

PROJET ÉOLIEN DE NOROY

Commune de Noroy

Département de l'Oise

Demande d'autorisation environnementale d'une installation
relevant du régime ICPE

5.1. Etude de dangers – Résumé non technique

Version 2 - Mars 2021

Maître d'ouvrage :

Parc éolien de Noroy



SOMMAIRE

1.	INTRODUCTION.....	3
2.	PERIMETRE D'ETUDE.....	5
3.	DESCRIPTION DE L'ENVIRONNEMENT ET IDENTIFICATION DES ENJEUX.....	7
4.	SYNTHESE DES ENJEUX.....	8
5.	DESCRIPTION DE L'INSTALLATION – PROCEDE ET FONCTIONNEMENT.....	9
6.	POTENTIELS DE DANGER DE L'INSTALLATION ET AGRESSIONS POTENTIELLES ..	13
7.	ANALYSE DES RETOURS D'EXPERIENCE.....	15
8.	EVALUATION PRELIMINAIRE DES RISQUES.....	16
9.	ETUDE DETAILLEE DES RISQUES.....	17
10.	SYNTHESE DE L'ACCEPTABILITE DES RISQUES.....	21
11.	CONCLUSION.....	22
12.	CARTOGRAPHIE DES RISQUES SIGNIFICATIFS.....	24

Projet éolien de Noroy

RÉSUMÉ NON TECHNIQUE DE L'ETUDE DE DANGERS

1. INTRODUCTION

Ce document constitue le **résumé non technique** de l'étude de dangers du **projet du parc éolien de Noroy**. Ce projet est situé sur la commune de Noroy (département de l'Oise), et est constitué de **5 éoliennes** et de 2 postes de livraison pour une puissance totale maximale de 25 MW.

Le projet du parc éolien de Noroy est porté par la société **Parc éolien de Noroy**. La société *Parc éolien de Noroy* est une société filiale à 100 % de la société **VALECO**, elle-même filiale à 100% de la société à capitaux publics allemande **EnBW**. La présentation des sociétés *Parc éolien de Noroy* et **VALECO** figure dans le dossier de demande d'autorisation environnementale.

L'étude de dangers a été réalisée par le bureau d'études Energies et Territoires Développement.

Plusieurs modèles d'éoliennes d'un gabarit proche mais de constructeurs différents sont aujourd'hui envisagés sur ce projet. Les éoliennes retenues sont des éoliennes présentant une hauteur totale maximale de 170 mètres. Une des 5 éoliennes du projet présentera une hauteur totale maximale de 163 m.

La puissance maximale unitaire envisagée est de 5 MW. Les dimensions maximales des éoliennes envisagées sont les suivantes :

Eoliennes envisagées	Diamètre maximal	Hauteur totale maximale	Hauteur d'axe maximale
E1 à E4	136 m	170 m	110 m
E5		163 m	103 m

Les dimensions retenues pour l'étude de dangers sont les suivantes :

Eolienne retenue pour l'étude de dangers	Diamètre	Hauteur totale	Soit une hauteur d'axe de
E1 à E4	136 m	170 m	102 m
E5		163 m	95 m

Le choix de ce gabarit d'étude cumulant le diamètre maximal et la hauteur totale maximale des éoliennes envisagées pour ce projet permet de maximiser tous les périmètres d'effet des différents risques. De même, les dimensions caractéristiques maximales (largeur de la base du mât, longueur des pales, corde des pales, ...) ont été retenues pour les calculs intermédiaires de l'étude détaillée des risques.

La machine retenue dans la version finale du projet correspondra à une éolienne présentant un diamètre de rotor et une hauteur totale inférieurs ou égaux, construite selon les mêmes normes,

présentant les mêmes dispositifs de sécurité et présentera au minimum les certifications de la classe de vent IEC II.

En application de la loi du 12 juillet 2010¹ dite loi Grenelle II, les éoliennes sont désormais soumises au régime des installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE), et classées dans la rubrique 2980.

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

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

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

¹ Loi n°2010-788 portant engagement national pour l'environnement
Energies et Territoires Développement
Projet éolien de Noroy

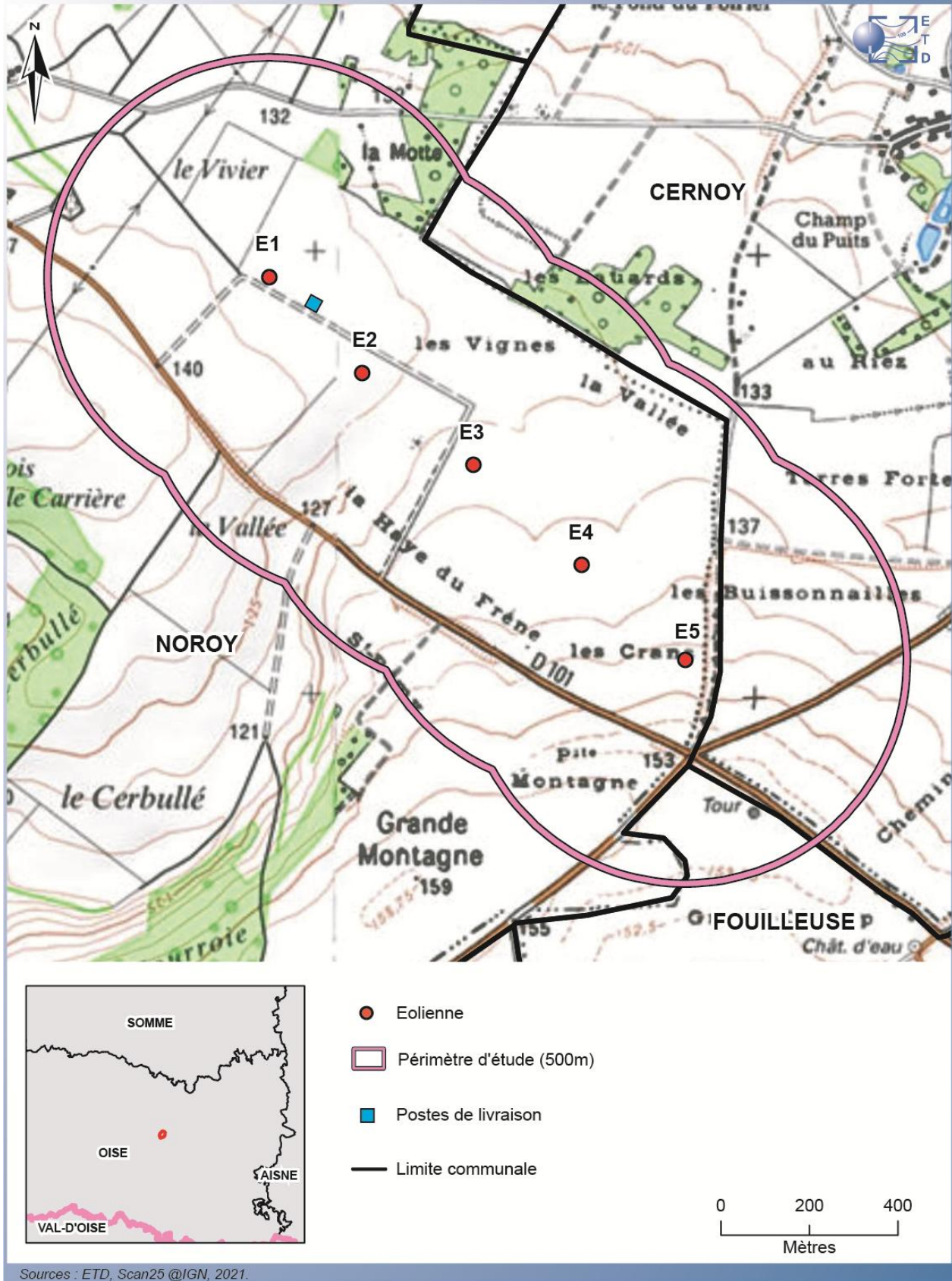
2. PERIMETRE D'ETUDE

Compte tenu de la spécificité 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 un périmètre de **500 mètres** autour du mât de l'aérogénérateur. Cette distance équivaut à la distance d'effet retenue pour les phénomènes de projection.

A noter que les postes de livraison ne présentent pas d'enjeu en dehors de leurs limites de propriété.

Le périmètre global d'étude des 500 mètres concerne les communes de Noroy, Cernoy et Fouilleuse.

IDENTIFICATION DES ÉOLIENNES ET PÉRIMÈTRE D'ÉTUDE



Identification des éoliennes et périmètre d'étude (500 m)

3. DESCRIPTION DE L'ENVIRONNEMENT ET IDENTIFICATION DES ENJEUX

Le projet éolien de Noroy est situé dans le département de l'Oise (région Hauts de France), sur la commune de Noroy. Le projet est situé à 10 km environ au nord-est de la ville de Clermont (Oise). Les éoliennes sont implantées entre les villages de Noroy et de Cernoy, sur une ligne située au nord de la route départementale RD 101, à une altitude comprise entre 133 et 148 mètres.

Conformément à la loi du 12 juillet 2010, les éoliennes sont toutes situées à plus de 500 m des habitations.

Les habitations les plus proches du site sont celles des villages de Noroy, Cernoy et Fouilleuse. Les distances entre les premières habitations et les éoliennes sont les suivantes :

Habitation	éolienne	distance
Noroy (sud-est)	E1	627 m
Cernoy (sud-ouest)	E5	700 m
Fouilleuse (nord-ouest)	E5	892 m
Trois Etots (Sud)	E4	1136 m

Le périmètre de l'étude est constitué de parcelles de terres agricoles dédiées aux grandes cultures (céréales, colza, betterave) ponctués de quelques bosquets situés en périphérie de la zone d'étude.

Les 2 routes départementales RD 101 et RD 37 traversent le périmètre des 500 m de l'étude de dangers. Ces voies de circulation sont non structurantes². Les autres voies potentielles de circulation traversant le périmètre de l'étude de dangers correspondent à une desserte locale (reliant Noroy à Trois Etots) et à quelques chemins d'exploitation carrossables.

Le cimetière de Noroy, situé à l'est du village, se trouve en périphérie du périmètre des 500 m de l'étude de dangers, à 450 m de l'éolienne E1. Ce cimetière présente une surface totale de 3400 m². La totalité de sa surface a été considérée comme terrain aménagé potentiellement fréquenté.

Aucune voie de circulation structurante, aucune voie ferrée, ni voie navigable, ni sentier de randonnée répertorié, ne traverse le périmètre de l'étude de dangers. On ne note aucun autre terrain aménagé potentiellement fréquenté, ni aucun établissement recevant du public et aucune zone d'activité dans le périmètre de l'étude.

Aucune ligne électrique de transport n'existe à moins de 200 mètres des éoliennes du projet, ni dans le périmètre de l'étude de dangers

² C'est-à-dire dont le trafic est inférieur au seuil des 2000 véhicules/jour qui définit une voie de circulation structurante.

4. SYNTHÈSE DES ENJEUX

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

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

La détermination du nombre de personnes (enjeux humains en équivalent personnes permanentes - epp) exposées dans le périmètre de l'étude de dangers est basée sur la circulaire du 10 mai 2010 relative aux règles méthodologiques de comptage applicables aux études de dangers.

Ont été distingués :

- Les terrains non aménagés peu fréquentés (terrains agricoles et zones boisées) avec l'hypothèse forfaitaire d'une personne permanente pour 100 ha.
- Les voies à faible circulation (largeur: 6 m) avec l'hypothèse forfaitaire d'une personne permanente pour 10 ha.
- Les terrains aménagés et potentiellement fréquentés (cimetière de Noroy) avec l'hypothèse forfaitaire de 10 personnes permanentes à l'hectare en moyenne annuelle.

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

Eolienne	Enjeu: personnes non abritées				Enjeu: véhicules			Total epp
	Terrains non aménagés		Terrain aménagé (cimetière de Noroy)		Voies peu fréquentées			
	S (ha)	epp	S (ha)	epp	L (m)	S (ha)	epp	
E1	78.5	0.79	0.34	3.40	2 970	1.78	0.18	4.36
E2	78.5	0.79			2 525	1.52	0.152	0.94
E3	78.5	0.79			1 912	1.15	0.115	0.90
E4	78.5	0.79			2 563	1.54	0.154	0.94
E5	78.5	0.79			2 835	1.70	0.170	0.96

³ L'arrêté du 29 septembre 2005 relatif à l'évaluation et à la prise en compte des conséquences des accidents potentiels dans les études de dangers des installations classées soumises à autorisation environnementale impose une évaluation des accidents majeurs sur les personnes uniquement et non sur la totalité des enjeux identifiés dans l'article L. 511-1. En cohérence avec cette réglementation et dans le but d'adopter une démarche proportionnée, l'évaluation des accidents majeurs dans l'étude de dangers s'intéressera prioritairement aux dommages sur les personnes.

5. DESCRIPTION DE L'INSTALLATION – PROCÉDE ET FONCTIONNEMENT

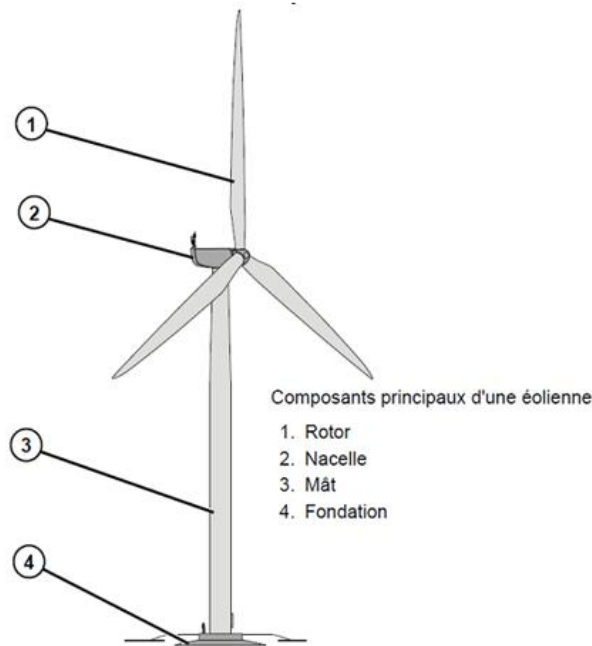
Le projet du parc éolien de Noroy est composé de 5 éoliennes et de 2 postes de livraison implantés sur une même plateforme. La puissance totale maximale du projet est de 25 MW. Les éoliennes envisagées présentent une hauteur totale maximale en bout de pale de 170 mètres.

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

NOROY	Lambert 93		Altitude terrain
Eolienne	X	Y	(m)
E1	664771	6927421	133,8
E2	664981	6927205	133,8
E3	665232	6926998	133,7
E4	665477	6926772	137,1
E5	665711	6926558	147,7
PDL1	664865	6927355	133,3
PDL2	664867	6927358	133,3

Une éolienne est constituée des éléments principaux suivants :

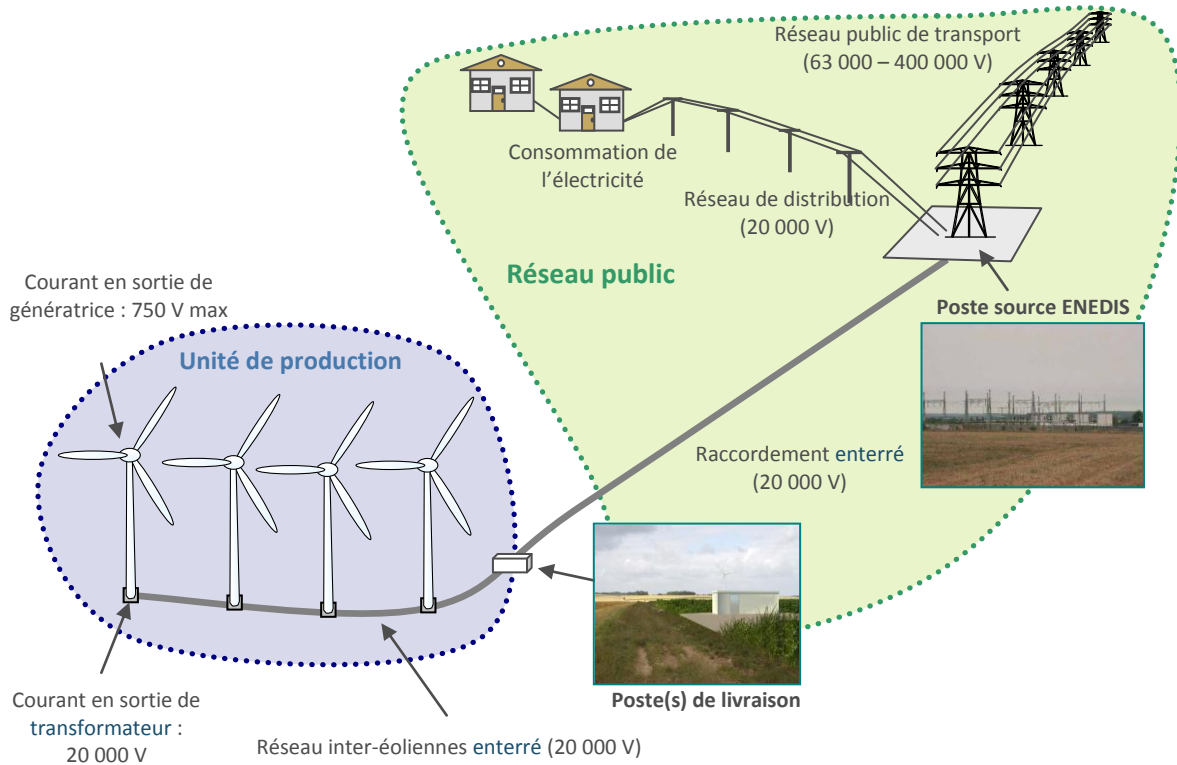
- un rotor, constitué du moyeu, de trois pales et du système à pas variable (1) ;
- une nacelle supportant le rotor, dans laquelle se trouvent des éléments techniques indispensables à la génération d'électricité (train d'entraînement, éventuellement multiplicateur, génératrice, système d'orientation, ...) (2) ;
- un mât maintenant la nacelle et le rotor (3) ;
- une fondation assurant l'ancrage de l'ensemble (4) ;
- un transformateur (situé dans le pied de mât ou dans la nacelle) et une installation de commutation moyenne tension ;



La vitesse du vent entraîne la rotation des pales, entraînant avec elles la rotation d'une génératrice. L'électricité produite est évacuée de l'éolienne après transformation puis délivrée directement sur le réseau électrique. Concrètement une éolienne fonctionne dès lors que la

vitesse du vent est suffisante pour entraîner la rotation des pales. Plus la vitesse du vent est importante, plus l'éolienne produira d'électricité, jusqu'à atteindre le seuil de puissance maximum de l'éolienne.

On parle de parc éolien ou de ferme éolienne pour décrire les unités de productions groupées. Le fonctionnement du parc éolien et la distribution électrique sur le réseau sont illustrés par la figure suivante :



La liaison postes de livraison - poste source

L'énergie produite par le parc éolien est centralisée vers les postes de livraison et ensuite injectée sur le réseau EDF via une liaison HTA (20 000 V) enterrée et à réaliser entre les postes de livraison et le poste source ENEDIS. Ce raccordement est prévu au poste source de Valescourt, situé à moins de 10 km du projet.

Néanmoins, la demande de raccordement électrique auprès d'ENEDIS ne se fera qu'après obtention de l'arrêté d'autorisation environnementale.

Le tableau ci dessous synthétise les caractéristiques de fonctionnement des éoliennes envisagées pour le projet :

Caractéristiques générales des éoliennes envisagées		
Conditions climatiques	Température ambiante de survie :	-20 °C à +50 °C
	Température ambiante de fonctionnement :	-10 °C à +40 °C
	Certificat :	Classe 2 selon IEC 61400-1
Conception technique	Puissance nominale :	Puissance maximale 5000 kW
	Régulation de puissance :	Variation active de pale individuelle
	Diamètre du rotor :	Diamètre maximal : 136 m
	Hauteur du moyeu :	Hauteur d'axe maximale : 110 m
	Concept de l'installation :	Soit transmission directe, soit avec multiplicateur mécanique. Vitesse de rotation variable
	Plage de vitesse de rotation du rotor :	4 à 13 tours par min environ
Rotor <i>Capte l'énergie mécanique du vent et la transmet à la génératrice</i>	Type :	Orientation active des pales face au vent
	Sens de rotation :	Sens horaire
	Nombre de pales :	3
	Surface balayée :	14 957 m ² au maximum
	Contrôle de vitesse :	Variable via microprocesseur
	Contrôle de survitesse :	Pitch indépendant sur chaque pale
	Matériau des pales :	Plastique renforcé à la fibre de verre, protection contre la foudre intégrée en accord complet avec la norme IEC 61 - 400-24 (Juin 2010)
Nacelle <i>Supporte le rotor et abrite le dispositif de conversion de l'énergie mécanique en électricité (génératrice, etc.) ainsi que les dispositifs de contrôle et de sécurité</i>	Arbre de rotor : <i>Transmet le mouvement de rotation des pales</i>	Entraîné par les pales
	Multiplicateur : <i>Augmente le nombre de rotation de l'arbre</i>	Soit transmission directe, soit avec multiplicateur mécanique.
	Génératrice : <i>Produit l'électricité</i>	Soit génératrice annulaire (avec entraînement direct), soit génératrice classique avec multiplicateur mécanique.
Système de freinage	Frein principal : aérodynamique	Orientation individuelle des pales par activation électromécanique avec alimentation de secours
	Frein auxiliaire : mécanique	Frein de rotor électromécanique
Mât <i>Supporte le rotor et la nacelle</i>	Type :	Tubulaire, soit acier, soit hybride (béton - acier)
	Protection contre la corrosion :	Revêtement multicouche résine époxy
	Fixation du pied du mât :	Cage d'ancrage noyée dans le béton de fondation

Caractéristiques générales des éoliennes envisagées		
<p>Transformateur</p> <p><i>Elève la tension de sortie de la génératrice avant l'acheminement du courant électrique par le réseau</i></p>	<p>Caractéristiques :</p>	<p>Dans la nacelle ou à l'intérieur du mât Tension de 20 kV à la sortie</p>
<p>Fondation</p> <p><i>Ancre et stabilise le mât dans le sol</i></p>	<p>Type :</p>	<p>En béton armé</p>
	<p>Dimensions :</p>	<p>Design adapté en fonction des études géotechnique et hydrogéologique réalisées avant la construction</p>

L'éolienne retenue fait l'objet d'évaluations de conformité (tant lors de la conception que lors de la construction), de certifications de type (certifications CE) par un organisme agréé et de déclarations de conformité aux standards et directives applicables. Les équipements projetés répondront aux normes internationales de la Commission électrotechnique internationale (CEI) et normes françaises (NF) homologuées relatives à la sécurité des éoliennes.

Les éoliennes retenues présenteront au minimum les caractéristiques de la classe **IEC II** selon la norme IEC 61400-1 (certification au titre de la solidité intrinsèque de la machine et de son adéquation aux conditions du site du projet).

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

	Vents estimés sur le site à hauteur d'axe maximale (110 m)	Classe de vitesse de vent de l'éolienne retenue: IEC II
Moyenne annuelle	7,0 m/s	inférieure à 8,5 m/s
Moyenne sur 10 mn maximale / 50 ans	40 m/s	inférieure à 42,5 m/s
Moyenne sur 3 secondes maximale / 50 ans	Rafale maximale sur 3 secondes non disponible, mais inférieure au vent maximal instantané de 50 m/s	inférieure à 59,5 m/s

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

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

6. POTENTIELS DE DANGER DE L'INSTALLATION ET AGRESSIONS POTENTIELLES

Ce chapitre de l'étude de dangers a pour objectif de mettre en évidence les éléments de l'installation pouvant constituer un danger potentiel, que ce soit au niveau des éléments constitutifs des éoliennes, des produits contenus dans l'installation, des modes de fonctionnement, etc., ainsi que l'ensemble des causes externes à l'installation pouvant entraîner un phénomène dangereux, qu'elles soient de nature environnementale, humaine ou matérielle.

Les potentiels de danger liés aux produits

L'activité de production d'électricité par les éoliennes ne consomme pas de matière première, ni de produit pendant la phase d'exploitation. De même, cette activité ne génère pas d'émission atmosphérique, ni d'effluent potentiellement dangereux. La majorité des produits entrants sont des lubrifiants permettant le bon fonctionnement des machines. Ils ne sont pas classés comme des produits inflammables mais restent cependant combustibles. Les risques associés à ces différents produits sont :

- L'incendie : des produits combustibles sont présents sur le site. Ainsi, la présence d'une charge calorifique peut alimenter un incendie en cas de départ de feu.
- La toxicité : Ce risque peut survenir suite à un incendie créant certains produits de décomposition nocifs, entraînés dans les fumées de l'incendie.
- La pollution : En cas de fuite sur une capacité de stockage, la migration des produits liquides dans le sol peut entraîner une pollution, également en cas d'entraînement dans les eaux d'extinction incendie.

Les potentiels de danger liés au fonctionnement de l'installation

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

- Chute d'éléments de l'éolienne (boulons, morceaux d'équipements, etc.)
- Projection d'éléments (morceau de pale)
- Effondrement de tout ou partie de l'éolienne
- Echauffement de pièces mécaniques pouvant conduire à un départ de feu
- Courts-circuits électriques (à l'intérieur de l'éolienne ou des postes de livraison) pouvant conduire à un départ de feu.

Les agressions externes potentielles

On note la présence de voies de circulation dans un rayon inférieur à 200 m autour des éoliennes (voies de circulation non structurantes). L'explosion ou la sortie de route d'un véhicule sont considérées comme pouvant être dangereuses pour les éoliennes. La route la plus proche des éoliennes est située à 170 m de l'éolienne E5 (RD 101).

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

En ce qui concerne les phénomènes naturels, les agressions externes potentielles à considérer sont principalement les tempêtes et la formation de glace.

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

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

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

Le projet européen Wind Energy production in COld climates (WECO), piloté par l'institut météorologique de Finlande, a établi une carte européenne des zones les plus exposées au givre. Il apparaît que le secteur du projet présente un risque occasionnel (1 jour par an).

En ce qui concerne le risque sismique : le site du projet est situé en zone de sismicité niveau 2 : zone de sismicité à risque faible. Le projet éolien sera tenu de respecter les règles de construction parasismique.

Réduction des potentiels de danger à la source

Dès la conception du projet, le porteur du projet a veillé à réduire autant que possible les potentiels de dangers en intégrant cet aspect dans le choix du positionnement des éoliennes.

Les éoliennes doivent être légalement éloignées d'au minimum 500 m des habitations. La distance minimale aux habitations observée sur ce projet est de 627 m (maison Noroy sud-est).

Les éoliennes sont implantées en terrain essentiellement agricole peu fréquenté. Les principaux enjeux rencontrés dans le périmètre de l'étude de dangers (soit dans le rayon des 500 m autour des éoliennes) sont ceux liés à la présence de quelques voies de circulation non structurantes (RD 101 et RD 37 principalement) ainsi qu'à la présence du cimetière de Noroy en périphérie de la zone d'étude.

Dans le périmètre de l'étude, on ne note aucune voie de circulation structurante⁴, aucune voie ferrée, ni voie navigable, aucun sentier de randonnée, aucun établissement recevant du public et aucune zone d'activité.

D'autre part, le choix d'un modèle d'éolienne de conception récente, respectant les normes européennes et certifiée a été effectué afin d'assurer une sécurité optimale de l'installation. En ce qui concerne la résistance aux tempêtes, l'éolienne retenue sera au minimum certifiée IEC II (selon la norme IEC 61400-1, voir plus haut), Elle est aussi conforme au standard international IEC 61400-24 relatif à la protection contre la foudre.

Concernant la projection de bris de glace, la réduction des dangers est assurée via la déduction de givre sur les pales, voire l'arrêt complet de la machine en cas de gel sévère. Conformément à la réglementation ICPE, des panneaux d'information seront mis en place pour informer les riverains des risques éventuels.

⁴ C'est-à-dire présentant un trafic moyen supérieur à 2000 véhicule par jour
Energies et Territoires Développement
Projet éolien de Noroy

7. ANALYSE DES RETOURS D'EXPERIENCE

L'analyse de l'accidentologie montre que les incidents liés aux éoliennes de par le monde sont relativement peu nombreux. D'après les données disponibles les incidents de type chute d'éolienne, projection de débris ou de glace, ou incendie sur les éoliennes n'ont jamais été à l'origine de décès de personnes extérieures à l'exploitation.

En France plus particulièrement, les accidents ont concerné en majorité des éoliennes qui ne sont plus construites aujourd'hui et les seuls décès constatés sont liés à la maintenance, ou bien aux efforts fournis pour atteindre le haut d'une éolienne (décès par crise cardiaque).

Le risque pour le personnel de maintenance relève de la prévention des risques et des procédures de sécurité au travail, formalisées par le document unique de l'exploitant. L'introduction de visiteurs dans une éolienne relève de la responsabilité de l'exploitant et ne peut se faire que dans le cadre de son plan de prévention. Ces 2 risques sont exclus de l'analyse des risques de l'étude de dangers telle qu'elle est définie par le guide technique « Elaboration de l'étude de dangers dans le cadre des parcs éoliens » de mai 2012, réalisé par l'INERIS et le Syndicat des Energies Renouvelables / France Energie Eolienne (SER-FEE) et validé par la Direction Générale de Prévention des Risques

8. EVALUATION PRELIMINAIRE DES RISQUES

L'analyse des risques a pour objectif d'identifier les scénarios d'accident majeurs et les mesures de sécurité qui empêchent ces scénarios de se produire ou en limitent les effets. Tous les scénarios d'accident potentiels pour une installation sont identifiés. Ensuite sont identifiés les scénarios d'accident qui présentent des conséquences limitées et les scénarios d'accident majeurs – ces derniers pouvant avoir des conséquences sur les personnes tierces.

Les évènements exclus de l'analyse de risque

Conformément à la circulaire du 10 mai 2010, les événements suivants sont exclus de l'analyse des risques : chute de météorite, séisme d'amplitude supérieure aux séismes maximums de référence, crues d'amplitude supérieure à la crue de référence, événements climatiques d'intensité supérieure aux événements historiquement connus ou prévisibles, chute d'avion hors des zones de proximité d'aéroport ou aérodrome, rupture de barrage, actes de malveillance. Du fait du choix du site d'implantation, certains risques ont été volontairement écartés de l'analyse des risques, il s'agit des avalanches, des inondations, des tsunamis, des accidents ferroviaires et de la perturbation des signaux (radars, hertziens, etc.)

Identification des phénomènes redoutés centraux

Les causes d'accident sont multiples, de la foudre à un défaut de maintenance, d'une erreur de conception à une tempête. Elles sont présentées en détail dans l'étude de dangers. Des mesures de réduction sont d'ores et déjà appliquées par les constructeurs d'éoliennes et les exploitants afin de réduire ces causes d'accident et leurs conséquences.

Ces causes conduisent cependant à un nombre limité d'évènements redoutés centraux qui peuvent conduire à un accident touchant des personnes. N'ont été retenues que les séquences accidentelles dont l'intensité est telle que l'accident peut avoir des effets significatifs sur la vie humaine. Les évènements redoutés centraux retenus sont les suivants :

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

Système de sécurité des éoliennes retenues

Les éoliennes retenues sont conçues conformément à la norme internationale IEC 61400-1 (version 2005-08), ayant pour objet de fournir un niveau de protection approprié contre les dommages causés par tous les risques pendant la durée de vie des aérogénérateurs. Le respect de ces dispositions est évalué par un organisme de certification et formalisé par un certificat de conformité.

L'éolienne retenue est dotée d'un système de contrôle/commande qui centralise les informations issues des différents capteurs de l'éolienne et qui peut déclencher un arrêt d'urgence de la machine. Le système de contrôle/commande permet également une surveillance à distance du fonctionnement de la machine.

L'éolienne est équipée de nombreux capteurs permettant de détecter par exemple les survitesses, les vents violents, les vibrations anormales, un incendie, une surcharge électrique ou un dépôt de glace sur les pales. Par ailleurs chacune des éoliennes est soumise à un programme rigoureux d'entretien et de maintenance permettant de garantir le bon état des composants principaux de la machine. L'éolienne est également protégée contre la foudre.

9. ETUDE DETAILLEE DES RISQUES

L'étude de dangers doit caractériser chaque scénario d'accident majeur potentiel retenu dans l'étude préliminaire des risques en fonction des paramètres suivants : cinétique, intensité, gravité, probabilité.

Ces 4 paramètres ont été étudiés pour les 5 évènements redoutés centraux retenus (chute d'élément, chute de glace, effondrement, projection d'élément ou de glace). Rappelons les enjeux pris en compte dans le périmètre d'étude du projet :

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

Par éolienne, et pour chacun des évènements redoutés, le risque a été caractérisé de la façon suivante :

- Par sa cinétique ;
- Calcul de la fréquentation de chacun des périmètres d'effet concernés en fonction des enjeux. Détermination de la « gravité » de l'évènement, fonction de son « intensité (exposition) » et de la fréquentation du périmètre concerné ;
- Détermination de l'acceptabilité du risque (fonction de la probabilité et de la gravité de l'évènement), selon la matrice de criticité usuelle.

Cinétique

La cinétique d'un accident est la vitesse d'enchaînement des évènements. Dans le cas d'une cinétique lente, les personnes ont le temps d'être mises à l'abri.

Dans le cadre de cette étude de dangers, il a été considéré que tous les accidents étudiés ont une cinétique rapide.

Portée des évènements

La première étape de l'étude de dangers a consisté à définir la portée maximale de chacun des évènements redoutés centraux. Les distances, basées sur les dimensions de l'éolienne, sont présentées dans le tableau ci-dessous.

Evènement	Portée maximale
chute d'éléments ou de pale	69 m
chute de glace	69 m
effondrement de l'éolienne	170 m (163 m pour E5)
projection glace	357 m (347 m pour E5)
projection de tout ou partie de pale	500 m

En dehors de ces zones d'effet, l'exposition a été considérée comme nulle.

Intensité (exposition)

Dans le cadre du guide pour l'étude de dangers des parcs éoliens, des seuils d'exposition ont été définis en fonction du rapport entre la surface atteinte par l'élément projeté et la surface totale de la zone exposée.

Pour les événements chute d'élément ou de glace et projection d'élément ou de glace, l'exposition a été jugée modérée c'est-à-dire que le rapport entre l'élément d'impact et la surface de la zone d'effet est inférieur à 1%. Pour l'évènement effondrement, l'exposition a été jugée forte c'est-à-dire que le rapport entre l'élément d'impact et la surface de la zone d'effet est compris entre 1% et 5%.

Gravité

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

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

La détermination du nombre de personnes (enjeux humains en équivalent personnes permanentes) exposées dans chacune des zones d'effet est basée sur la circulaire du 10 mai 2010 relative aux règles méthodologiques applicables aux études de dangers (fiche n°1 de la circulaire). Ont été distingués ici :

- Les terrains non aménagés peu fréquentés (zones boisées et terrains agricoles) avec l'hypothèse forfaitaire d'une personne permanente pour 100 ha.
- Les voies à faible circulation (largeur: 6 m) avec l'hypothèse forfaitaire d'une personne permanente pour 10 ha.
- Le cimetière de Noroy qui constitue un terrain aménagé potentiellement fréquenté avec l'hypothèse d'une fréquentation de 10 personnes permanentes à l'hectare en moyenne annuelle.

Le détail par éolienne figure au paragraphe 8 - « Etude détaillée des risques » de l'étude. Pour le projet étudié, le niveau de gravité rencontré varie de « modéré » à « sérieux » selon les événements ou les éoliennes.

Probabilité

La probabilité de réalisation d'un accident peut être caractérisée en 5 classes : la classe A correspond à une probabilité supérieure à 10^{-2} (plus d'une chance sur 100 que l'évènement se produise dans l'année), la classe E à une probabilité inférieure à 10^{-5} (moins d'une chance sur cent mille)

Conformément à l'arrêté du 29 septembre 2005, la probabilité prise en compte est celle de la survenue du phénomène dangereux (par exemple l'effondrement de l'éolienne) et non la probabilité d'atteinte d'une cible. Ces probabilités ont été calculées par l'Ineris sur la base des fréquences des accidents rencontrés en France et dans le monde. Les retours d'expérience sont en effet suffisamment précis pour permettre cette méthode. Dans certains cas, la mise en place de mesures de sécurité adaptées a été prise en compte. Les probabilités des évènements redoutés sont présentées ci-dessous.

Scénario	Probabilité	Echelle qualitative
Chute de glace	A	Courant Peut se produire à plusieurs reprises pendant la durée de vie des installations
Projection de glace	B	Probable Peut se produire pendant la durée de vie des installations
Chute d'élément de l'éolienne	C	Improbable Evènement déjà rencontré sans que les mesures de corrections apportées garantissent sa réduction significative
Effondrement de l'éolienne	D	Rare S'est déjà produit mais a fait l'objet de mesures correctives
Projection d'élément de pale	D	Rare S'est déjà produit mais a fait l'objet de mesures correctives

Synthèse : caractérisation des accidents majeurs

Le tableau ci-dessous récapitule, pour chaque événement retenu, les paramètres de risques : portée, intensité (exposition), probabilité et le niveau de gravité⁵ :

Scénario	Zone d'effet	Cinétique	Intensité d'exposition	Probabilité	Niveau de gravité des conséquences (fonction de l'intensité d'exposition et du nombre de personnes)
Effondrement de l'éolienne	170 m autour des éoliennes E1 à E4 163 m autour de l'éolienne E5	Rapide	Exposition forte	D rare	Sérieux pour toutes les éoliennes
Chute de glace	Zone de survol 69 m	Rapide	Exposition modérée	A courant	Modéré pour toutes les éoliennes
Chute d'éléments de l'éolienne	Zone de survol 69 m	Rapide	Exposition modérée	C improbable	Modéré pour toutes les éoliennes
Projection d'éléments de pale	500 m autour de l'éolienne	Rapide	Exposition modérée	C improbable	Sérieux pour l'éolienne E1 Modéré pour les autres éoliennes
Projection de glace	357 m autour des éoliennes E1 à E4 347 m autour de l'éolienne E5	Rapide	Exposition modérée	B probable	Modéré pour toutes les éoliennes

Synthèse de l'étude détaillée des risques

⁵ Rappel : afin de ne pas sous-estimer les risques, l'éolienne majorante du point de vue de la taille a été retenue pour l'étude parmi celles envisagées pour le projet. Ainsi, le modèle choisi pour cette étude est l'éolienne Enercon E126 présentant une hauteur totale de 162,5 mètres. La machine retenue dans la version finale du projet correspondra à une éolienne présentant une hauteur totale inférieure ou égale, construite selon les mêmes normes, présentant les mêmes dispositifs de sécurité et présentera au minimum les certifications de la classe de vent IEC II.

10. SYNTHÈSE DE L'ACCEPTABILITÉ DES RISQUES

Pour conclure sur l'acceptabilité des risques du projet, les paramètres de gravité et les probabilités de chacun des événements retenus ont été croisés dans la matrice de criticité ci-dessous (matrice de criticité adaptée de la circulaire du 29 septembre 2005 reprise dans la circulaire du 10 mai 2010 mentionnée ci-dessus) :

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

Parc éolien de Noroy					
Matrice des risques		D (rare)	C (improbable)	B (probable)	A (courant)
		Niveau de gravité des conséquences	Désastreux		
Catastrophique					
Important					
Sérieux	Effondrement (E1 à E4 :170 m E5 : 163 m) Toutes les éoliennes		Projection d'éléments (500 m) Eolienne E1		
Modéré			Projection d'éléments (500 m) Eoliennes E2 à E5 Chute d'éléments (69 m) Toutes les éoliennes	Projection de glace (E1 à E4 :357 m E5 : 347 m) Toutes les éoliennes	Chute de glace (69 m) Toutes les éoliennes

Matrice de criticité obtenue

Légende de la matrice:

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 l'ensemble des accidents retenus présente un risque acceptable (faible à très faible), c'est-à-dire qu'ils ne nécessitent pas de mesures supplémentaires de réduction des risques autres que celles déjà prises.

11. CONCLUSION

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

Plusieurs modèles d'éoliennes d'un gabarit proche mais de constructeurs différents sont aujourd'hui envisagés sur ce projet. Le choix d'un gabarit d'étude cumulant le diamètre maximal et la hauteur totale maximale des éoliennes envisagées pour ce projet permet de maximiser tous les périmètres d'effet des différents risques. De même, les dimensions caractéristiques maximales (largeur de la base du mât, longueur des pales, corde des pales, ...) ont été retenues pour les calculs intermédiaires de l'étude détaillée des risques.

La machine retenue dans la version finale du projet correspondra à une éolienne présentant un diamètre de rotor et une hauteur totale inférieurs ou égaux, construite selon les mêmes normes, présentant les mêmes dispositifs de sécurité et présentera au minimum les certifications de la classe de vent IEC II.

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

- Effondrement de l'éolienne (portée 170 m et 163 m (éolienne E5), classe de probabilité : « rare »)
- Chute d'éléments de l'éolienne (portée 69 m, « improbable »)
- Chute de glace (portée 69 m, « courant »)
- Projection de glace (portée 357 m et 347 m (E5), « probable »)
- Projection d'éléments de pale (portée 500 m, « improbable »)

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

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

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

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

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

Par ailleurs, les éoliennes font l'objet d'une maintenance préventive régulière et corrective par un personnel compétent et spécialisé. La maintenance porte sur le fonctionnement mécanique

⁶ [19] - SER, FEE, INERIS – Mai 2012.
Energies et Territoires Développement
Projet éolien de Noroy

et électrique ainsi que l'état des composants et des structures de la machine. Une inspection visuelle de la machine et des pales est réalisée lors des maintenances préventives afin de détecter des éventuelles fissures ou défauts.

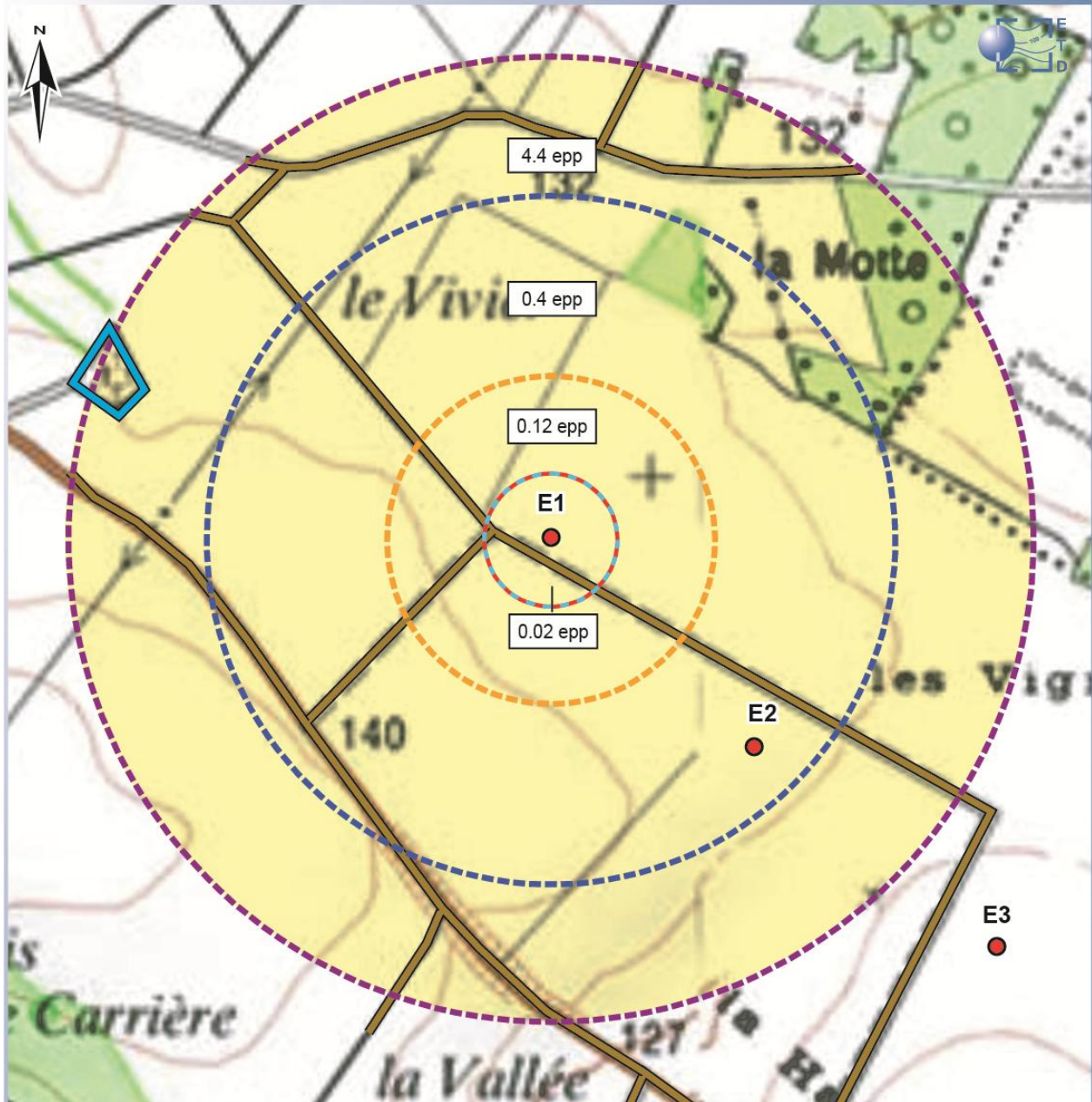
Le niveau de prévention et de protection au regard de l'environnement est considéré comme acceptable. En effet, les accidents répertoriés par l'accidentologie ont dès à présent fait l'objet de mesures intégrées dans la structure des éoliennes « nouvelle génération ». Enfin le respect des prescriptions du 26 août 2011 modifié par l'arrêté du 22 juin 2020 relatif aux installations éoliennes soumises à autorisation permet de s'assurer que l'ensemble des accidents majeurs identifiés lors de cette étude de dangers constitue un risque acceptable pour les personnes.

12. CARTOGRAPHIE DES RISQUES SIGNIFICATIFS

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

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

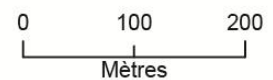
SYNTHÈSE DES RISQUES : ÉOLIENNE E1



Exposition FORTE	Exposition MODÉRÉE
Effondrement (170m)	Projection d'élément (500m)
	Projection de glace (357m)
	Chute de glace (69m)
	Chute d'éléments (69m)

- Eoliennes
- Terrains agricoles
- Voies de faible circulation
- Cimetière de Noroy

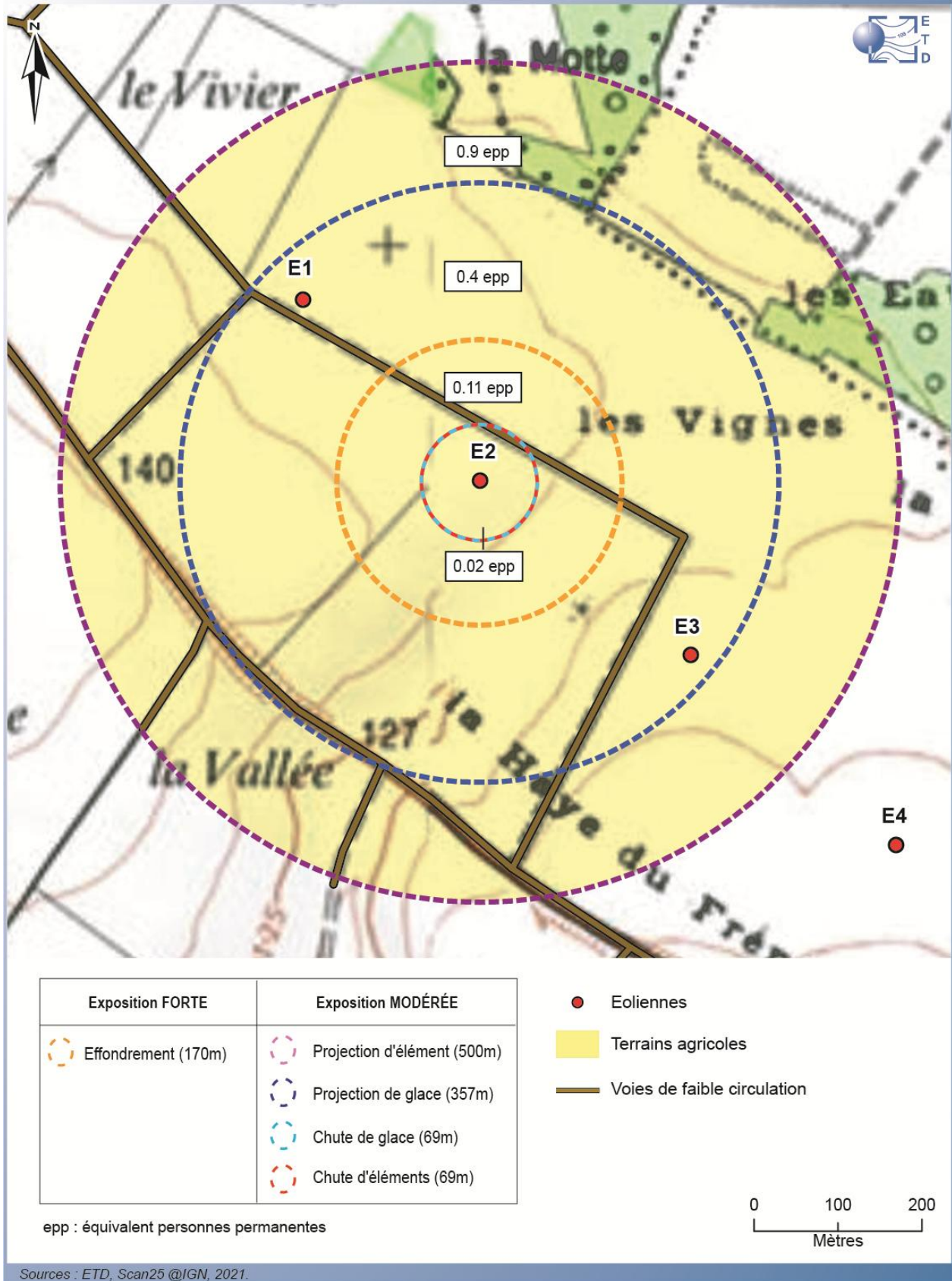
epp : équivalent personnes permanentes



Sources : ETD, Scan25 @IGN, 2021.

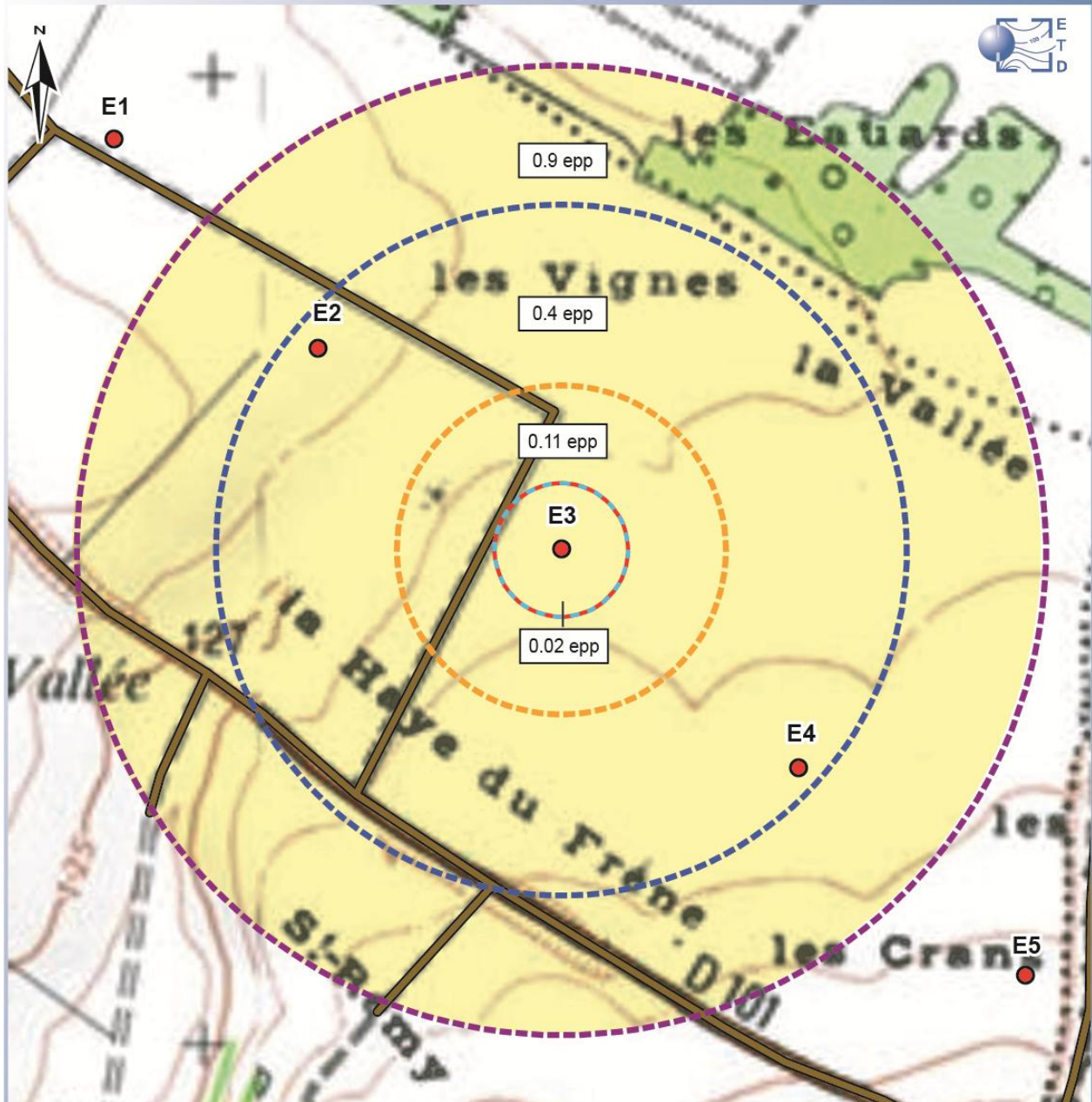
Carte de synthèse des risques : éolienne E1

SYNTHÈSE DES RISQUES : ÉOLIENNE E2



Carte de synthèse des risques : éolienne E2

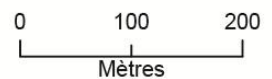
SYNTHÈSE DES RISQUES : ÉOLIENNE E3



Exposition FORTE	Exposition MODÉRÉE
Effondrement (170m)	Projection d'élément (500m)
	Projection de glace (357m)
	Chute de glace (69m)
	Chute d'éléments (69m)

- Eoliennes
- Terrains agricoles
- Voies de faible circulation

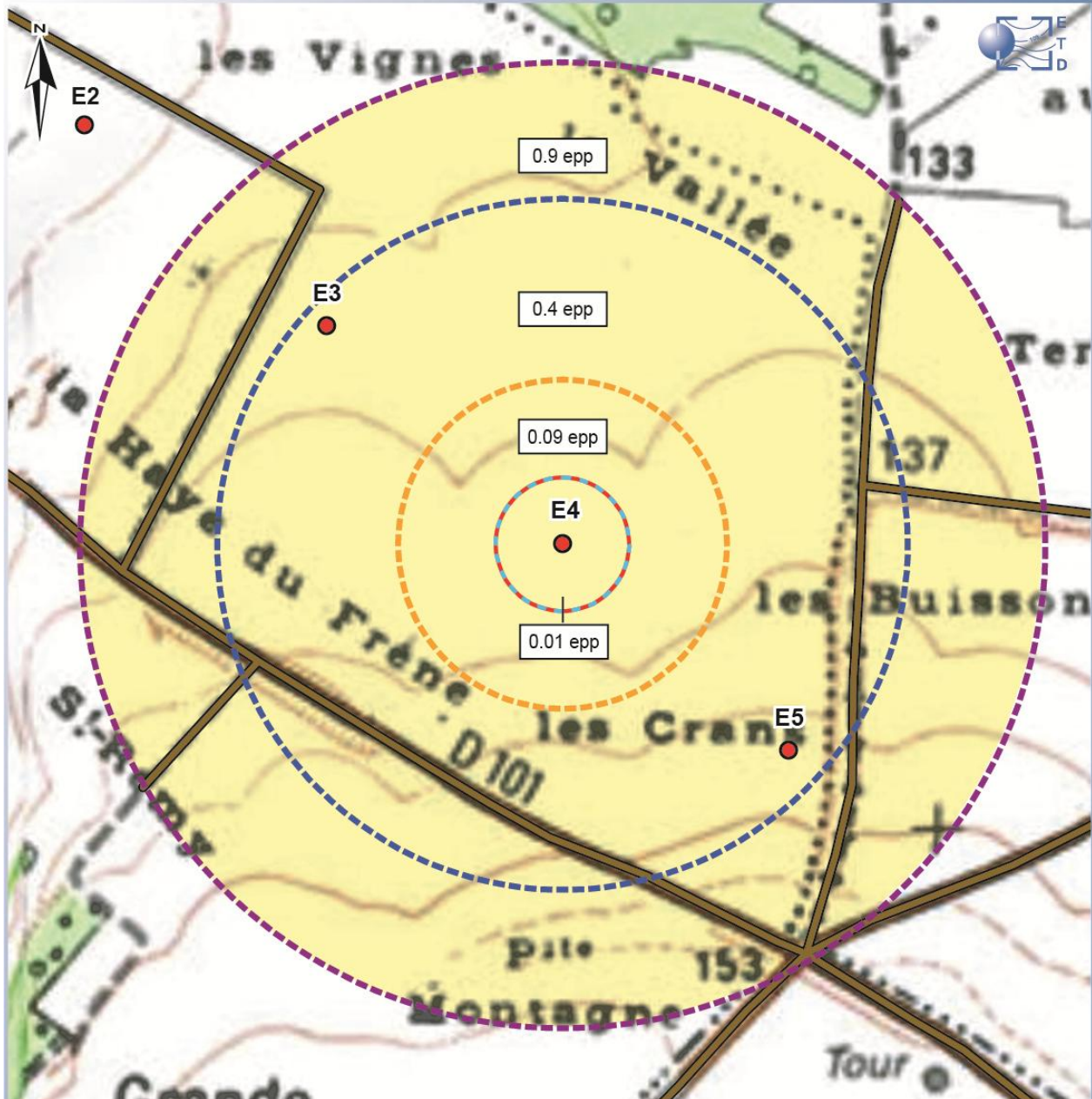
epp : équivalent personnes permanentes



Sources : ETD, Scan25 @IGN, 2021.

Carte de synthèse des risques : éolienne E3

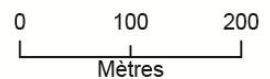
SYNTHÈSE DES RISQUES : ÉOLIENNE E4



Exposition FORTE	Exposition MODÉRÉE
Effondrement (170m)	Projection d'élément (500m)
	Projection de glace (357m)
	Chute de glace (69m)
	Chute d'éléments (69m)

- Eoliennes
- Terrains agricoles
- Voies de faible circulation

epp : équivalent personnes permanentes



Sources : ETD, Scan25 @IGN, 2021.

Carte de synthèse des risques : éolienne E4

SYNTHÈSE DES RISQUES : ÉOLIENNE E5



Carte de synthèse des risques : éolienne E5