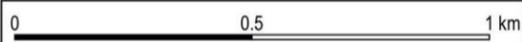
L'étude de dangers a été réalisée en prenant en compte le modèle d'éolienne ayant les dimensions les plus impactantes, soit la V150, avec une hauteur en bout de pale, de 180 m et un diamètre de rotor de 150 m (soit une longueur de pale de 75 m).

La localisation cadastrale et les coordonnées géographiques de l'aérogénérateur et du poste de livraison sont détaillées ci-après :

Équipement	Commune	Informations cadastrales		Altitude au sol	Type	Hauteur totale des éoliennes	Altitude en bout de pale	Coordonnées géographiques (Lambert 93)	
		Section	N° de parcelle					X	Y
Éolienne (E1)	Courcôme	YB	23	124 m NGF	V150	180 m	304 m	480280	6549227
					N133	176,5 m	300,5 m		
					E138	179,3 m	303,3 m		
Poste de livraison (PDL)	Courcôme	YB	23	124 m NGF		-	-	480141	6549127

Tableau 4 : Coordonnées de l'éolienne et du poste de livraison



<p>Parc éolien Les Croilières Commune de Courcôme (16)</p> <p>NEOEN</p> <p>Plan de situation <i>(art. R.181-13 2° du Code de l'Environnement)</i></p>	<p>LEGENDE</p> <ul style="list-style-type: none">  Aire de survol des pales  Plateformes et accès maintenus - Parc éolien des Croilières 	<p style="text-align: right;">Le 28/09/2020</p> <p style="text-align: center;">ECHELLE</p> <p style="text-align: center;">1/10 000° (impression A3 pleine page)</p> <div style="text-align: center;">  </div> <div style="text-align: center;">  </div>
--	---	---

Carte 7 : Plan du projet de parc éolien des Croilières – Fond orthophotographique

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 des modèles d'éoliennes envisagés pour équiper le parc éolien des Croilières :

	Vitesse de couplage au réseau	Vitesse nominale	Vitesse de mise en drapeau
Vestas V150	3 m/s	Entre 11,5 et 18 m/s	24,5 m/s
Nordex N133	3 m/s	13,5 m/s	22 m/s
Enercon E138	2 m/s	Entre 15 et 19 m/s	28 m/s

Tableau 5 : Les principales caractéristiques de vitesse de vent des modèles envisagés

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 (SF₆)) 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** : éloignement minimal aux habitations supérieur à la réglementation en vigueur (minimum de 666 m au lieu de 500 m), éloignement des routes départementales d'une distance supérieure à la hauteur en bout de pale, prise en compte des servitudes qui grèvent le terrain et des réponses transmises par les différents services consultés pour décider de la localisation, de la définition de l'aire d'étude et de l'implantation de l'éoliennes.

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 gravité². 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 180 m	Rapide	Exposition modérée	D	Modérée
Chute de glace	Zone de survol du rotor 75 m	Rapide	Exposition modérée	A	Modérée
Chute d'éléments	Zone de survol du rotor 75 m	Rapide	Exposition forte	C	Sérieuse
Projection de pales ou de fragments de pales	Disque de rayon de 500 m autour de l'éolienne	Rapide	Exposition modérée	C	Sérieuse
Projection de morceaux de glace	Disque de rayon = 1,5 x (H+ D) autour de l'éolienne 382,5 m	Rapide	Exposition modérée	B	Sérieuse

Tableau 6 : 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-avant sera utilisée.

² Voir définitions en Annexe

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

Tableau 7 : Matrice de criticité des risques

Légende :

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

Il apparaît au regard de la matrice ainsi complétée que :

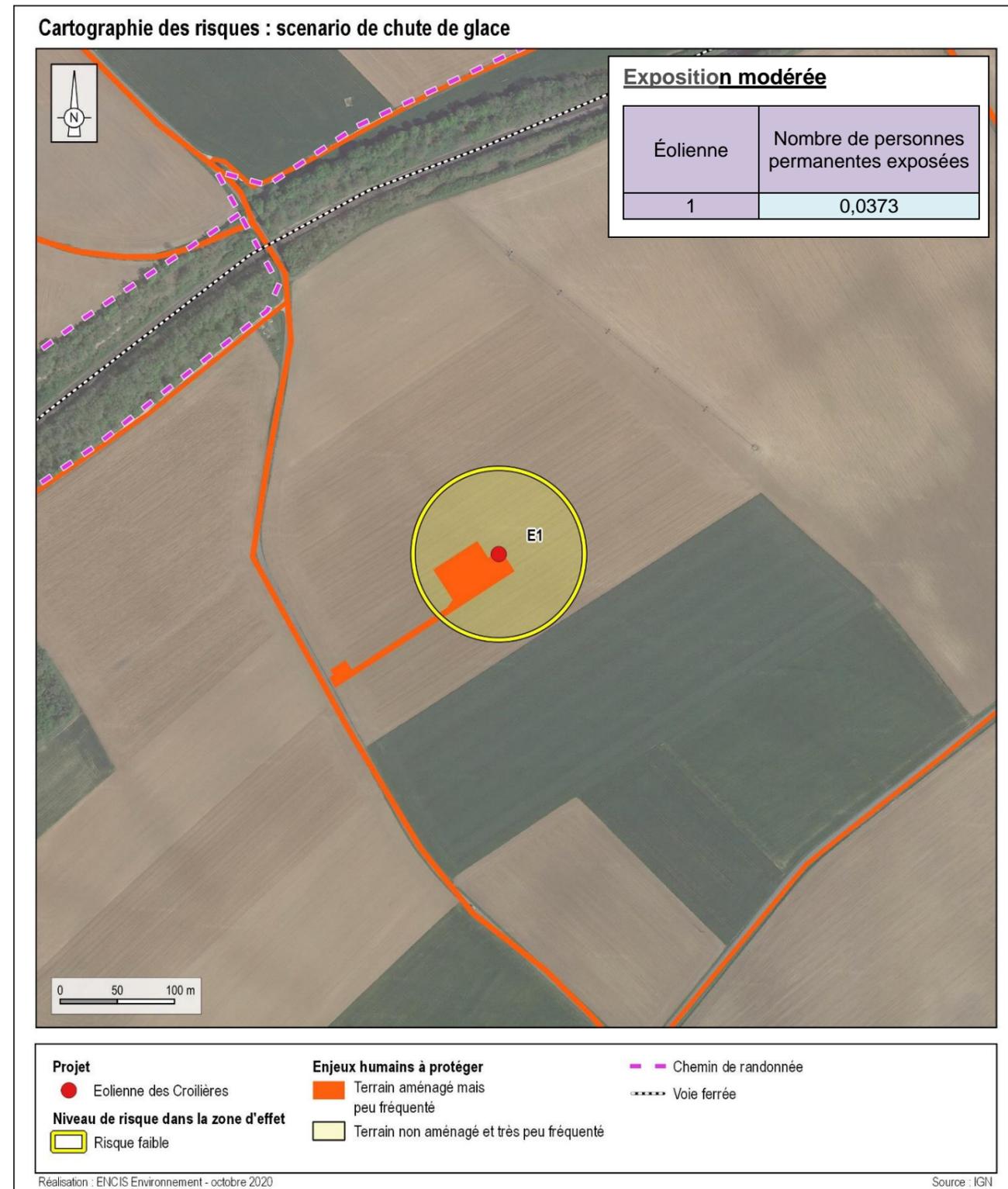
- aucun accident n'apparaît dans les cases rouges de la matrice ;
- l'ensemble des scénarios accidentels étudiés figure en cases verte (effondrement de l'éolienne) et jaune (projection de pale ou de fragment, projection de glace, chute de glace) de la matrice de criticité. **Ils présentent donc un risque très faible à faible.** Il convient de souligner que les fonctions de sécurité listées page 23 et détaillées dans l'étude de dangers (Partie 7.6) 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.

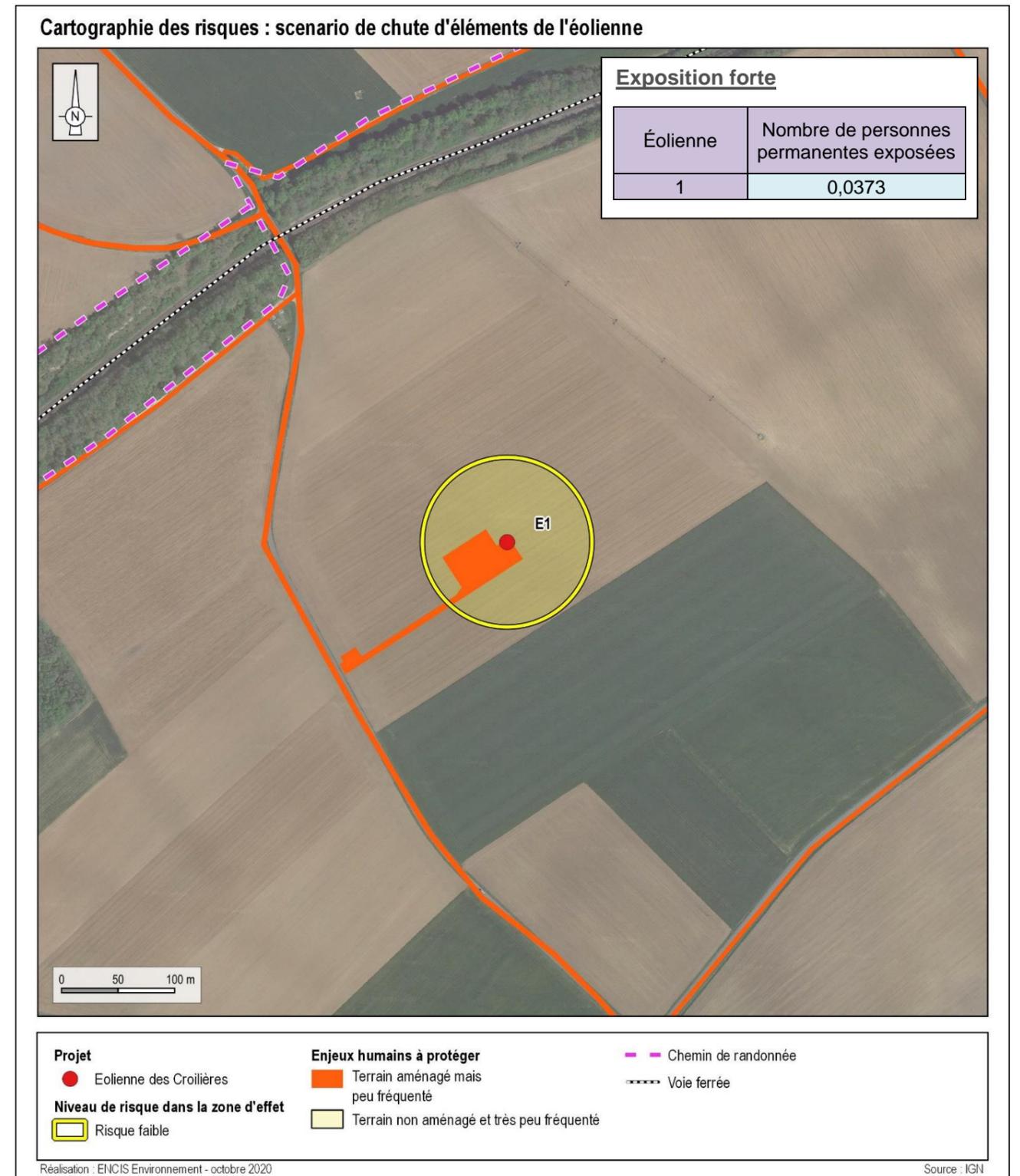
Les cartographies suivantes présentent pour chaque scénario et chaque éolienne la zone d'effet, les enjeux identifiés, l'intensité des phénomènes dangereux et le nombre de personnes exposées.



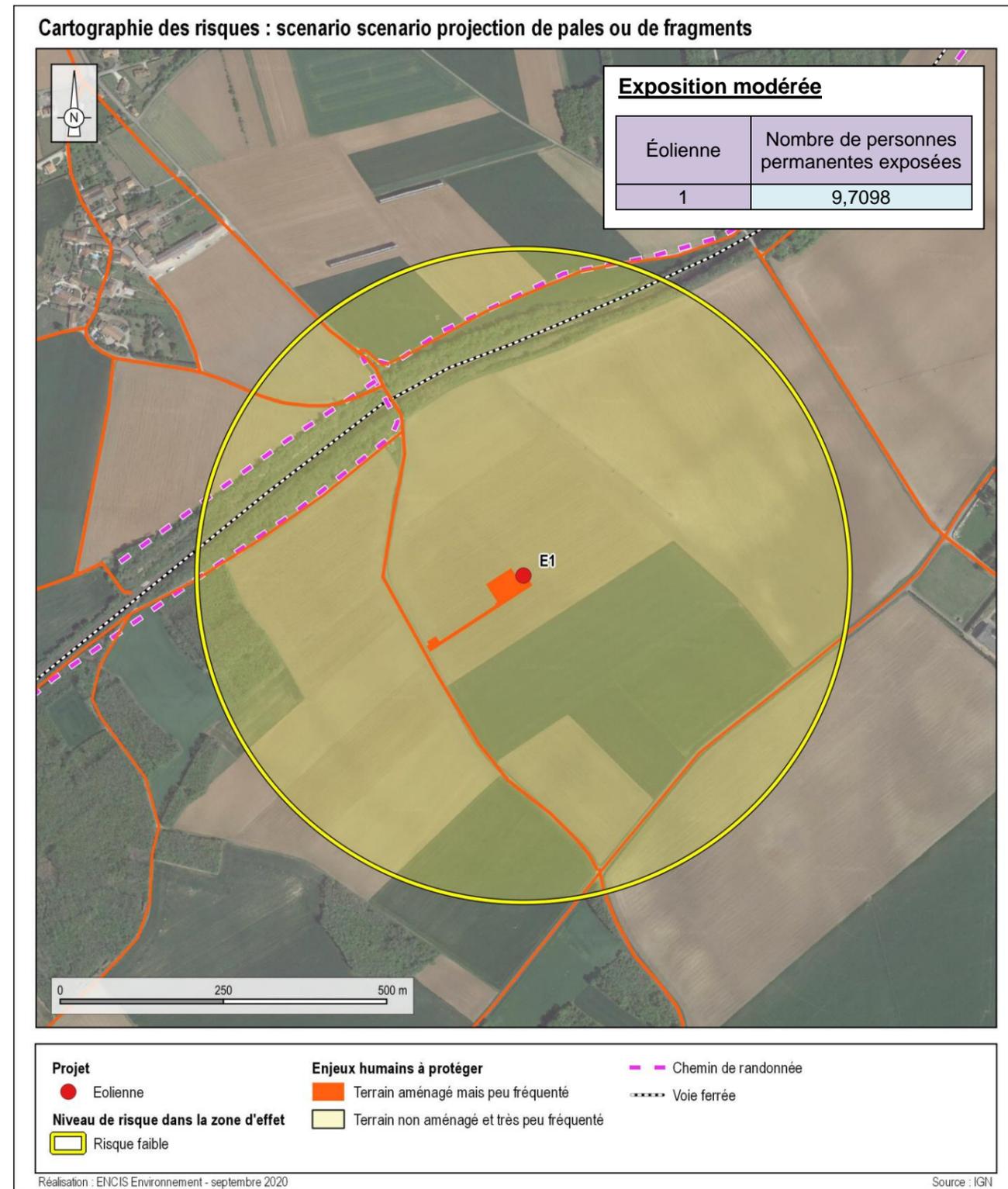
Carte 8 : Cartographie des risques – Scénario d'effondrement de l'éolienne



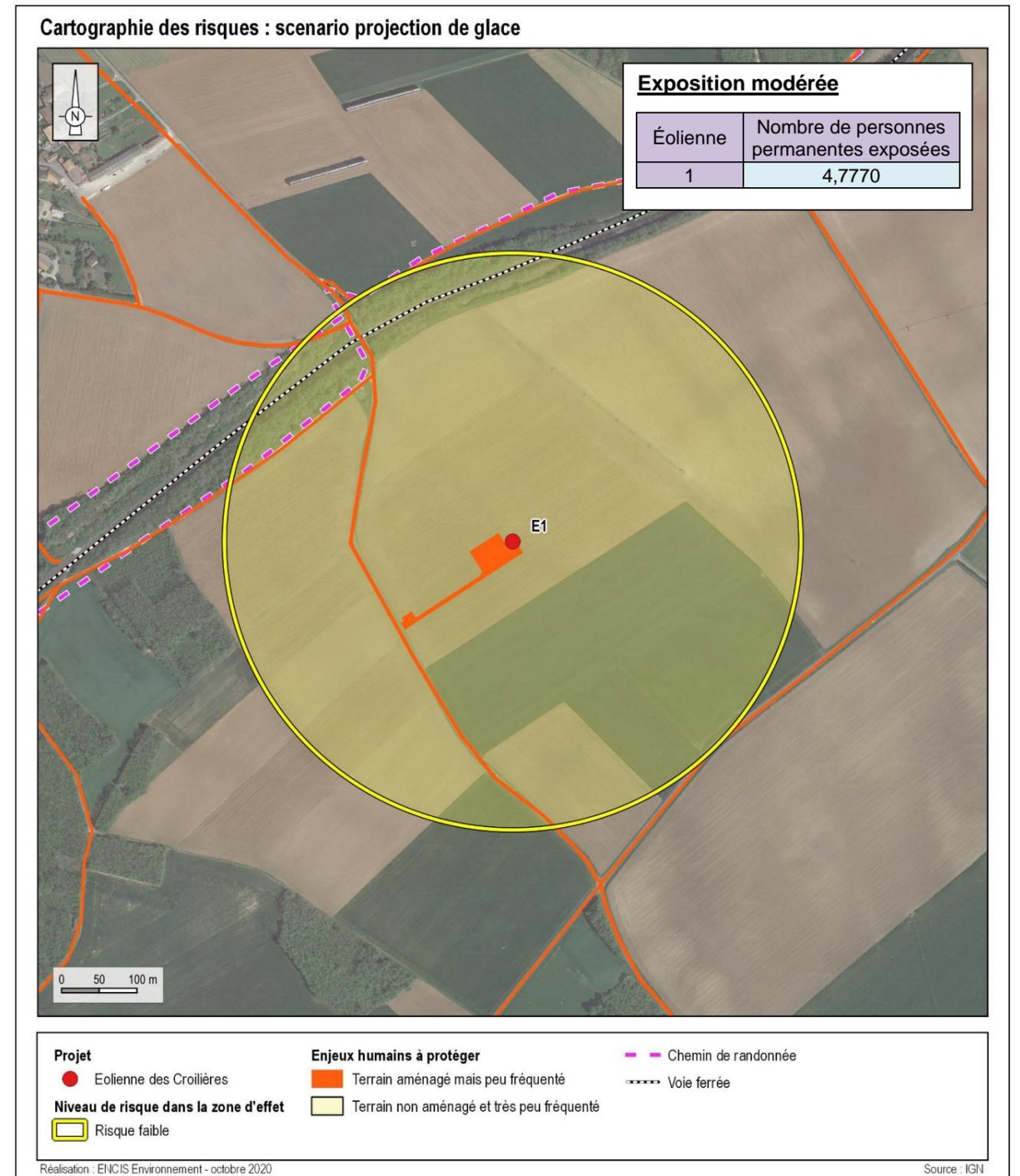
Carte 9 : Cartographie des risques – Scénario de chute de glace



Carte 10 : Cartographie des risques – Scénario de chute d'éléments de l'éolienne



Carte 11 : Cartographie des risques – Scénario de projection de pales ou de fragments de pales



Carte 12 : 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 (effondrement de l'éolienne) ou faibles (chute de glace, chute d'élément, projection de glace et projection d'éléments) **et dans tous les cas acceptables.**

Scénario	Probabilité	Gravité	Acceptabilité
Effondrement de l'éolienne	D (Rare)	Modérée	Acceptable
Chute de glace	A (Courant)	Modérée	Acceptable
Chute d'éléments	C (Improbable)	Sérieuse	Acceptable
Projection de pales ou de fragments de pales	C (Improbable)	Sérieuse	Acceptable
Projection de morceaux de glace	B (Probable)	Sérieuse	Acceptable

Tableau 8 : 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, il a choisi d'implanter son aérogénérateur au-delà de l'éloignement réglementaire imposé vis-à-vis des habitations (666 m au lieu de 500 m) et les distances aux différentes infrastructures (ERP, routes) 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 par l'arrêté du 22 juin 2020) 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	Coupure 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	Prévenir la dégradation de l'état des équipements	Inspection des équipements lors des opérations de maintenance Suivi des données mesurées par les capteurs et sondes présents dans les éoliennes
13	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

Tableau 9 : 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 2005³, 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*

³ 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

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 10 : Intensité et degré d'exposition à un évènement accidentel ayant lieu sur une éolienne

Les zones d'effets sont définies pour chaque évènement 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 évènement accidentel engendrant une exposition très forte	Zone d'effet d'un évènement accidentel engendrant une exposition forte	Zone d'effet d'un évènement 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 létalité en dehors de l'établissement	Pas de zone de létalité en dehors de l'établissement	Présence humaine exposée inférieure à une personne

Tableau 11 : Seuils de gravités définis au regard du seuil d'exposition

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

Tableau 12 : 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.