

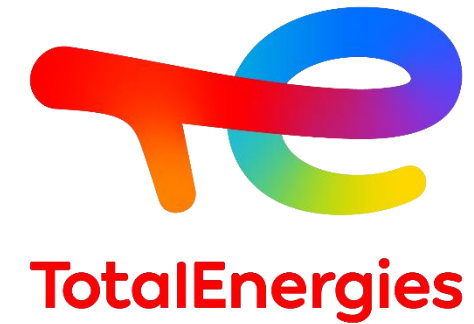
# RESUME NON TECHNIQUE ÉTUDE DE DANGERS

PROJET EOLIEN DE VRIGNY

Commune de Vrigny

Département du Loiret (45)

*D'après le « Guide technique pour l'élaboration de l'étude de dangers dans le cadre de parcs éoliens » réalisé par l'INERIS (mai 2012).*



**TotalEnergies Renouvelables France**

74 rue Lieutenant de Montcabrier  
Technoparc de Mazeran - CS 10034  
34536 BÉZIERS Cedex



BUREAU D'ÉTUDES JACQUEL & CHATILLON

Environnement et Energies

[www.be-jc.com](http://www.be-jc.com)

Réalisation du dossier :

Bureau d'Études JACQUEL & CHATILLON

3, quai des Arts

51000 CHALONS-EN-CHAMPAGNE

Tél. : 03.26.21.01.97

AOUT 2025



|               |                                                                                                           |
|---------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| SOMMAIRE      |                                                                                                           |
| CHAPITRE I.   | INTRODUCTION _____ 5                                                                                      |
| I.1.          | OBJECTIF DE L'ETUDE DE DANGERS _____ 6                                                                    |
| I.2.          | NOMENCLATURE DES INSTALLATIONS CLASSEES _____ 6                                                           |
| I.3.          | IDENTIFICATION DU DEMANDEUR _____ 7                                                                       |
| I.4.          | LOCALISATION DU SITE _____ 7                                                                              |
| CHAPITRE II.  | DESCRIPTION DE L'INSTALLATION _____ 9                                                                     |
| II.1.         | CARACTERISTIQUES DE L'INSTALLATION _____ 10                                                               |
| II.1.1.       | CARACTERISTIQUES GENERALES D'UN PARC EOLIEN _____ 10                                                      |
| II.1.2.       | CONFIGURATION DE L'INSTALLATION _____ 11                                                                  |
| II.2.         | FONCTIONNEMENT DE L'INSTALLATION _____ 13                                                                 |
| CHAPITRE III. | METHODOLOGIE DE L'ETUDE DE DANGERS _____ 14                                                               |
| III.1.        | DEFINITION DE L'AIRE D'ETUDE _____ 15                                                                     |
| III.2.        | SCENARIOS RETENUS _____ 15                                                                                |
| III.3.        | METHODOLOGIE ET DEFINITIONS _____ 16                                                                      |
| III.3.1.      | ZONE D'EFFET _____ 16                                                                                     |
| III.3.2.      | CINETIQUE _____ 16                                                                                        |
| III.3.3.      | INTENSITE _____ 16                                                                                        |
| III.3.4.      | GRAVITE _____ 16                                                                                          |
| III.3.5.      | PROBABILITE _____ 17                                                                                      |
| III.3.6.      | ACCEPTABILITE DU RISQUE _____ 17                                                                          |
| CHAPITRE IV.  | DESCRIPTION DE L'ENVIRONNEMENT DE L'INSTALLATION _____ 18                                                 |
| IV.1.         | ENVIRONNEMENT NATUREL _____ 19                                                                            |
| IV.1.1.       | CONTEXTE CLIMATIQUE _____ 19                                                                              |
| IV.1.2.       | RISQUES NATURELS _____ 19                                                                                 |
| IV.2.         | ENVIRONNEMENT HUMAIN _____ 20                                                                             |
| IV.2.1.       | ZONES URBANISEES _____ 20                                                                                 |
| IV.2.2.       | ÉTABLISSEMENTS RECEVANT DU PUBLIC _____ 21                                                                |
| IV.2.3.       | INSTALLATIONS CLASSEES POUR LA PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT ET INSTALLATIONS NUCLEAIRES DE BASE _____ 21 |
| IV.3.         | ENVIRONNEMENT MATERIEL _____ 22                                                                           |
| IV.3.1.       | VOIES DE COMMUNICATION _____ 22                                                                           |
| IV.3.2.       | CIRCULATION AERONAUTIQUE ET SERVITUDES RADARS _____ 23                                                    |
| IV.3.3.       | RESEAUX _____ 23                                                                                          |
| IV.4.         | CARTOGRAPHIE DES ZONES A ENJEUX _____ 24                                                                  |
| IV.4.1.       | ZONES A ENJEUX AUTOUR DE L'EOLIENNE N°1 _____ 25                                                          |
| IV.4.2.       | ZONES A ENJEUX AUTOUR DE L'EOLIENNE N°2 _____ 25                                                          |

|               |                                                                       |
|---------------|-----------------------------------------------------------------------|
| IV.4.3.       | ZONES A ENJEUX AUTOUR DE L'EOLIENNE N°3 _____ 26                      |
| IV.4.4.       | ZONES A ENJEUX AUTOUR DE L'EOLIENNE N°4 _____ 26                      |
| CHAPITRE V.   | RESULTATS DE L'ANALYSE DES RISQUES _____ 27                           |
| V.1.          | SYNTHESE DES SCENARIOS RETENUS _____ 28                               |
| V.2.          | SYNTHESE DE L'ACCEPTABILITE DES RISQUES _____ 28                      |
| CHAPITRE VI.  | DESCRIPTION DES PRINCIPALES MESURES DE REDUCTION DES RISQUES _____ 33 |
| CHAPITRE VII. | CONCLUSION DE L'ETUDE DE DANGERS _____ 35                             |



TABLE DES ILLUSTRATIONS

Cartes

Carte 1 : Situation générale du site d'étude (Source : BE Jacquel et Chatillon)..... 8

Carte 2 : Situation départementale de la zone d'étude (Source : 1France)..... 8

Carte 3 : Configuration de l'installation (Source : BE Jacquel et Chatillon)..... 12

Carte 4 : Aire d'étude (Source : BE Jacquel et Chatillon)..... 15

Carte 5 : Habitations les plus proches du projet (Source : BE Jacquel et Chatillon) ..... 20

Carte 6 : Voies de communication (Source : BE Jacquel et Chatillon) ..... 22

Carte 7 : Réseaux (Source : BE Jacquel et Chatillon)..... 23

Carte 19 : Éolienne n°1 – Zones à enjeux (Source : BE Jacquel et Chatillon)..... 25

Carte 20 : Éolienne n°2 – Zones à enjeux (Source : BE Jacquel et Chatillon)..... 25

Carte 21 : Éolienne n°3 – Zones à enjeux (Source : BE Jacquel et Chatillon)..... 26

Carte 22 : Éolienne n°4 – Zones à enjeux (Source : BE Jacquel et Chatillon)..... 26

Carte 26 : Éolienne n°1 – Risques liés à l'effondrement de l'éolienne, à la chute d'élément de l'éolienne, et à la projection de pale ou de fragment de pale (Source : BE Jacquel et Chatillon) ..... 29

Carte 27 : Éolienne n°1 – Risques liés à la chute et à la projection de glace (Source : BE Jacquel et Chatillon) ..... 29

Carte 28 : Éolienne n°2 – Risques liés à l'effondrement de l'éolienne, à la chute d'élément de l'éolienne, et à la projection de pale ou de fragment de pale (Source : BE Jacquel et Chatillon) ..... 30

Carte 29 : Éolienne n°2 – Risques liés à la chute et à la projection de glace (Source : BE Jacquel et Chatillon) ..... 30

Carte 30 : Éolienne n°3 – Risques liés à l'effondrement de l'éolienne, à la chute d'élément de l'éolienne, et à la projection de pale ou de fragment de pale (Source : BE Jacquel et Chatillon) ..... 31

Carte 31 : Éolienne n°3 – Risques liés à la chute et à la projection de glace (Source : BE Jacquel et Chatillon) ..... 31

Carte 32 : Éolienne n°4 – Risques liés à l'effondrement de l'éolienne, à la chute d'élément de l'éolienne, et à la projection de pale ou de fragment de pale (Source : BE Jacquel et Chatillon) ..... 32

Carte 33 : Éolienne n°4 – Risques liés à la chute et à la projection de glace (Source : BE Jacquel et Chatillon) ..... 32

Tableaux

Tableau 1 : Rubrique de la nomenclature des installations classées (Source : décret n°2019-1096 du 28 octobre 2019 modifiant la nomenclature des ICPE)..... 6

Tableau 2 : Informations administratives de la société de projet (Source : TotalEnergies Renouvelables France)..... 7

Tableau 3 : Coordonnées des éléments du projet (Source : TotalEnergies Renouvelables France)..... 11

Tableau 5 : Scénarios retenus dans l'étude détaillée des risques (Source : INERIS)..... 15

Tableau 6 : Intensité et seuil d'exposition (Source : INERIS)..... 16

Tableau 7 : Gravité selon le seuil d'exposition (Source : INERIS)..... 16

Tableau 8 : Classes de probabilités (Source : Arrêté du 29 septembre 2005)..... 17

Tableau 9 : Matrice de criticité (Source : Circulaire du 10 mai 2010) ..... 17

Tableau 10 : Légende de la matrice de criticité (Source : Circulaire du 10 mai 2010) ..... 17

Tableau 11 : Synthèse des scénarios retenus (Source : d'après l'INERIS)..... 28

Tableau 12 : Matrice de criticité (Source : Circulaire du 10 mai 2010)..... 28

Tableau 13 : Légende de la matrice de criticité (Source : Circulaire du 10 mai 2010) ..... 28

Tableau 62 : Éolienne n°1 – Risques liés à l'effondrement de l'éolienne, à la chute d'élément de l'éolienne, et à la projection de pale ou de fragment de pale (Source : d'après l'INERIS)..... 29

Tableau 63 : Éolienne n°1 – Risques liés à la chute et à la projection de glace (Source : d'après l'INERIS)..... 29

Tableau 64 : Éolienne n°2 – Risques liés à l'effondrement de l'éolienne, à la chute d'élément de l'éolienne, et à la projection de pale ou de fragment de pale (Source : d'après l'INERIS)..... 30

Tableau 65 : Éolienne n°2 – Risques liés à la chute et à la projection de glace (Source : d'après l'INERIS)..... 30

Tableau 66 : Éolienne n°3 – Risques liés à l'effondrement de l'éolienne, à la chute d'élément de l'éolienne, et à la projection de pale ou de fragment de pale (Source : d'après l'INERIS)..... 31

Tableau 67 : Éolienne n°3 – Risques liés à la chute et à la projection de glace (Source : d'après l'INERIS)..... 31

Tableau 68 : Éolienne n°4 – Risques liés à l'effondrement de l'éolienne, à la chute d'élément de l'éolienne, et à la projection de pale ou de fragment de pale (Source : d'après l'INERIS)..... 32

Tableau 69 : Éolienne n°4 – Risques liés à la chute et à la projection de glace (Source : d'après l'INERIS)..... 32

Tableau 22 : Synthèse des risques pour les scénarios retenus (Source : d'après l'INERIS)..... 36

Figures

Figure 1 : Schéma simplifié d'un aérogénérateur (Source : INERIS) ..... 10

Figure 2 : Exemple d'emprise type au sol d'une éolienne (Source : INERIS)..... 10

Figure 3 : Dimensions maximalistes du gabarit envisagé (Source : TotalEnergies Renouvelables France) ..... 11

# CHAPITRE I. INTRODUCTION



## I.1. OBJECTIF DE L’ETUDE DE DANGERS

L’étude de dangers a pour objet de rendre compte de l’examen effectué par TotalEnergies Renouvelables France, pour caractériser, analyser, évaluer, prévenir et réduire les risques du nouveau parc éolien de Vrigny.

Elle a été rédigée à partir du guide technique de l’INERIS<sup>1</sup> (mai 2012) dont l’objectif s’inscrit dans la double démarche de vérifier la maîtrise des risques par l’exploitant et d’améliorer en continu les mesures de maîtrise des risques.

Elle précise l’ensemble des mesures de maîtrise des risques mises en œuvre sur le parc éolien de Vrigny, qui réduisent le risque à l’intérieur et à l’extérieur des éoliennes à un niveau jugé acceptable par l’exploitant.

Ainsi, cette étude permet une approche rationnelle et objective des risques encourus par les personnes ou l’environnement.

Le présent document constitue le résumé non technique de l’étude de dangers ; il présente la méthodologie employée et les principales conclusions de l’étude.

## I.2. NOMENCLATURE DES INSTALLATIONS CLASSEES

Le décret n°2011-984 du 23 août 2011 a adjoint au régime des ICPE la rubrique 2980. Ainsi, conformément à l’article R.511-9 du Code de l’environnement, les parcs éoliens sont soumis au régime des ICPE. De plus, le décret n°2019-1096 du 28 octobre 2019 *modifiant la nomenclature des installations classées pour la protection de l’environnement* a apporté des clarifications à la rubrique 2980 :

| A – Nomenclature des installations classées                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                      |           |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|-----------|
| N°                                                                                                                                                                                           | Désignation de la rubrique                                                                                                                                                                                                                                                                     | A, E, D, S, C<br>(1) | Rayon (2) |
| 2980                                                                                                                                                                                         | Installation terrestre de production d’électricité à partir de l’énergie mécanique du vent et regroupant un ou plusieurs aérogénérateurs :                                                                                                                                                     |                      |           |
|                                                                                                                                                                                              | 1. Comprenant au moins un aérogénérateur dont la hauteur du mât et de la nacelle au-dessus du sol est supérieure ou égale à 50 m                                                                                                                                                               | A                    | 6         |
|                                                                                                                                                                                              | 2. Comprenant uniquement des aérogénérateurs dont la hauteur du mât et de la nacelle au-dessus du sol est inférieure à 50 m et au moins un aérogénérateur dont la hauteur du mât et de la nacelle au-dessus du sol est supérieure ou égale à 12 m, lorsque la puissance totale installée est : |                      |           |
|                                                                                                                                                                                              | a) Supérieure ou égale à 20 MW                                                                                                                                                                                                                                                                 | A                    | 6         |
|                                                                                                                                                                                              | b) Inférieure à 20 MW                                                                                                                                                                                                                                                                          | D                    | -         |
| (1) A : autorisation, E : enregistrement, D : déclaration, C : soumis au contrôle périodique prévu par l'article L. 512-11 du code de l'environnement<br>(2) Rayon d'affichage en kilomètres |                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                      |           |

Tableau 1 : Rubrique de la nomenclature des installations classées  
(Source : décret n°2019-1096 du 28 octobre 2019 modifiant la nomenclature des ICPE)

Le parc éolien de Vrigny comprend au moins un aérogénérateur dont le mât a une hauteur supérieure ou égale à 50 m : **cette installation est donc soumise à autorisation (A)** au titre des Installations Classées pour la Protection de l’Environnement et doit présenter, à ce titre, une étude de dangers au sein de sa demande d’autorisation.

<sup>1</sup> INERIS : Institut National de l’Environnement Industriel et des Risques.



I.3. IDENTIFICATION DU DEMANDEUR

Les informations administratives de la société de projet CE RENFR 460, détenue à 100 % par TotalEnergies Renouvelables France, sont détaillées dans le Tableau 2.

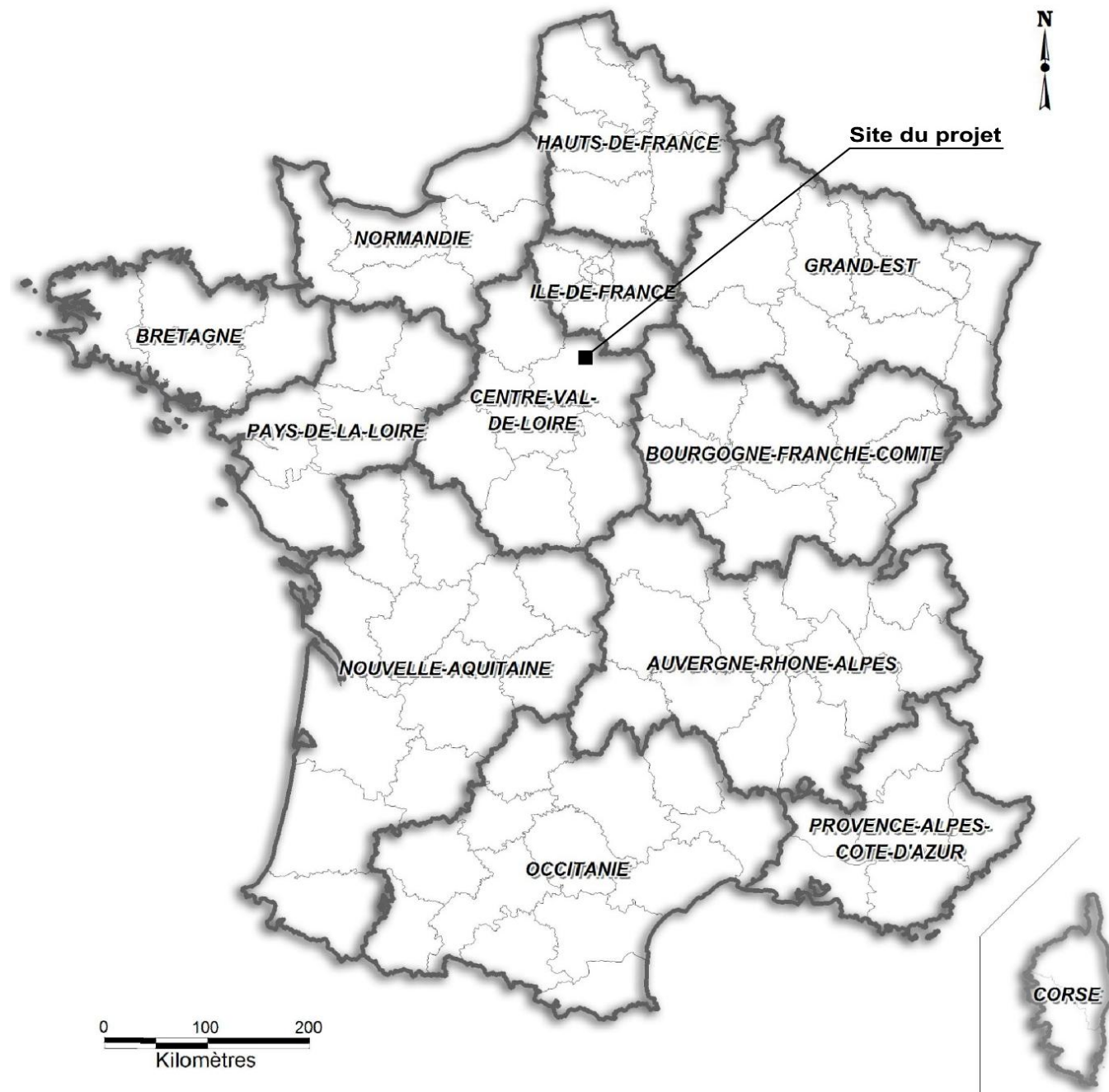
|                                |                                                                                              |
|--------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|
| Société porteuse               | CE RENFR 460                                                                                 |
| Forme juridique                | Société par Actions Simplifiée (SAS)                                                         |
| Capital                        | 5 000 €                                                                                      |
| Numéro d'identification R.C.S. | 532 086 345 RCS Béziers                                                                      |
| Siège social                   | 74 rue Lieutenant de Montcabrier<br>ZAC de Mazeran<br>34500 BEZIERS                          |
| Référents projet               | Alexis CARRE<br>Camille GODFRIN<br>contact.renouvelables@totalenergies.com<br>02.30.32.09.30 |

Tableau 2 : Informations administratives de la société de projet (Source : TotalEnergies Renouvelables France)

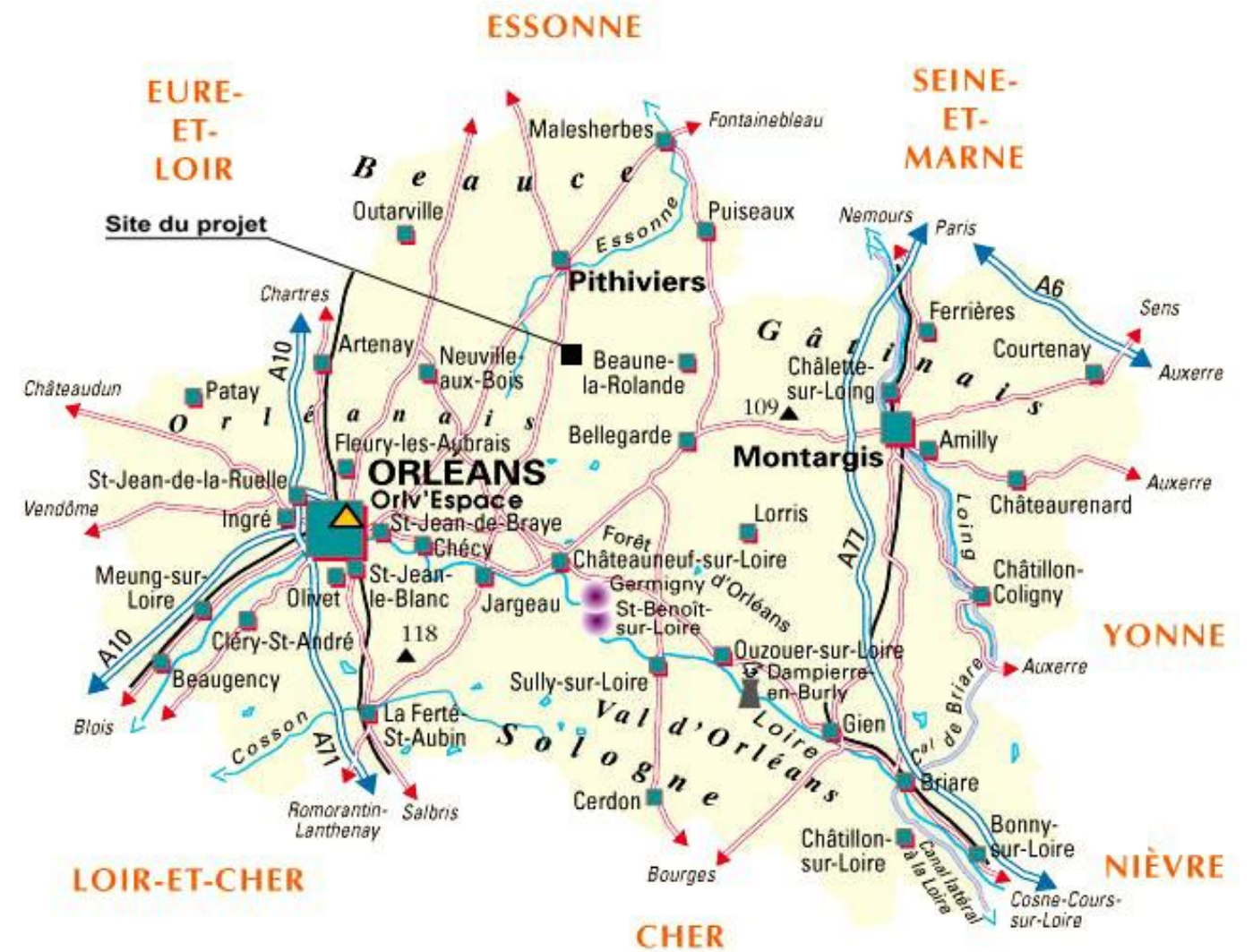
I.4. LOCALISATION DU SITE

Le parc éolien de Vrigny, composé de 4 aérogénérateurs, est localisé sur la commune de Vrigny dans le département du Loiret (45), en région Centre-Val de Loire.





Carte 1 : Situation générale du site d'étude (Source : BE Jacquel et Chatillon)



Carte 2 : Situation départementale de la zone d'étude (Source : 1France)



## **CHAPITRE II. DESCRIPTION DE L'INSTALLATION**

## II.1. CARACTERISTIQUES DE L'INSTALLATION

### II.1.1. CARACTERISTIQUES GENERALES D'UN PARC EOLIEN

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

- Chaque éolienne est fixée sur une fondation adaptée, accompagnée d'une aire stabilisée appelée « plateforme » ou « aire de grutage »,
- Un réseau de câbles électriques enterrés permettant d'évacuer l'électricité produite par chaque éolienne vers le ou les poste(s) de livraison électrique (appelé « réseau inter-éolien »),
- Un ou plusieurs poste(s) de livraison électrique, concentrant l'électricité des éoliennes et organisant son évacuation vers le réseau public d'électricité au travers du poste source local (point d'injection de l'électricité sur le réseau public),
- Un réseau de câbles enterrés permettant d'évacuer l'électricité regroupée au(x) poste(s) de livraison vers le poste source (appelé « réseau externe » et appartenant le plus souvent au gestionnaire du réseau de distribution d'électricité),
- Un réseau de chemins d'accès.

#### II.1.1.1. Éléments constitutifs d'un aérogénérateur

Au sens de l'arrêté du 26 août 2011 (modifié par l'arrêté du 11 juillet 2023) relatif aux installations de production d'électricité utilisant l'énergie mécanique du vent au sein d'une installation soumise à autorisation au titre de la rubrique 2980 de la législation des ICPE, les aérogénérateurs (ou éoliennes) sont définis comme un dispositif mécanique destiné à convertir l'énergie du vent en électricité, composé des principaux éléments suivants : un mât, une nacelle, le rotor auquel sont fixées les pales, ainsi que, le cas échéant, un transformateur.

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.
- Le mât qui est généralement composé de 3 à 4 tronçons en acier ou 15 à 20 anneaux de béton surmontés d'un ou plusieurs tronçons en acier.
- La nacelle qui abrite plusieurs éléments fonctionnels :
  - Le générateur qui transforme l'énergie de rotation du rotor en énergie électrique,
  - Le multiplicateur (certaines technologies n'en utilisent toutefois pas),
  - Le transformateur qui permet d'élever la tension électrique de l'éolienne au niveau de celle du réseau électrique,
  - Le système de freinage mécanique,
  - Le système d'orientation de la nacelle qui place le rotor face au vent pour une production optimale d'énergie,
  - Les outils de mesure du vent (anémomètre, girouette),
  - Le balisage diurne et nocturne nécessaire à la sécurité aéronautique.

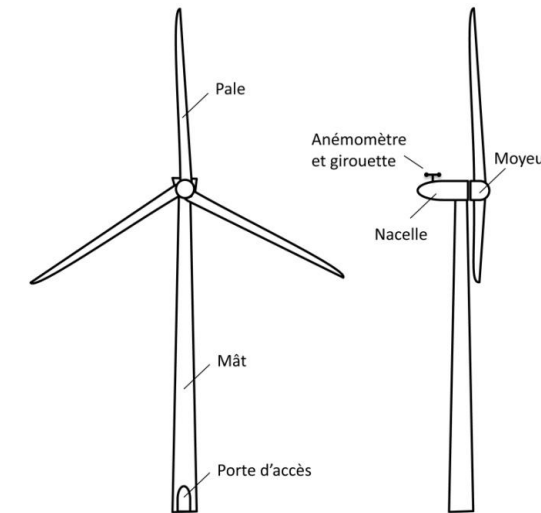


Figure 1 : Schéma simplifié d'un aérogénérateur (Source : INERIS)

#### II.1.1.2. Emprise au sol

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

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

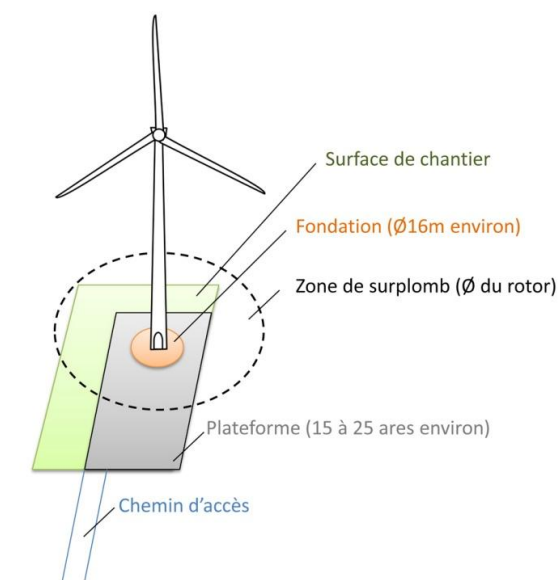


Figure 2 : Exemple d'emprise type au sol d'une éolienne (Source : INERIS)

II.1.2. CONFIGURATION DE L’INSTALLATION

Le parc éolien de Vrigny est composé de 4 aérogénérateurs et d’un Poste De Livraison (PDL).

Le Tableau 3 indique les coordonnées géographiques des aérogénérateurs et du poste de livraison. La Carte 3 présente la configuration de l’installation.

| Projet | Commune     | Coordonnées Lambert 93 (en m) |           | Coordonnées WGS84 |               | Altitude (NGF) (en m) |                 |
|--------|-------------|-------------------------------|-----------|-------------------|---------------|-----------------------|-----------------|
|        |             | X                             | Y         | Longitude Est     | Latitude Nord | Au sol                | En bout de pale |
| E1     | Vrigny (45) | 643 685                       | 6 776 947 | 02°14'36,97"      | 48°05'25,71"  | 116                   | 296             |
| E2     |             | 644 072                       | 6 776 851 | 02°14'55,70"      | 48°05'22,70"  | 115                   | 295             |
| E3     |             | 645 183                       | 6 777 243 | 02°15'49,24"      | 48°05'35,73"  | 112                   | 292             |
| E4     |             | 645 512                       | 6 776 745 | 02°16'05,38"      | 48°05'19,70"  | 113                   | 293             |
| PDL    |             | 644 841                       | 6 776 961 | 02°15'32,82"      | 48°05'26,50"  | 112                   | /               |

Tableau 3 : Coordonnées des éléments du projet (Source : TotalEnergies Renouvelables France)

Le pétitionnaire se laisse le choix entre plusieurs machines de constructeurs différents, ayant un gabarit maximum d’environ **180 m en bout de pale**.

Les informations présentées ci-après sont indicatives, elles sont issues de la documentation technique du modèle Nordex N149.

Les dimensions maximalistes du gabarit envisagé, seules prises en compte dans les hypothèses de calculs sont les suivantes : **une hauteur de mât de 105 m, un diamètre de rotor de 149 m, et une hauteur totale maximale en bout de pale de 180 m pour toutes les éoliennes du projet**. A noter qu’il s’agit du gabarit maximum théorique le plus contraignant envisagé et non du modèle de machine qui sera nécessairement retenu (Figure 3).

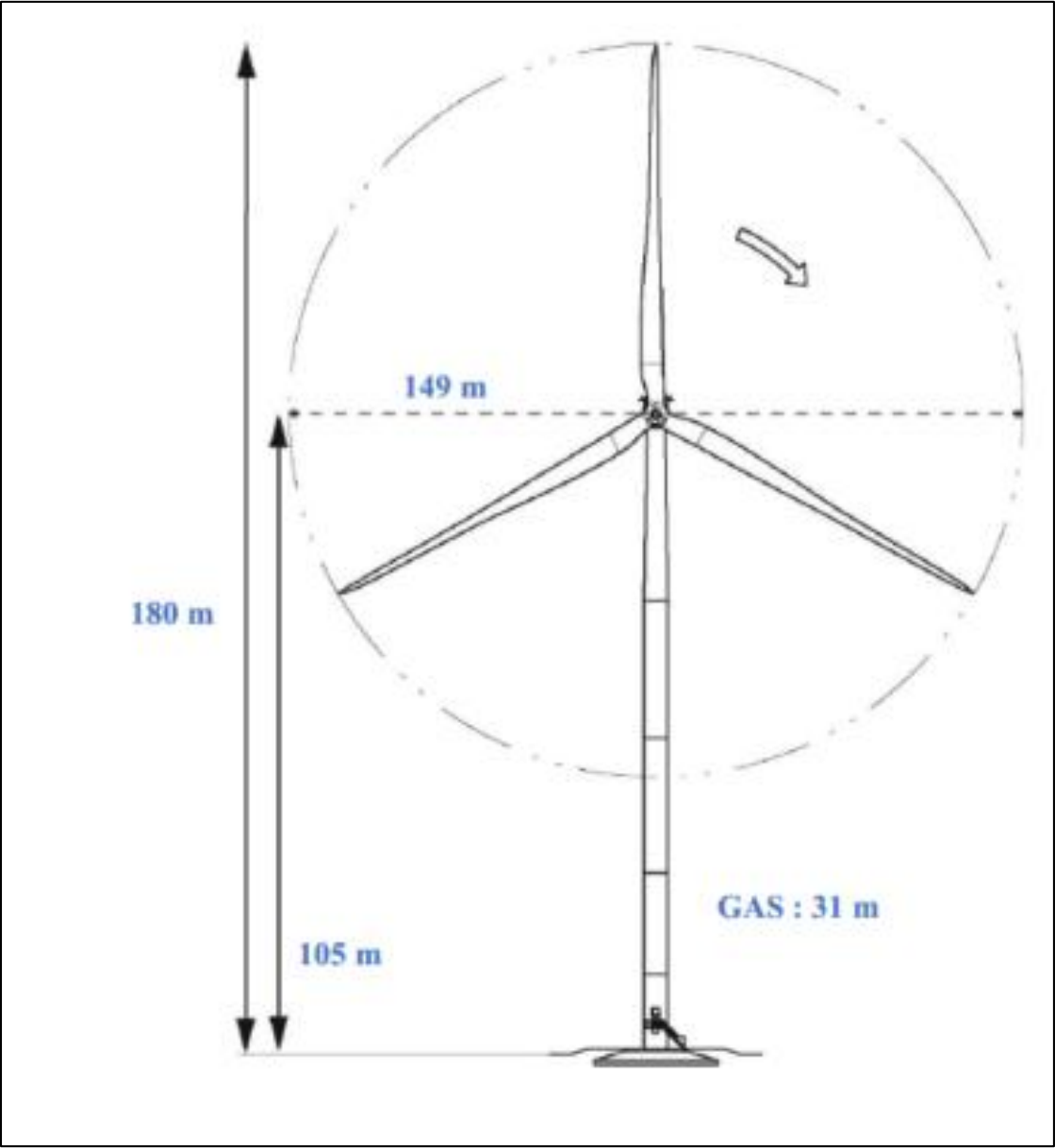
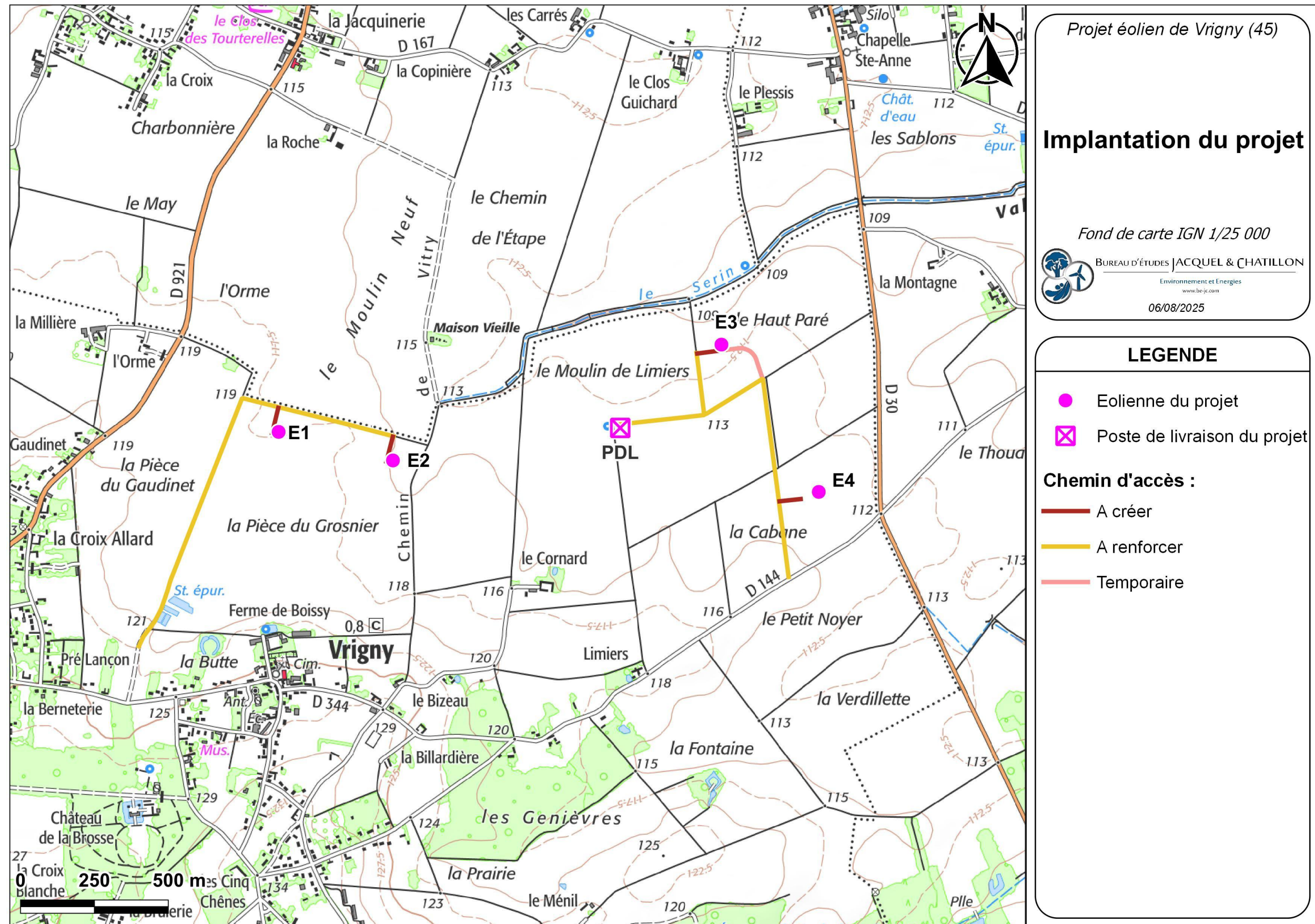


Figure 3 : Dimensions maximalistes du gabarit envisagé (Source : TotalEnergies Renouvelables France)





Carte 3 : Configuration de l'installation (Source : BE Jacquel et Chatillon)

## II.2. FONCTIONNEMENT DE L'INSTALLATION

---

*Remarque : Les données techniques présentées dans cette étude sont issues de la documentation technique du modèle Nordex N149.*

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

Les pales se mettent en mouvement lorsque l'anémomètre (positionné sur la nacelle) indique une vitesse de vent d'environ 10 km/h et c'est seulement à partir d'environ 10,8 km/h que l'éolienne peut être couplée au réseau électrique. Le rotor et l'arbre dit « lent » transmettent alors l'énergie mécanique à basse vitesse (entre 6,4 et 12,3 trs./min.) aux engrenages du multiplicateur, dont l'arbre dit « rapide » tourne environ 100 fois plus vite que l'arbre lent. Certaines éoliennes sont dépourvues de multiplicateur et la génératrice est entraînée directement par l'arbre « lent » lié au rotor. La génératrice transforme l'énergie mécanique captée par les pales en énergie électrique.

La puissance électrique produite varie en fonction de la vitesse de rotation du rotor. Dès que le vent atteint environ 40 km/h à hauteur de nacelle, l'éolienne fournit sa puissance maximale. Cette puissance est dite « nominale ».

Pour un aérogénérateur de 4,5 MW par exemple, la puissance électrique atteint 4 500 kW dès que le vent atteint environ 40 à 50 km/h. L'électricité produite par la génératrice correspond à un courant alternatif de fréquence 50 Hz avec une tension de 750 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, atteint des vitesses de plus de 26 m/s (93,6 km/h,, variable selon le type d'éolienne), l'éolienne cesse de fonctionner pour des raisons de sécurité. Deux systèmes de freinage permettent d'assurer la sécurité de l'éolienne :

- La mise en drapeau des pales, c'est-à-dire un freinage aérodynamique : les pales prennent alors une orientation parallèle au vent,
- Un frein mécanique sur l'arbre de transmission à l'intérieur de la nacelle.





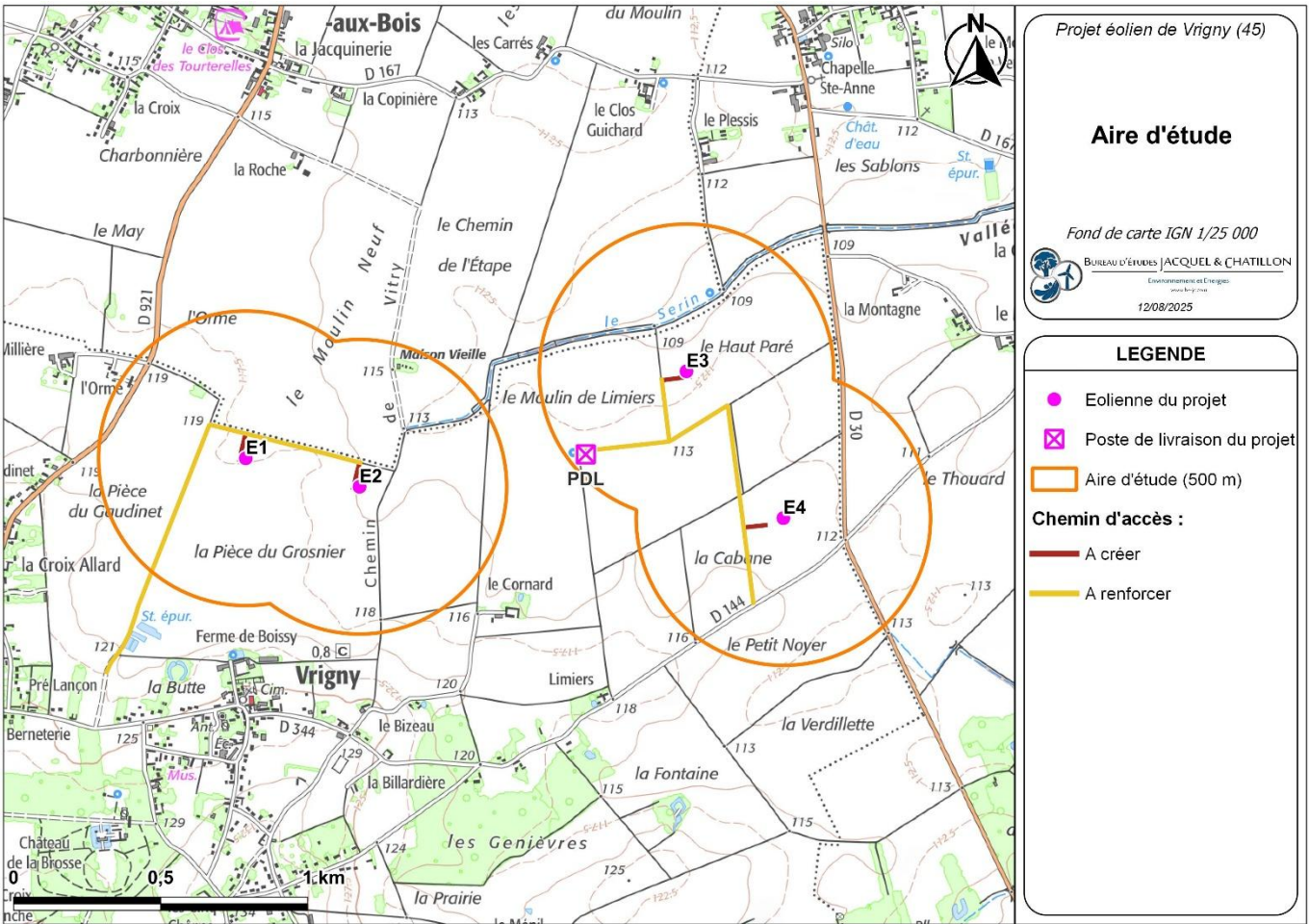
## CHAPITRE III. METHODOLOGIE DE L'ETUDE DE DANGERS

III.1. DEFINITION DE L’AIRE D’ETUDE

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

Chaque aire d’étude correspond à l’ensemble des points situés à une distance inférieure ou égale à 500 m à partir de l’emprise du mât de l’aérogénérateur (Carte 4). Cette distance conservatrice équivaut à la distance d’effet retenue pour les phénomènes de projection.

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



Carte 4 : Aire d’étude (Source : BE Jacquel et Chatillon)

III.2. SCENARIOS RETENUS

A partir des retours d’expérience sur l’accidentologie visant à identifier tous les risques existants sur un parc éolien, **cinq catégories de scénarios sont retenues** pour une analyse détaillée des risques (cf. Tableau 4). Ces scénarios regroupent plusieurs causes et séquences d’accidents. En estimant la cinétique, l’intensité, la gravité, et la probabilité de ces événements, il est possible de caractériser les risques pour toutes les séquences d’accidents.

Les règles méthodologiques applicables pour la détermination de l’intensité, de la gravité et de la probabilité des phénomènes dangereux sont précisées dans l’Arrêté ministériel du 29 septembre 2005.

| Scénarios retenus pour l’analyse détaillée des risques |
|--------------------------------------------------------|
| Effondrement de l’éolienne                             |
| Chute de glace                                         |
| Chute d’élément de l’éolienne                          |
| Projection de pale ou de fragment de pale              |
| Projection de glace                                    |

Tableau 4 : Scénarios retenus dans l’étude détaillée des risques (Source : INERIS)



### III.3. METHODOLOGIE ET DEFINITIONS

#### III.3.1. ZONE D’EFFET

Le mode de détermination de la zone d’effet pour chaque scénario retenu est basé sur le guide de l’INERIS (mai 2012), qui repose notamment sur les retours d’expérience en France et dans le monde et des analyses statistiques. Les zones d’effet définies pour le projet éolien de Vrigny sont les suivantes :

- La zone d’effet de l’effondrement d’une éolienne correspond à une surface circulaire de rayon égal à la hauteur totale de l’éolienne en bout de pale, soit **180 m** dans le cas du parc éolien de Vrigny.
- Le risque de chute de glace est cantonné à la zone de survol des pales, soit un disque de rayon égal à un demi-diamètre de rotor autour du mât de l’éolienne. Pour le parc éolien de Vrigny, la zone d’effet a donc un rayon de **74,5 m**.
- Le risque de chute d’élément de l’éolienne est cantonné à la zone de survol des pales, soit un disque de rayon égal à un demi-diamètre de rotor autour du mât de l’éolienne. Pour le parc éolien de Vrigny, la zone d’effet a donc un rayon de **74,5 m**.
- Sur la base d’éléments très conservateurs, le rayon de la zone d’effet de **500 m** est considéré comme distance raisonnable pour la prise en compte des projections de pale ou de fragment de pale dans le cadre des études de dangers de parcs éoliens (l’accidentologie indique en effet une distance maximale de projection de 380 m).
- Le rayon de la zone d’effet ici de **381 m** est considéré comme distance raisonnable pour la prise en compte de la projection de glace dans le cadre du parc éolien de Vrigny. Cette distance de projection utilisant la formule  $1.5 \times (H + 2 \times R)$ , où H est la hauteur du mât et R est le rayon du rotor, a été jugée conservative dans des études postérieures et retenue dans le guide de l’INERIS.

#### III.3.2. CINETIQUE

La cinétique d’un accident est la vitesse d’enchaînement des événements conduisant à cet accident.

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.**

#### III.3.3. INTENSITE

Le **degré d’exposition** se définit par le rapport entre la surface d’impact du phénomène et la zone d’effet de ce phénomène. Pour chacun des événements accidentels retenus (chute d’éléments, chute de glace, effondrement et projection), les valeurs de référence suivantes ont été retenues :

| Intensité             | Seuil d’exposition       |
|-----------------------|--------------------------|
| Exposition très forte | supérieur à 5 %          |
| Exposition forte      | compris entre 1 % et 5 % |
| Exposition modérée    | Inférieur à 1 %          |

Tableau 5 : Intensité et seuil d’exposition (Source : INERIS)

#### III.3.4. GRAVITE

Les seuils de gravité sont déterminés en fonction du **nombre équivalent de personnes permanentes** dans chacune des zones d’effet définies. La méthode de comptage des enjeux humains se base sur la fiche n°1 de la circulaire du 10 mai 2010 relative aux règles méthodologiques applicables aux études de dangers.

| Gravité \ Intensité | Zone d’effet d’un événement accidentel engendrant une exposition |                                                      |                                      |
|---------------------|------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|--------------------------------------|
|                     | Exposition très forte                                            | Exposition forte                                     | Exposition modérée                   |
| Désastreux          | plus de 10 personnes exposées                                    | plus de 100 personnes exposées                       | plus de 1 000 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 | moins de 1 personne exposée          |

Tableau 6 : Gravité selon le seuil d’exposition (Source : INERIS)

*Note : Ainsi, pour chaque phénomène dangereux identifié, l’ensemble des personnes présentes dans la zone d’effet correspondante est comptabilisé. Dans chaque zone couverte par les effets d’un phénomène dangereux issu de l’analyse de risques, des ensembles homogènes (ERP<sup>2</sup>, zones habitées, voies de circulation, terrains non bâtis, etc.) sont identifiés et en sont déterminées la surface (terrains non bâtis, zones d’habitat…) ou la longueur (voies de circulation…).*

<sup>2</sup> ERP : Établissement Recevant du Public.

III.3.5. PROBABILITE

La **probabilité d’occurrence** de chaque évènement accidentel retenu comme scénario est définie par le guide de l’INERIS de A (courant) à D (rare). Dans le cadre de l’étude de dangers des parcs éoliens, la probabilité de chaque évènement 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.

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’accidents majeurs.

*Note : Il convient de noter que la probabilité évaluée pour chaque scénario d’accident correspond à la probabilité qu’un évènement redouté se produise sur l’éolienne, ou **probabilité de départ**, et non à la probabilité que cet évènement 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’évènement redouté.*

| Niveaux | Échelle qualitative                                                                                                                                                                                                                                                | Échelle quantitative (probabilité annuelle) |
|---------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|
| A       | <b>Courant</b><br>(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       | <b>Probable</b><br>(s’est produit et/ou peut se produire pendant la durée de vie des installations)                                                                                                                                                                | $10^{-3} < P \leq 10^{-2}$                  |
| C       | <b>Improbable</b><br>(évènement 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       | <b>Rare</b><br>(s’est déjà produit mais a fait l’objet de mesures correctives réduisant significativement la probabilité)                                                                                                                                          | $10^{-5} < P \leq 10^{-4}$                  |
| E       | <b>Extrêmement rare</b><br>(possible mais non rencontré au niveau mondial ; n’est pas impossible au vu des connaissances actuelles)                                                                                                                                | $\leq 10^{-5}$                              |

Tableau 7 : Classes de probabilités (Source : Arrêté du 29 septembre 2005)

III.3.6. ACCEPTABILITE DU RISQUE

Enfin, pour conclure à l’acceptabilité des risques, la matrice de criticité suivante (Tableau 8), adaptée de la circulaire du 29 septembre 2005 reprise dans la circulaire du 10 mai 2010, est appliquée. L’acceptabilité des risques est déterminée en croisant le niveau de gravité obtenu avec la classe de probabilité d’occurrence retenue pour le phénomène.

| Gravité        | Classe de probabilité |   |   |   |   |
|----------------|-----------------------|---|---|---|---|
|                | E                     | D | C | B | A |
| Désastreux     |                       |   |   |   |   |
| Catastrophique |                       |   |   |   |   |
| Important      |                       |   |   |   |   |
| Sérieux        |                       |   |   |   |   |
| Modéré         |                       |   |   |   |   |

Tableau 8 : Matrice de criticité (Source : Circulaire du 10 mai 2010)

| Niveau de risque   | Acceptabilité du risque |
|--------------------|-------------------------|
| Risque très faible | Acceptable              |
| Risque faible      | Acceptable              |
| Risque important   | Non acceptable          |

Tableau 9 : Légende de la matrice de criticité (Source : Circulaire du 10 mai 2010)





## CHAPITRE IV. DESCRIPTION DE L'ENVIRONNEMENT DE L'INSTALLATION

Ce chapitre a pour objectif de décrire l'environnement dans la zone d'étude de l'installation, afin d'identifier les principaux intérêts à protéger (enjeux). Il est en effet nécessaire de dresser un inventaire de l'environnement de l'installation afin de caractériser les risques dans l'aire d'étude retenue (soit 500 m autour de chaque éolienne conformément à la méthodologie conservatrice de l'INERIS).

## IV.1. ENVIRONNEMENT NATUREL

### IV.1.1. CONTEXTE CLIMATIQUE

La station d'étude climatologique complète la plus proche pour caractériser le site d'étude est la **station Météo France d'Orléans (Aérodrome d'Orléans-Bricy)** située à environ 34 km au Sud-ouest du site du projet.

Le territoire est caractérisé par un **climat de type océanique altéré** : les écarts de température entre hiver et été augmentent avec l'éloignement de la mer et la pluviométrie est plus faible qu'en bord de mer, sauf aux abords des reliefs. En France, il s'agit d'une zone de transition entre le climat océanique, les climats de montagne et le climat semi-continental. Ces principales caractéristiques sont détaillées dans les paragraphes suivants.

**Les précipitations annuelles moyennes sont de l'ordre de 635,5 mm.** La répartition est relativement homogène sur l'année puisque chaque mois est toujours concerné par un total de précipitations compris entre 44,2 et 63 mm. Par ailleurs, le **nombre annuel de jours avec pluie**, c'est-à-dire le nombre de jours au cours desquels on recueille plus de 1 mm de précipitations, neige incluse, est de **109,4**.

**Les températures annuelles moyennes observées à la station de référence sont de 7°C (minimale) et 16,3°C (maximale).** Le **nombre annuel de jours de gel**, c'est-à-dire le nombre de jours au cours desquels la température descend en dessous de 0°C, est ici de **48,6<sup>3</sup>**. **Ces données sont issues de la fiche climatologique, période de 1981-2010, pour la station Météo France d'Orléans (Aérodrome d'Orléans-Bricy)<sup>4</sup>.** Le **nombre annuel de jours de chaleur**, c'est-à-dire le nombre de jours au cours desquels la température dépasse 25°C, est ici de 54,1.

Au niveau régional, le **nombre moyen de jours de tempêtes, c'est-à-dire avec vent maximal supérieur à 100 km/h, est de 0,7** (cf. normales 1991-2020).

Un mât de mesure du vent de 105 m de hauteur a été installé en avril 2022 par TotalEnergies au niveau de la zone d'implantation potentielle. **La vitesse moyenne du vent mesurée à 100 m est la suivante : entre 6,0 et 7,0 m/s. Les vents dominants présentent une orientation Nord-est.**

### IV.1.2. RISQUES NATURELS

**La zone du projet se trouve dans une zone de sismicité très faible.**

**La commune de Vrigny est répertoriée à risque de mouvements de terrain**, notamment par affaissement et effondrement (cavités souterraines hors mines), ainsi que par tassements différentiels. Néanmoins, **aucune cavité souterraine et aucun mouvement de terrain n'est recensé sur le territoire de la commune d'implantation. Seuls deux de ces éléments sont répertoriés par le BRGM dans la commune de Bouzonville-aux-Bois, à environ 900 m au Nord de l'éolienne E3.** Il s'agit d'une cavité naturelle (doline), à côté de laquelle est recensé un mouvement de terrain par affaissement/effondrement.

Les éoliennes du projet sont concernées ici par un **aléa retrait – gonflement des argiles a priori moyen. Les chemins d'accès sont quant à eux concernés par un aléa moyen à fort** (sur une portion au Sud). **Ce risque potentiel sera pris en compte, principalement au moment de l'élaboration des massifs de fondation.** En effet, une **étude géotechnique spécifique** sera réalisée après autorisation et avant construction pour établir quel type de fondation est à privilégier selon l'aléa retrait-gonflement des argiles. Les fondations peuvent être alors spécifiques à chaque machine selon la compaction et état du sol.

**Deux arrêtés de catastrophe naturelle pris sur la commune de Vrigny concernent des inondations. Néanmoins, cette commune ne fait l'objet d'aucun PPRn à ce titre**, le site du projet se situe à bonne distance des zonages des PPRi les plus proches (à plus de 11,3 km du PPRi de l'Essonne et 24,6 km du PPRi du Val d'Orléans – Val Amont).

En 2016, le bassin versant Juine Essonne Ecole a subi de violentes inondations, d'une intensité exceptionnelle. **Suite à ces événements, les acteurs locaux, en collaboration avec les services de l'Etat, ont décidé d'engager en 2020 la mise en œuvre d'un Programme d'Actions de Prévention des Inondations (PAPI) d'intention** sur l'ensemble du territoire en prévision de la mise en place d'un PAPI complet. Toutefois, le site du projet se situe à bonne distance des principaux cours d'eau du territoire d'étude (à 4,2 km à l'Est de l'Essonne et 3,3 km à l'Ouest de la Rimarde). D'autre part, selon les données présentées dans le SCoT du PETR du Pays Beauce Gâtinais en Pithiverais, le site d'étude n'a pas été touché par les violentes inondations de 2016. **Au plus proche, l'éolienne E3 s'insère à environ 180 m au Sud du Serin, un cours d'eau intermittent peu susceptible d'être responsable de phénomènes d'inondation importants.**

**Concernant le risque d'inondation par remontée de nappe, on peut constater sur la base de la cartographie mise en place par le BRGM que l'implantation ne présente a priori aucun risque.** Il sera néanmoins pris en compte, principalement au moment de l'élaboration des massifs de fondation.

**Le département n'est pas concerné par des risques de foudroiement élevés.**

**Le site d'étude ne se situe pas sur une commune soumise au risque incendie.**

<sup>3</sup> Les installations éoliennes sont aujourd'hui équipées d'un système de détection de glace sur les pales permettant de stopper le rotor et d'éviter les risques de projection.

<sup>4</sup> Fiche climatologique avec localisation : [https://donneespubliques.meteofrance.fr/?fond=produit&id\\_produit=117&id\\_rubrique=39](https://donneespubliques.meteofrance.fr/?fond=produit&id_produit=117&id_rubrique=39)

## IV.2. ENVIRONNEMENT HUMAIN

### IV.2.1. ZONES URBANISEES

Les habitations les plus proches du projet sont les suivantes :

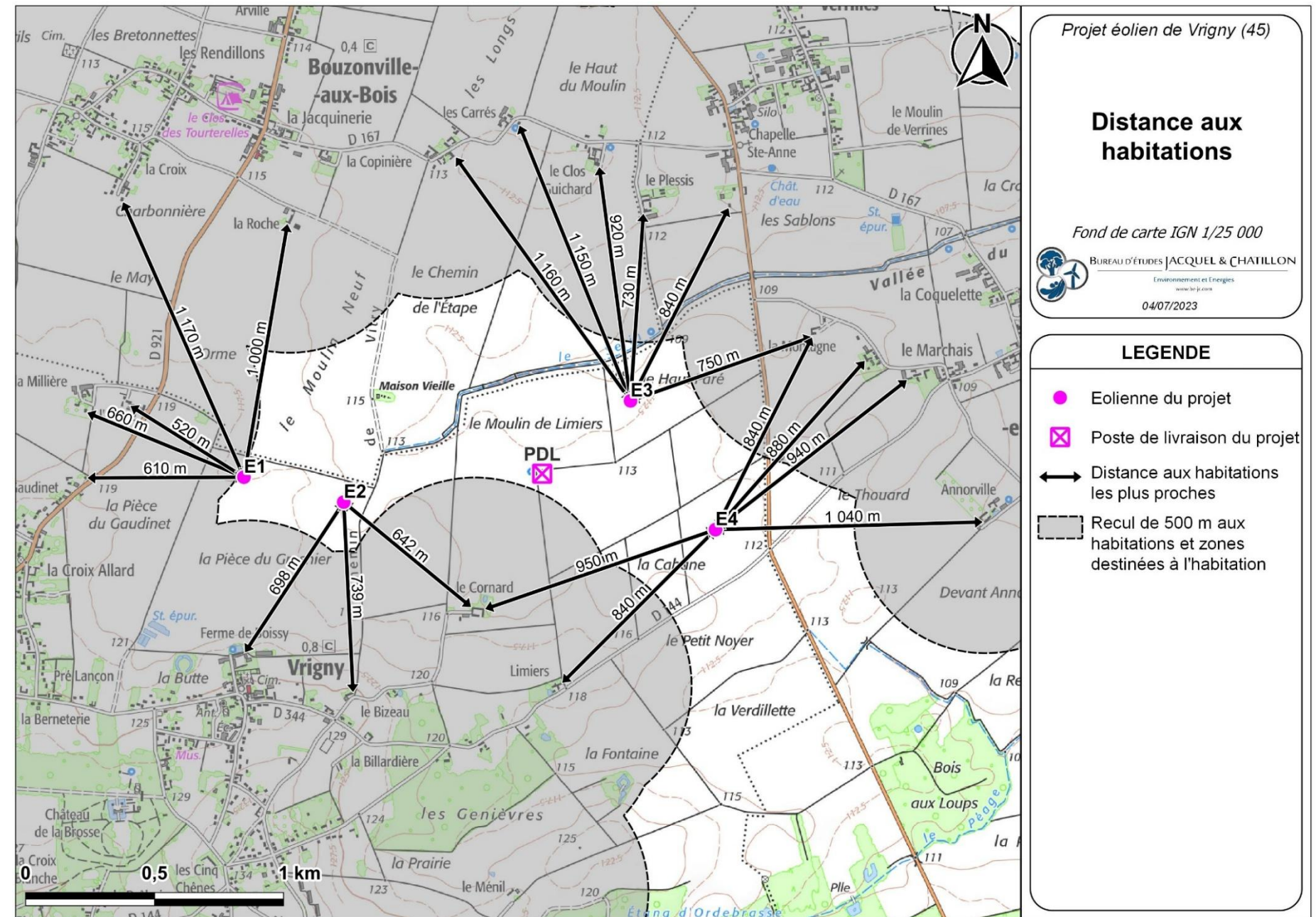
- La ferme isolée de l'Orme située à environ 520 m au Nord-ouest de l'éolienne E1,
- L'habitat du Gaudinet situé à environ 610 m à l'Ouest de l'éolienne E1,
- La ferme isolée de la Milière située à environ 660 m à l'Ouest de l'éolienne E1,
- La ferme isolée du Cornard située à environ 642 m au Sud-est de l'éolienne E2.

Aucun autre habitat isolé n'est identifié en deçà de cette distance par rapport aux éoliennes (Voir Carte 5).

La distance des éoliennes aux zones urbanisées et urbanisables dépasse donc les 500 m en toutes circonstances.

De plus, les éoliennes du projet sont exclusivement envisagées en zone Agricole (A) du Plan Local d'Urbanisme de la commune de Vrigny (approuvé le 07/02/2005), qui autorise « les constructions et installations nécessaires aux services publics ou d'intérêt collectif ». De nombreux projets éoliens sont considérés par la jurisprudence<sup>5</sup> comme des installations nécessaires à des équipements collectifs et les éoliennes ne présentent pas d'incompatibilité avec l'exercice d'activités agricoles.

Le projet sera donc compatible avec les dispositions du PLU de la commune d'implantation.



Carte 5 : Habitations les plus proches du projet (Source : BE Jacquel et Chatillon)

<sup>5</sup> Décision du Conseil d'Etat du 13 juillet 2012.



#### IV.2.2. ÉTABLISSEMENTS RECEVANT DU PUBLIC

**Aucun établissement recevant du public n'est recensé dans un périmètre de 500 m autour du projet.** Le site est en effet quasiment exclusivement dédié aux activités agricoles.

L'offre touristique de l'aire d'étude éloignée apparaît relativement diversifiée : on y recense un certain nombre d'activités nature (forêt domaniale d'Orléans, Parc Naturel Régional (PNR) du Gâtinais Français, sentiers de randonnées, voies cyclables ...) et de découverte du patrimoine (Yèvre le Châtel, présence de nombreux châteaux à visiter...). Néanmoins, aucun élément touristique n'est recensé dans l'aire d'étude immédiate. **L'attrait touristique ne se fait que faiblement ressentir sur la commune du projet qui ne dispose d'aucune structure d'hébergement.**

#### IV.2.3. INSTALLATIONS CLASSEES POUR LA PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT ET INSTALLATIONS NUCLEAIRES DE BASE

Aucune installation SEVESO ou nucléaire de base (INB) n'est présente dans les limites de la zone d'étude (500 m autour des éoliennes). **L'installation classée la plus proche est le site logistique de Carol (stockage de vêtements), situé dans la commune d'Ascoux à environ 2,7 km au Nord de l'éolienne E3.** D'autres installations classées sont également recensées mais à plusieurs kilomètres du projet. Toutes se situent au-delà de 500 m des éoliennes du projet, écartant tout risque potentiel.



## IV.3. ENVIRONNEMENT MATERIEL

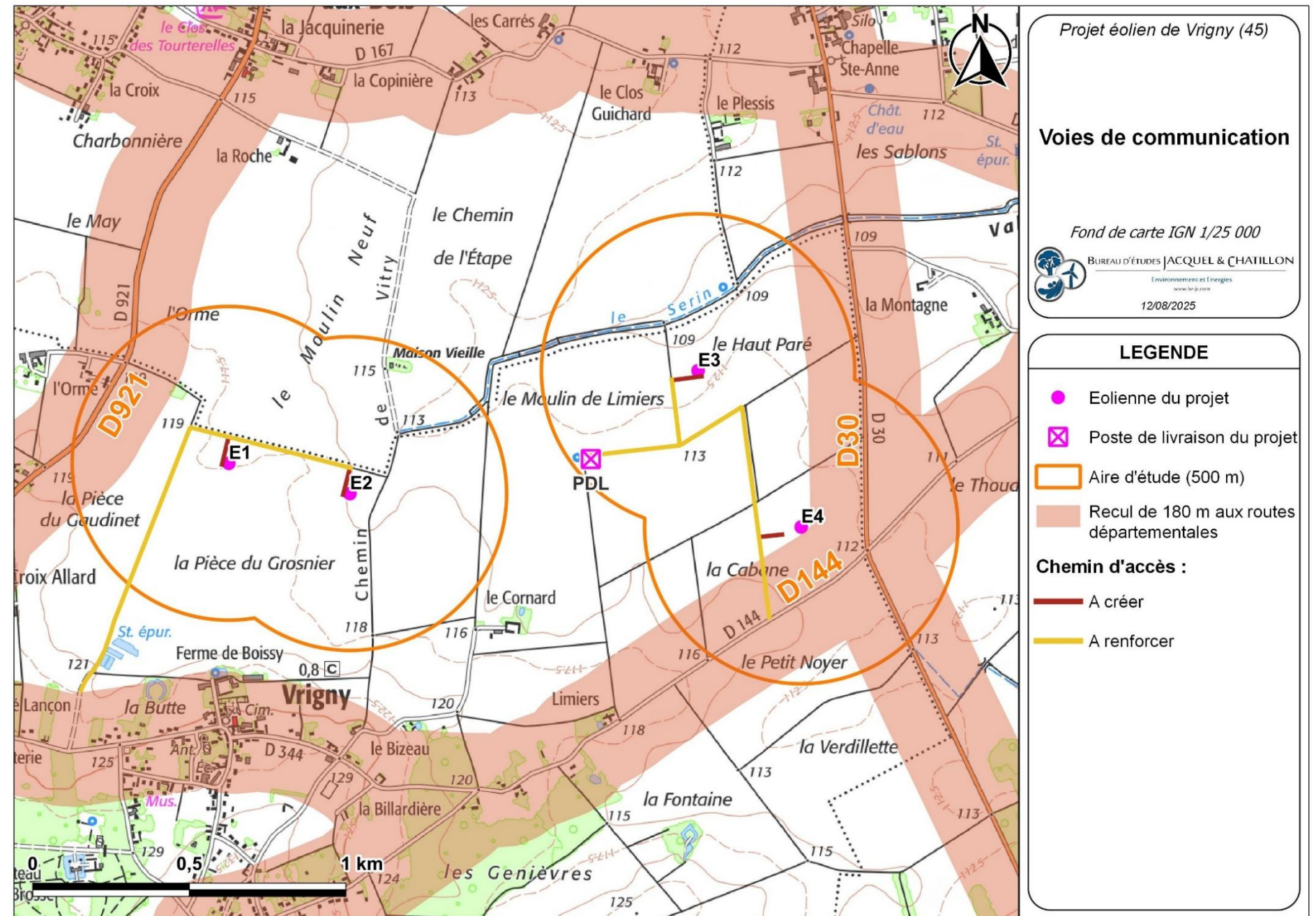
### IV.3.1. VOIES DE COMMUNICATION

Parmi les voies de communication présentes autour du projet, **un axe structurant** a été identifié dans l'aire d'étude de 500 m de l'éolienne E1 : il s'agit de la D921, qui passe à environ 440 m de E1 au plus proche et comptabilisait 5 558 véhicules/jour en 2023 (dont 317 poids lourds). Les données sont extraites du Système d'Information Géographique du Loiret (SQIGLO), via le site internet suivant : <https://geoloiret.loiret-numerique.fr/apps/referentiel/routes45.htm>. Toutefois, aucune autoroute ou route nationale ne traverse le périmètre de 500 m autour des éoliennes du projet.

Deux autres routes départementales ont été identifiées dans l'aire d'étude de 500 m de l'éolienne E4 : il s'agit de la D30 (qui passe à environ 200 m de E4 au plus proche et comptabilisait 1 760 véhicules/jour en 2021) et la D144 (qui passe à environ 190 m de E4 et comptabilisait 483 véhicules/jour en 2021). Ces axes non structurants (moins de 2 000 véhicules/jour) seront donc comptabilisés dans la catégorie des « *terrains aménagés mais peu fréquentés* » dans la détermination des zones à enjeux (conformément à la méthodologie détaillée en Annexe II).

Dans son courrier du 25/05/2022, le département du Loiret a informé le pétitionnaire que le site d'étude « *n'est pas grevé de servitudes* ». Néanmoins, lors d'une rencontre avec TotalEnergies, le Conseil départemental a préconisé le respect d'un recul minimal de la taille d'une éolienne en bout de pale vis-à-vis des routes départementales, soit 180 m dans le cadre du projet éolien de Vrigny. Toutes les éoliennes du projet respectent ce recul minimal : au plus proche, l'éolienne E4 est projetée à environ 190 m de la D144 et à 200 m de la D30.

Toutes les autres voies comprises dans l'aire d'étude, à savoir les chemins agricoles ou les routes communales, sont prises en compte dans l'étude de dangers dans la catégorie des « *terrains aménagés mais peu fréquentés* » dans la détermination des zones à enjeux. Notons enfin qu'**aucun chemin de Grande Randonnée ne traverse l'aire d'étude de 500 m**.



Carte 6 : Voies de communication (Source : BE Jacquel et Chatillon)



IV.3.2. CIRCULATION AERONAUTIQUE ET SERVITUDES RADARS

L’avis RADEOL (Météo France) a été obtenu le 4 juillet 2025. Le radar le plus proche du réseau ARAMIS se trouve sur la commune de Trappes (78,04 km) soit au-delà de la zone de 30 km. Le site d’implantation potentielle se trouve donc **hors des zones réglementées concernant les radars météorologiques**.

D’autre part, l’Armée et la **Direction Générale de l’Aviation Civile (DGAC)** ont été consultées par le porteur du projet. A ce jour, **ces courriers n’ont fait l’objet d’aucune réponse formelle**, néanmoins celles-ci seront à nouveau consultées dans le cadre de l’instruction de la demande d’Autorisation Environnementale.

On peut d’ores et déjà préciser que le porteur du projet mettra en place un balisage diurne et nocturne conformément à l’arrêté du 23 avril 2018 modifié par l’arrêté du 29 mars 2022 relatif à la réalisation du balisage des obstacles à la navigation aérienne.

IV.3.3. RESEAUX

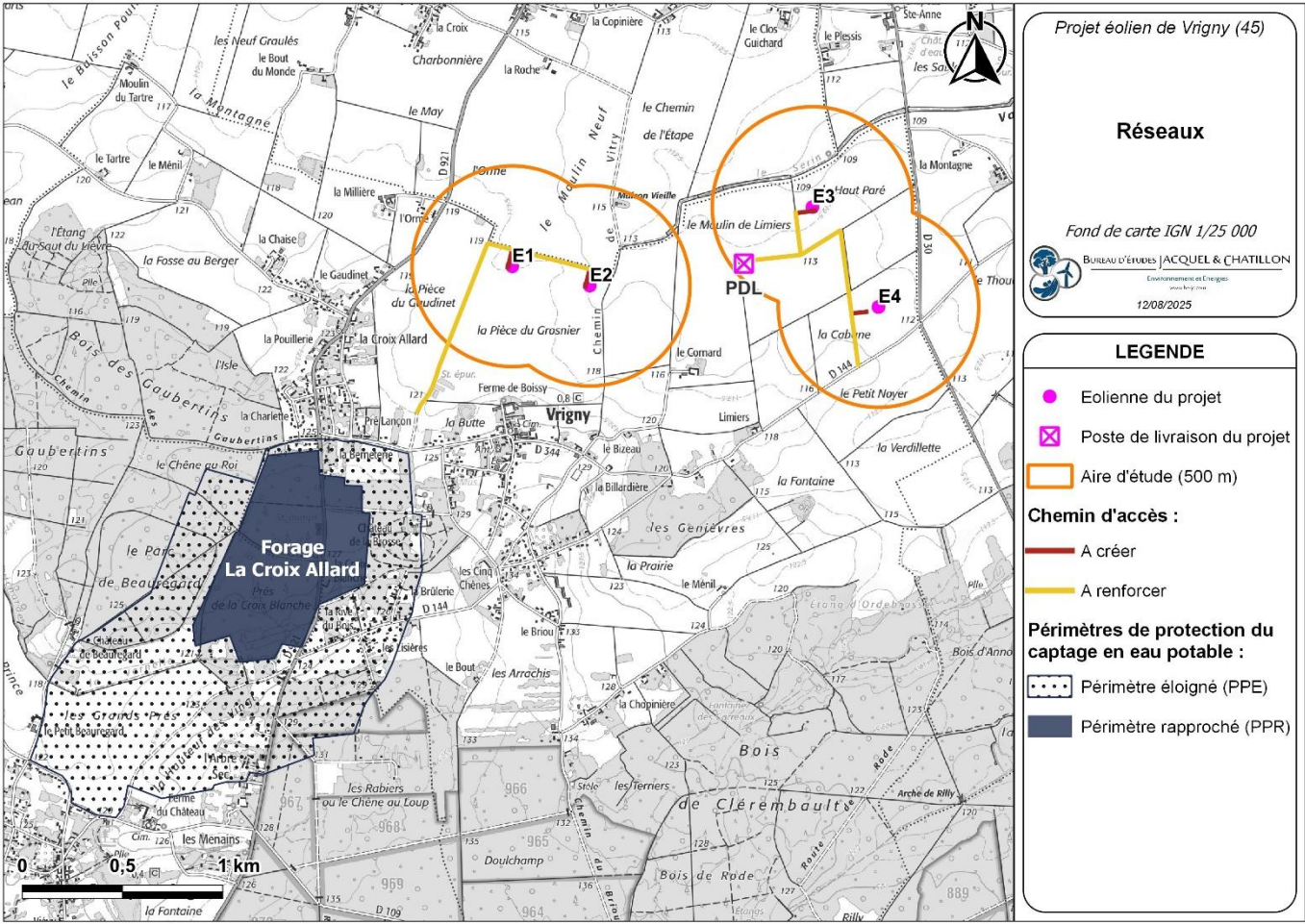
D’après le site internet mis à disposition par l’ARS (<https://carto.atlasante.fr>), un captage d’alimentation en eau potable (AEP) est recensé à proximité du site du projet : il s’agit du **forage « La Croix Allard »** situé sur la commune de **Vrigny**, alimentant en eau potable les communes de Courcy-aux-Loges et Vrigny. **Néanmoins, aucun des périmètres de protection de ce captage AEP ne recoupe la zone d’implantation du projet** (Carte 7).

Dans son courrier du 17/06/2022, le **Secrétariat général pour l’Administration du Ministère de l’Intérieur (SGAMI)** a **donné un avis favorable au projet**, informant le pétitionnaire que celui-ci est éloigné de toute infrastructure du Ministère de l’Intérieur.

D’autre part, le **projet ne perturbe pas les réseaux de transmission hertziens Bouygues Telecom** (courrier du 25/07/2022), **Free** (mail du 19/05/2022), **Orange** (mail du 18/05/2022) et **SFR** (mail du 23/05/2022).

Dans son courrier du 02/06/2022, **GRT Gaz a donné un avis favorable au projet**, précisant que la zone d’implantation potentielle est suffisamment éloignée des ouvrages de transport de gaz naturel haute pression.

Enfin, dans son courrier du 25/05/2022, le département du Loiret a informé le pétitionnaire que **le site du projet « n’est pas grevé de servitudes »**.



Carte 7 : Réseaux (Source : BE Jacquel et Chatillon)



## IV.4. CARTOGRAPHIE DES ZONES A ENJEUX

---

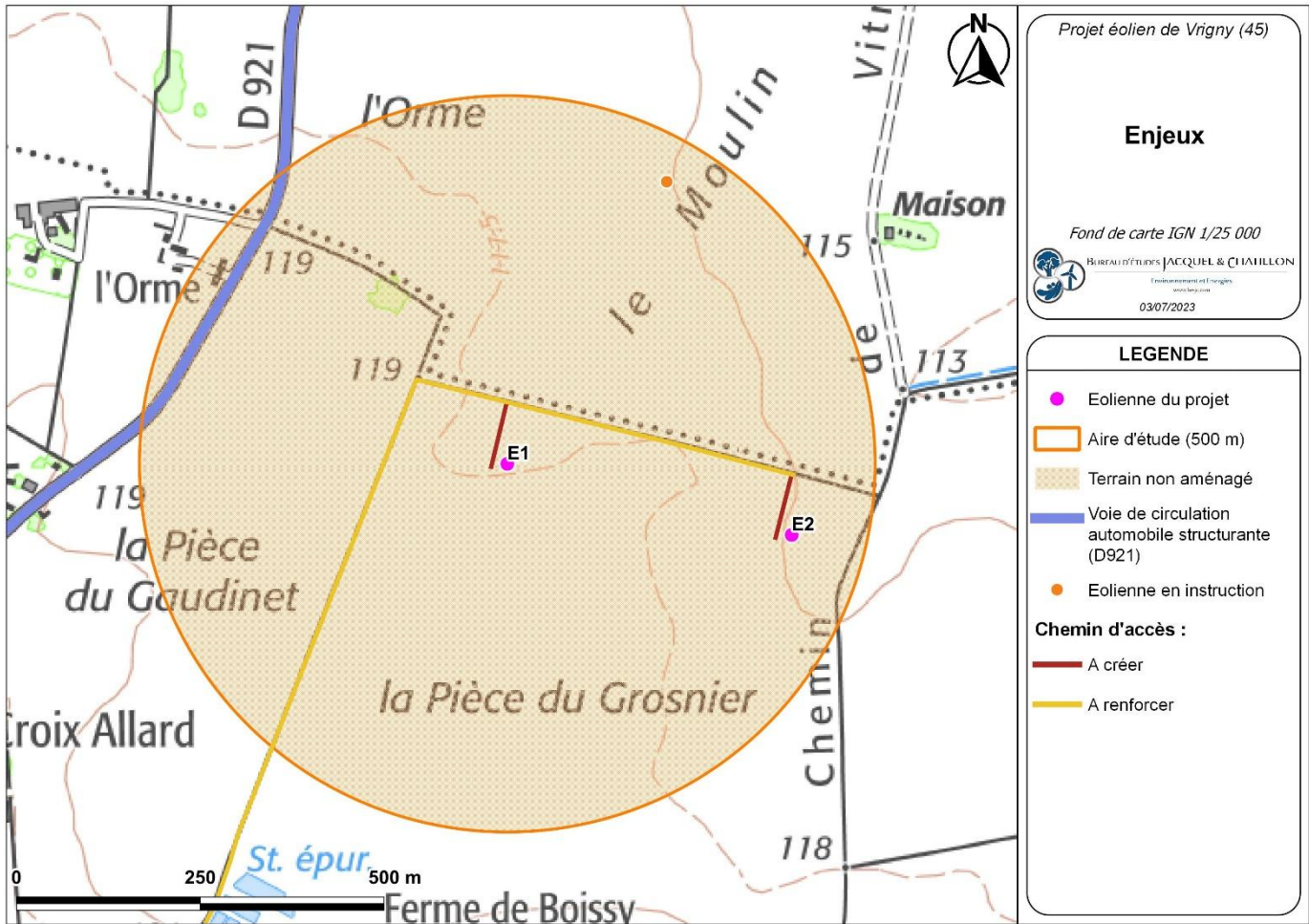
En conclusion de ce chapitre, une cartographie de synthèse autour de chaque aérogénérateur est présentée (cf. pages suivantes) permettant d'identifier les enjeux à protéger (population exposée, biens, infrastructures...) dans la zone d'étude de 500 m (zone d'effet la plus étendue autour de l'éolienne qui correspond au risque de projection d'une pale ou de fragment de pale, soit  $\pi \times 500^2 = 785\,398 \text{ m}^2$  ou 78.54 ha).

Pour cela, conformément à la méthodologie du guide de l'INERIS, plusieurs paramètres sont pris en compte (terrains aménagés, voies structurantes, etc.) afin de calculer le **nombre de personnes permanentes** à retenir pour chaque éolienne dans la zone d'effet définie.

*Remarque : La méthode de comptage des enjeux humains dans chaque secteur se base sur la fiche n°1 de la circulaire du 10 mai 2010 relative aux règles méthodologiques applicables aux études de dangers.*



IV.4.1. ZONES A ENJEUX AUTOUR DE L'ÉOLIENNE N°1



Carte 8 : Éolienne n°1 – Zones à enjeux (Source : BE Jacquiel et Chatillon)

« Terrains non aménagés et très peu fréquentés (champs, prairies, forêts, friches, marais...) » au sein de l'aire d'étude : 77,58 ha (champs).

- Avec 1 personne comptée par tranche de 100 ha, on compte donc 0,776 personne.

« Terrains aménagés mais peu fréquentés (voies de circulation non structurantes (< 2 000 véhicules/jour), chemins agricoles, plates-formes de stockage, vignes, jardins et zones horticoles, gares de triage...) » au sein de l'aire d'étude : 0,96 ha (2 132 m de chemins agricoles de 4,5 m de largeur maximale).

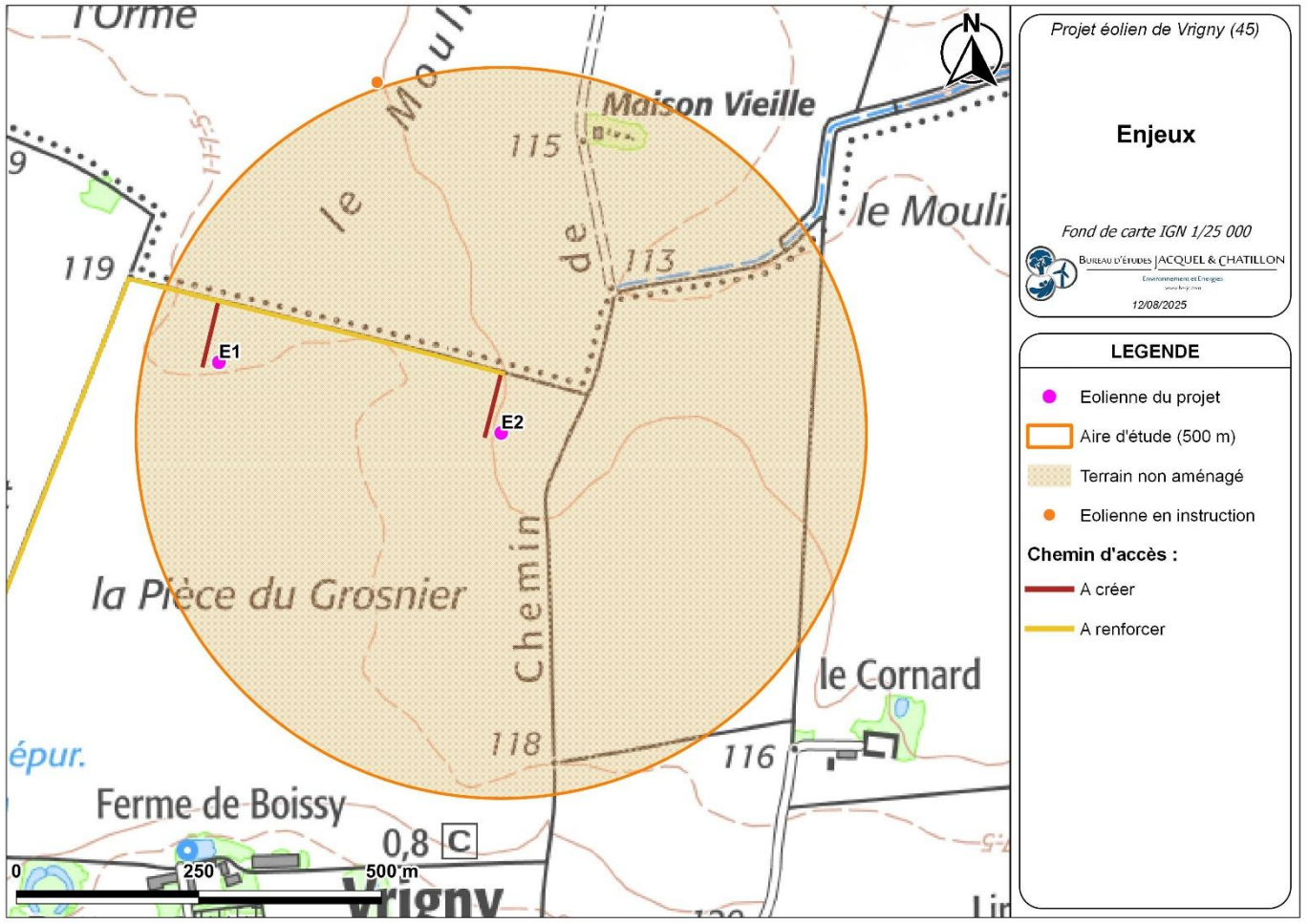
- Avec 1 personne comptée par tranche de 10 ha, on compte donc 0,096 personne.

« Voies de circulation automobile structurantes » au sein de l'aire d'étude : 392 m (D921 qui comptabilisait 5 558 véhicules/jour en 2023).

- Avec 0,4 personne comptée par kilomètre exposé par tranche de 100 véhicules/jour, compte donc 8,715 personnes.

**On totalise donc environ (arrondi à la décimale supérieure) 9,6 personnes permanentes dans la zone d'effet de 500 m sur l'éolienne n°1.**

IV.4.2. ZONES A ENJEUX AUTOUR DE L'ÉOLIENNE N°2



Carte 9 : Éolienne n°2 – Zones à enjeux (Source : BE Jacquiel et Chatillon)

« Terrains non aménagés et très peu fréquentés (champs, prairies, forêts, friches, marais...) » au sein de l'aire d'étude : 77,28 ha (champs).

- Avec 1 personne comptée par tranche de 100 ha, on compte donc 0,776 personne.

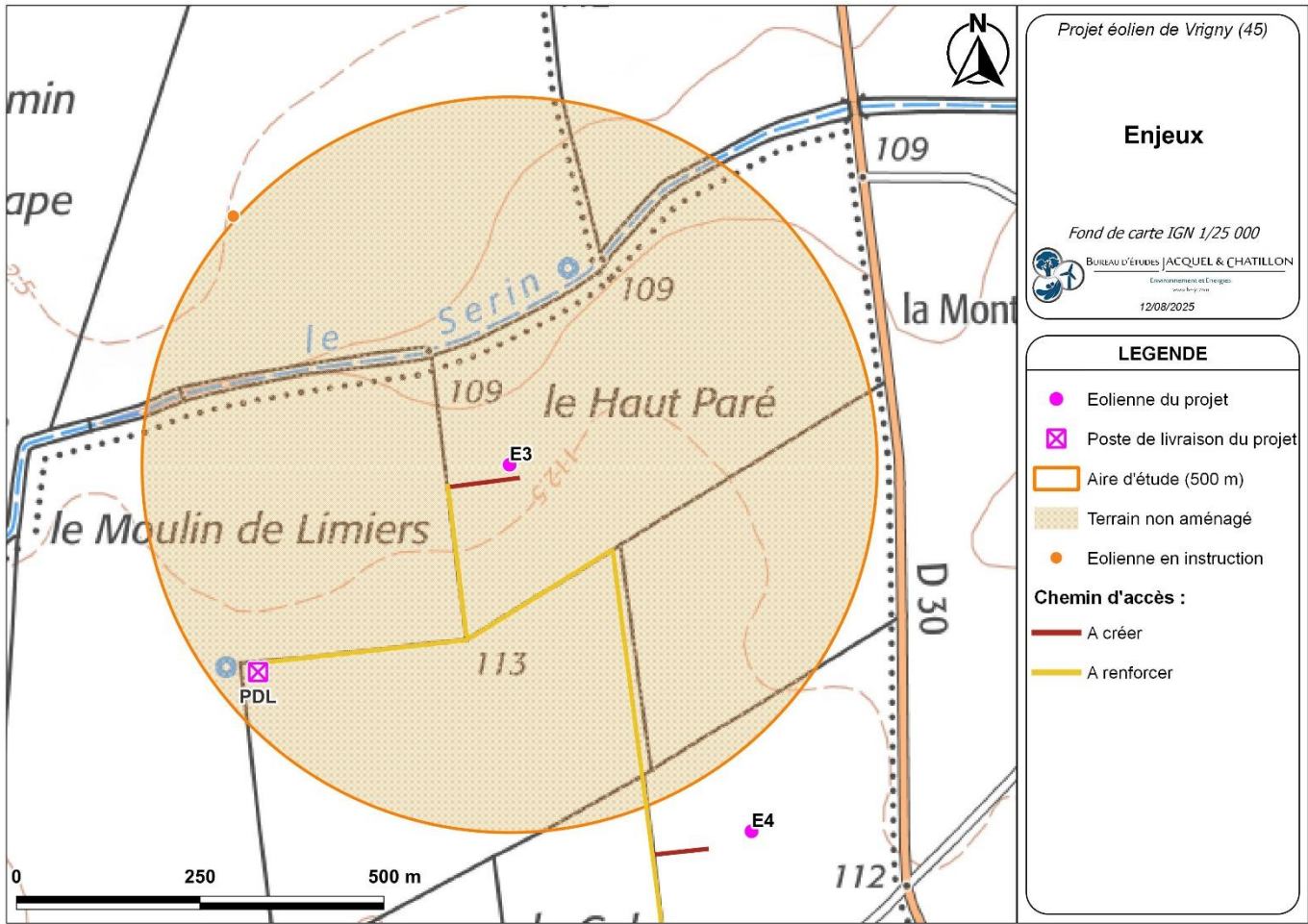
« Terrains aménagés mais peu fréquentés (voies de circulation non structurantes (< 2 000 véhicules/jour), chemins agricoles, plates-formes de stockage, vignes, jardins et zones horticoles, gares de triage...) » au sein de l'aire d'étude : 1,26 ha (2 805 m de chemins agricoles de 4,5 m de largeur maximale).

- Avec 1 personne comptée par tranche de 10 ha, on compte donc 0,126 personne.

**On totalise donc environ (arrondi à la décimale supérieure) 0,9 personne permanente dans la zone d'effet de 500 m sur l'éolienne n°2.**



#### IV.4.3. ZONES A ENJEUX AUTOUR DE L'ÉOLIENNE N°3



Carte 10 : Éolienne n°3 – Zones à enjeux (Source : BE Jacquel et Chatillon)

« Terrains non aménagés et très peu fréquentés (champs, prairies, forêts, friches, marais...) » au sein de l'aire d'étude : 76,44 ha (champs).

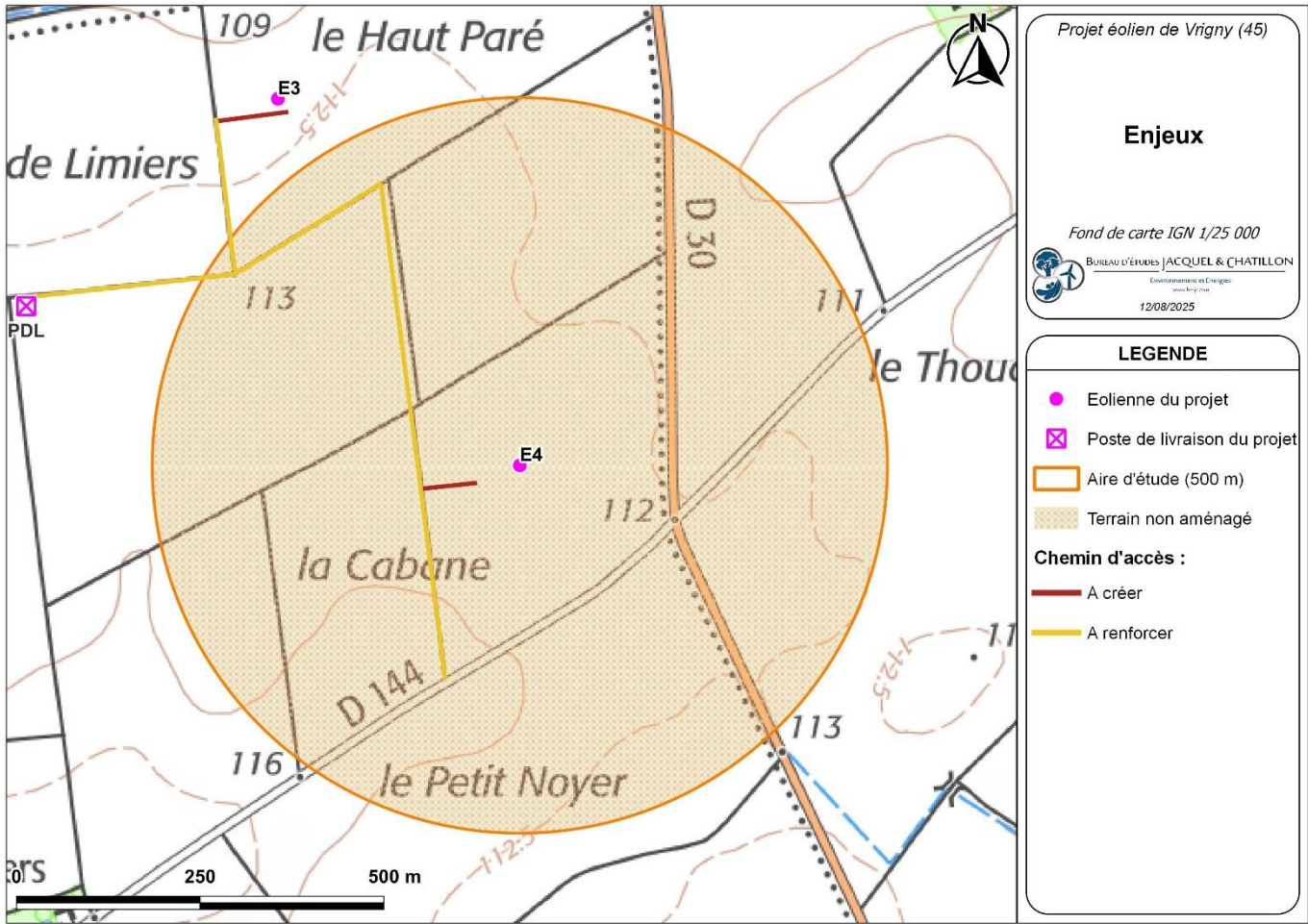
- Avec 1 personne comptée par tranche de 100 ha, on compte donc 0,764 personne.

« Terrains aménagés mais peu fréquentés (voies de circulation non structurantes (< 2 000 véhicules/jour), chemins agricoles, plates-formes de stockage, vignes, jardins et zones horticoles, gares de triage...) » au sein de l'aire d'étude : 2,10 ha (4 673 m de chemins agricoles 4,5 m de largeur maximale).

- Avec 1 personne comptée par tranche de 10 ha, on compte donc 0,210 personne.

**On totalise donc environ (arrondi à la décimale supérieure) 1,0 personne permanente dans la zone d'effet de 500 m sur l'éolienne n°3.**

#### IV.4.4. ZONES A ENJEUX AUTOUR DE L'ÉOLIENNE N°4



Carte 11 : Éolienne n°4 – Zones à enjeux (Source : BE Jacquel et Chatillon)

« Terrains non aménagés et très peu fréquentés (champs, prairies, forêts, friches, marais...) » au sein de l'aire d'étude : 76,61 ha (champs).

- Avec 1 personne comptée par tranche de 100 ha, on compte donc 0,766 personne.

« Terrains aménagés mais peu fréquentés (voies de circulation non structurantes (< 2 000 véhicules/jour), chemins agricoles, plates-formes de stockage, vignes, jardins et zones horticoles, gares de triage...) » au sein de l'aire d'étude : 1,93 ha (2 486 m de chemins agricoles 4,5 m de largeur maximale, 850 m de la D30 qui comptabilisait 2 050 véhicules/jour en 2023 et 965 m de la D144 qui comptabilisait 528 véhicules/jour en 2023).

- Avec 1 personne comptée par tranche de 10 ha, on compte donc 0,193 personne.

**On totalise donc environ (arrondi à la décimale supérieure) 1,0 personne permanente dans la zone d'effet de 500 m sur l'éolienne n°4.**

## **CHAPITRE V. RESULTATS DE L'ANALYSE DES RISQUES**



V.1. SYNTHÈSE DES SCÉNARIOS RETENUS

Le Tableau 10 synthétise les scénarios étudiés et reprend chaque paramètre évalué dans la caractérisation du niveau de risque (pour chaque phénomène : zone d’effet, cinétique, intensité, gravité, probabilité, acceptabilité du risque).

| Scénario                                  | Zone d’effet                                                            | Intensité          | Personnes permanentes comptées                                                      | Gravité                                                                                  | Probabilité  | Niveau de risque                             |
|-------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|--------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|----------------------------------------------|
| Effondrement de l’éolienne                | Rayon de 180 m<br><i>(hauteur totale de l’éolienne en bout de pale)</i> | Exposition forte   | < 1 personne pour toutes les éoliennes                                              | Gravité modérée pour toutes les éoliennes                                                | Classe « D » | Risque très faible pour toutes les éoliennes |
| Chute de glace                            | Rayon de 74,5 m<br><i>(zone de survol des pales)</i>                    | Exposition modérée | < 1 personne pour toutes les éoliennes                                              | Gravité modérée pour toutes les éoliennes                                                | Classe « A » | Risque faible pour toutes les éoliennes      |
| Chute d’élément de l’éolienne             | Rayon de 74,5 m<br><i>(zone de survol des pales)</i>                    | Exposition modérée | < 1 personne pour toutes les éoliennes                                              | Gravité modérée pour toutes les éoliennes                                                | Classe « C » | Risque très faible pour toutes les éoliennes |
| Projection de pale ou de fragment de pale | Rayon de 500 m                                                          | Exposition modérée | < 10 personnes pour l’éolienne E1 et < 1 personne pour les autres éoliennes du parc | Gravité sérieuse pour l’éolienne E1 et gravité modérée pour les autres éoliennes du parc | Classe « D » | Risque très faible pour toutes les éoliennes |
| Projection de glace                       | Rayon de 381 m<br><i>(1,5 × (H + 2 × R))</i>                            | Exposition modérée | < 1 personne pour toutes les éoliennes                                              | Gravité modérée pour toutes les éoliennes                                                | Classe « B » | Risque très faible pour toutes les éoliennes |

Tableau 10 : Synthèse des scénarios retenus (Source : d’après l’INERIS)

V.2. SYNTHÈSE DE L’ACCEPTABILITÉ DES RISQUES

Le Tableau 11 conclut sur l’acceptabilité des risques pour chaque scénario étudié, conformément à la matrice de criticité reprise dans la circulaire du 10 mai 2010 mentionnée précédemment.

| Gravité        | Classe de probabilité |                                                                                                                                   |                               |                     |                |
|----------------|-----------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|---------------------|----------------|
|                | E                     | D                                                                                                                                 | C                             | B                   | A              |
| Désastreuse    |                       |                                                                                                                                   |                               |                     |                |
| Catastrophique |                       |                                                                                                                                   |                               |                     |                |
| Importante     |                       |                                                                                                                                   |                               |                     |                |
| Sérieuse       |                       | Projection de pale ou de fragment de pale pour l’éolienne E1                                                                      |                               |                     |                |
| Modérée        |                       | Projection de pale ou de fragment de pale pour les éoliennes E2, E3 et E4<br>Effondrement de l’éolienne pour toutes les éoliennes | Chute d’élément de l’éolienne | Projection de glace | Chute de glace |

Tableau 11 : Matrice de criticité (Source : Circulaire du 10 mai 2010)

| Niveau de risque   | Acceptabilité du risque |
|--------------------|-------------------------|
| Risque très faible | Acceptable              |
| Risque faible      | Acceptable              |
| Risque important   | Non acceptable          |

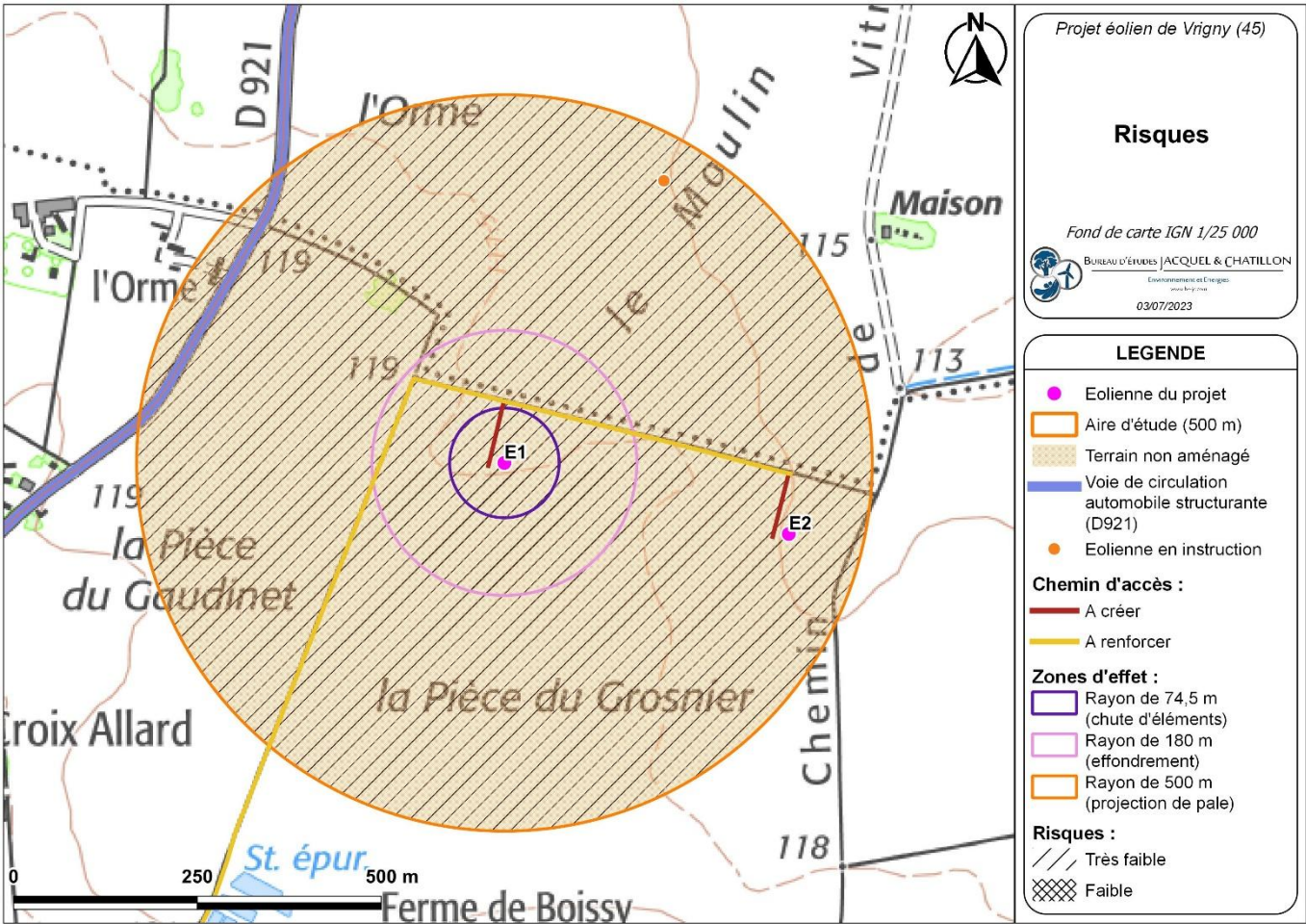
Tableau 12 : Légende de la matrice de criticité (Source : Circulaire du 10 mai 2010)

Il apparaît donc que, selon la matrice de criticité, tous les phénomènes dangereux retenus présentent un niveau de risque acceptable pour toutes les éoliennes de ce projet. Par ailleurs, des mesures de sécurité sont mises en place pour limiter le risque d’occurrence de ces risques (cf. Chapitre VI).

En conclusion de l’étude détaillée des risques, une cartographie de synthèse est présentée permettant d’identifier les enjeux, la zone d’effet pour chaque scénario retenu, et le niveau de risque dans chacune de ces zones.



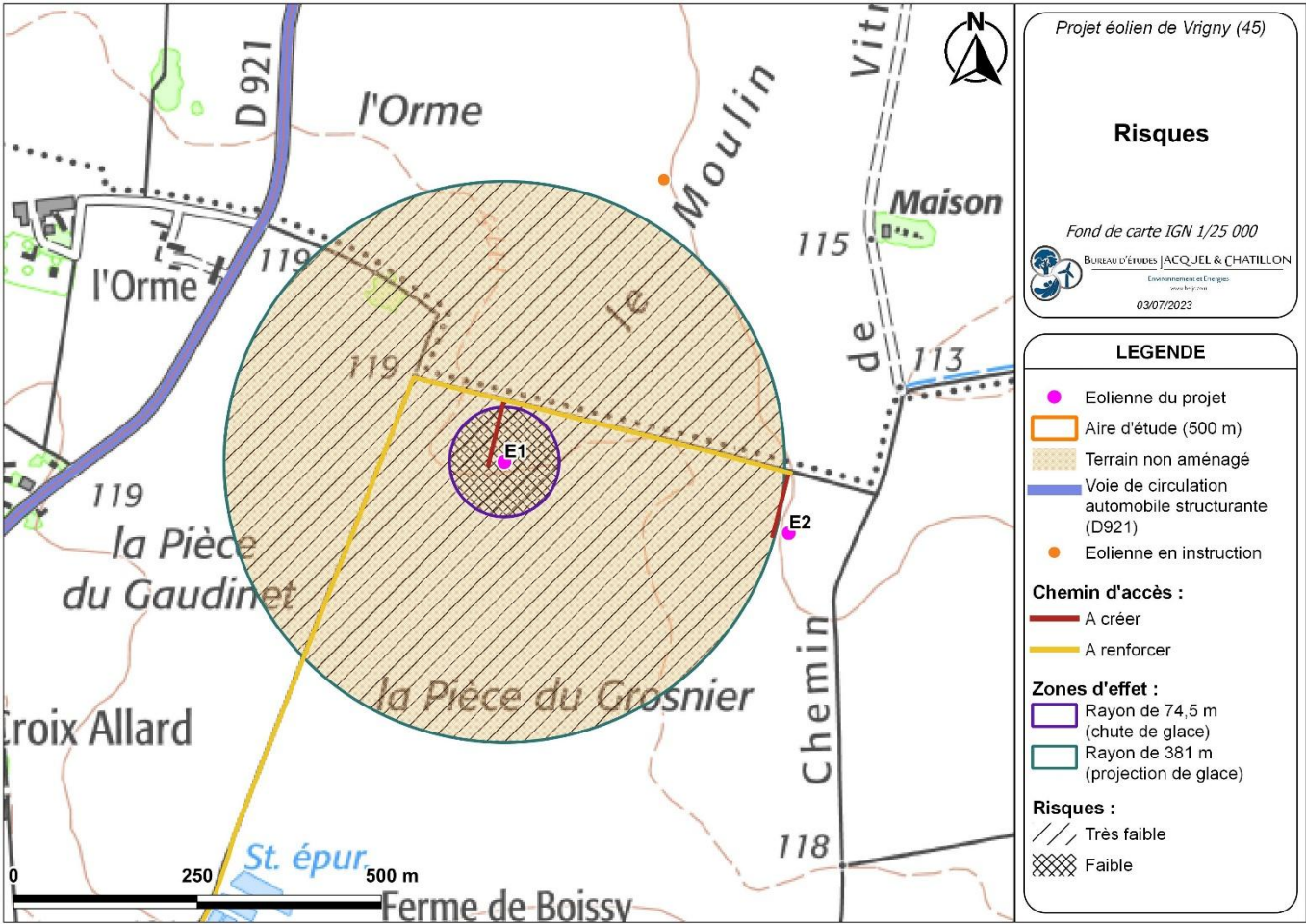
V.2.1.1. Cartographie des risques pour l'éolienne n°1



Carte 12 : Éolienne n°1 – Risques liés à l'effondrement de l'éolienne, à la chute d'élément de l'éolienne, et à la projection de pale ou de fragment de pale (Source : BE Jacquel et Chatillon)

| Scénario                                  | Zone d'effet                                                     | Intensité          | Personnes permanentes comptées | Gravité          | Probabilité  | Niveau de risque                |
|-------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|--------------------|--------------------------------|------------------|--------------|---------------------------------|
| Effondrement de l'éolienne                | Rayon de 180 m<br>(hauteur totale de l'éolienne en bout de pale) | Exposition forte   | < 1 personne                   | Gravité modérée  | Classe « D » | Risque très faible (acceptable) |
| Chute d'élément de l'éolienne             | Rayon de 74,5 m<br>(zone de survol des pales)                    | Exposition modérée | < 1 personne                   | Gravité modérée  | Classe « C » | Risque très faible (acceptable) |
| Projection de pale ou de fragment de pale | Rayon de 500 m                                                   | Exposition modérée | < 10 personne                  | Gravité sérieuse | Classe « D » | Risque très faible (acceptable) |

Tableau 13 : Éolienne n°1 – Risques liés à l'effondrement de l'éolienne, à la chute d'élément de l'éolienne, et à la projection de pale ou de fragment de pale (Source : d'après l'INERIS)



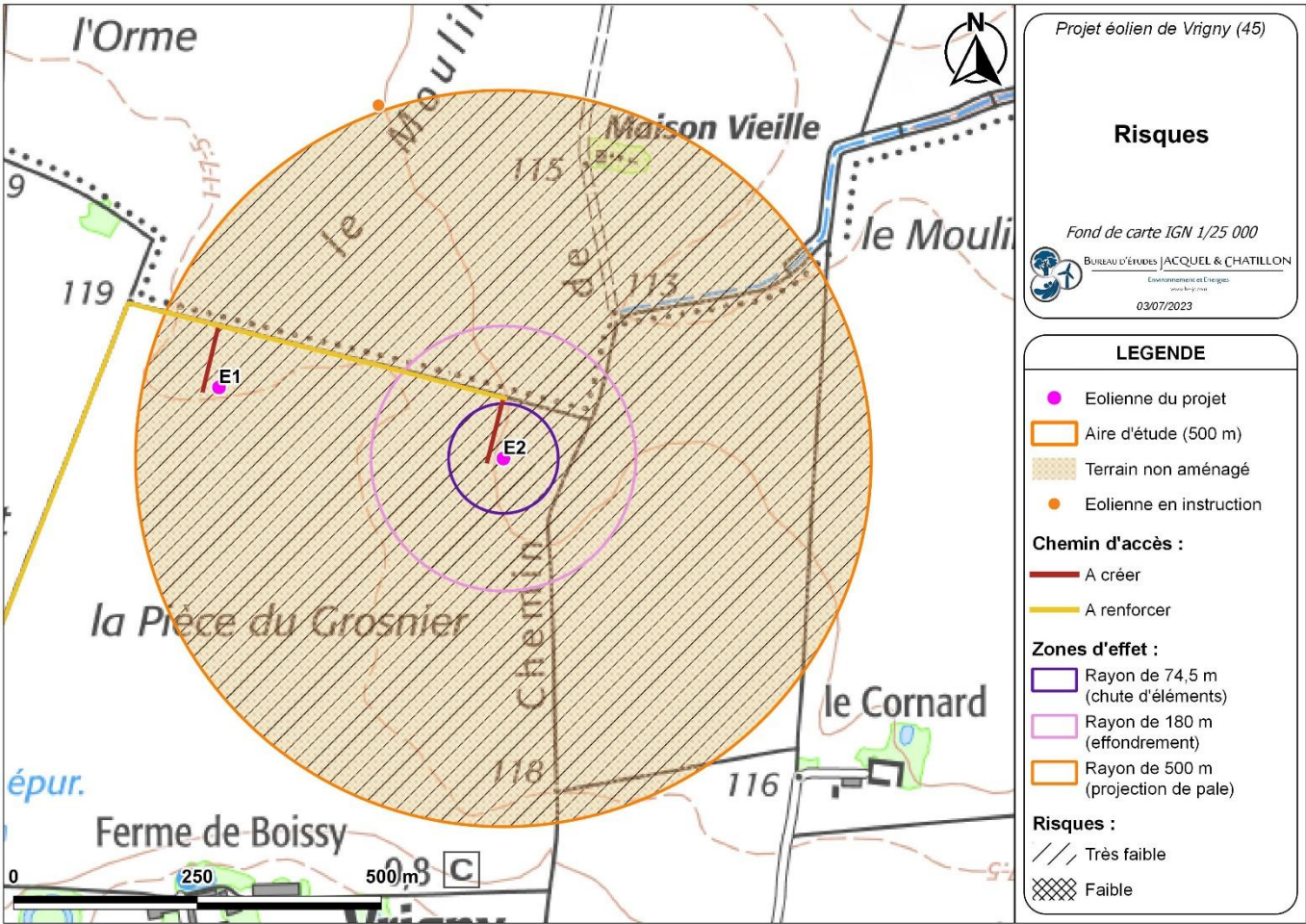
Carte 13 : Éolienne n°1 – Risques liés à la chute et à la projection de glace (Source : BE Jacquel et Chatillon)

| Scénario            | Zone d'effet                                  | Intensité          | Personnes permanentes comptées | Gravité         | Probabilité  | Niveau de risque                |
|---------------------|-----------------------------------------------|--------------------|--------------------------------|-----------------|--------------|---------------------------------|
| Chute de glace      | Rayon de 74,5 m<br>(zone de survol des pales) | Exposition modérée | < 1 personne                   | Gravité modérée | Classe « A » | Risque faible (acceptable)      |
| Projection de glace | Rayon de 381 m<br>(1.5 x (H + 2 x R))         | Exposition modérée | < 1 personne                   | Gravité modérée | Classe « B » | Risque très faible (acceptable) |

Tableau 14 : Éolienne n°1 – Risques liés à la chute et à la projection de glace (Source : d'après l'INERIS)



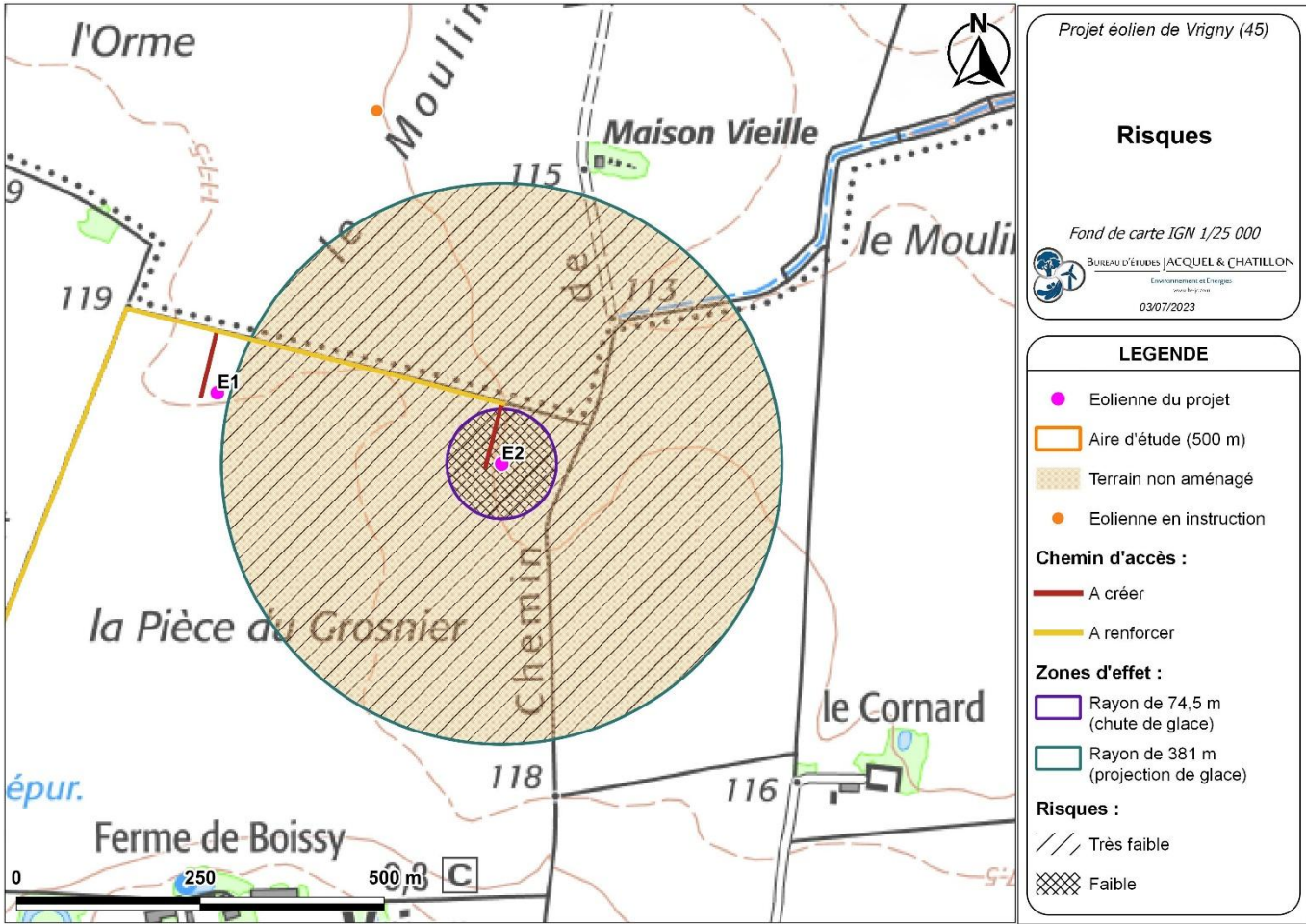
V.2.1.2. Cartographie des risques pour l'éolienne n°2



Carte 14 : Éolienne n°2 – Risques liés à l'effondrement de l'éolienne, à la chute d'élément de l'éolienne, et à la projection de pale ou de fragment de pale (Source : BE Jacquel et Chatillon)

| Scénario                                  | Zone d'effet                                                     | Intensité          | Personnes permanentes comptées | Gravité         | Probabilité  | Niveau de risque                |
|-------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|--------------------|--------------------------------|-----------------|--------------|---------------------------------|
| Effondrement de l'éolienne                | Rayon de 180 m<br>(hauteur totale de l'éolienne en bout de pale) | Exposition forte   | < 1 personne                   | Gravité modérée | Classe « D » | Risque très faible (acceptable) |
| Chute d'élément de l'éolienne             | Rayon de 74,5 m<br>(zone de survol des pales)                    | Exposition modérée | < 1 personne                   | Gravité modérée | Classe « C » | Risque très faible (acceptable) |
| Projection de pale ou de fragment de pale | Rayon de 500 m                                                   | Exposition modérée | < 1 personne                   | Gravité modérée | Classe « D » | Risque très faible (acceptable) |

Tableau 15 : Éolienne n°2 – Risques liés à l'effondrement de l'éolienne, à la chute d'élément de l'éolienne, et à la projection de pale ou de fragment de pale (Source : d'après l'INERIS)



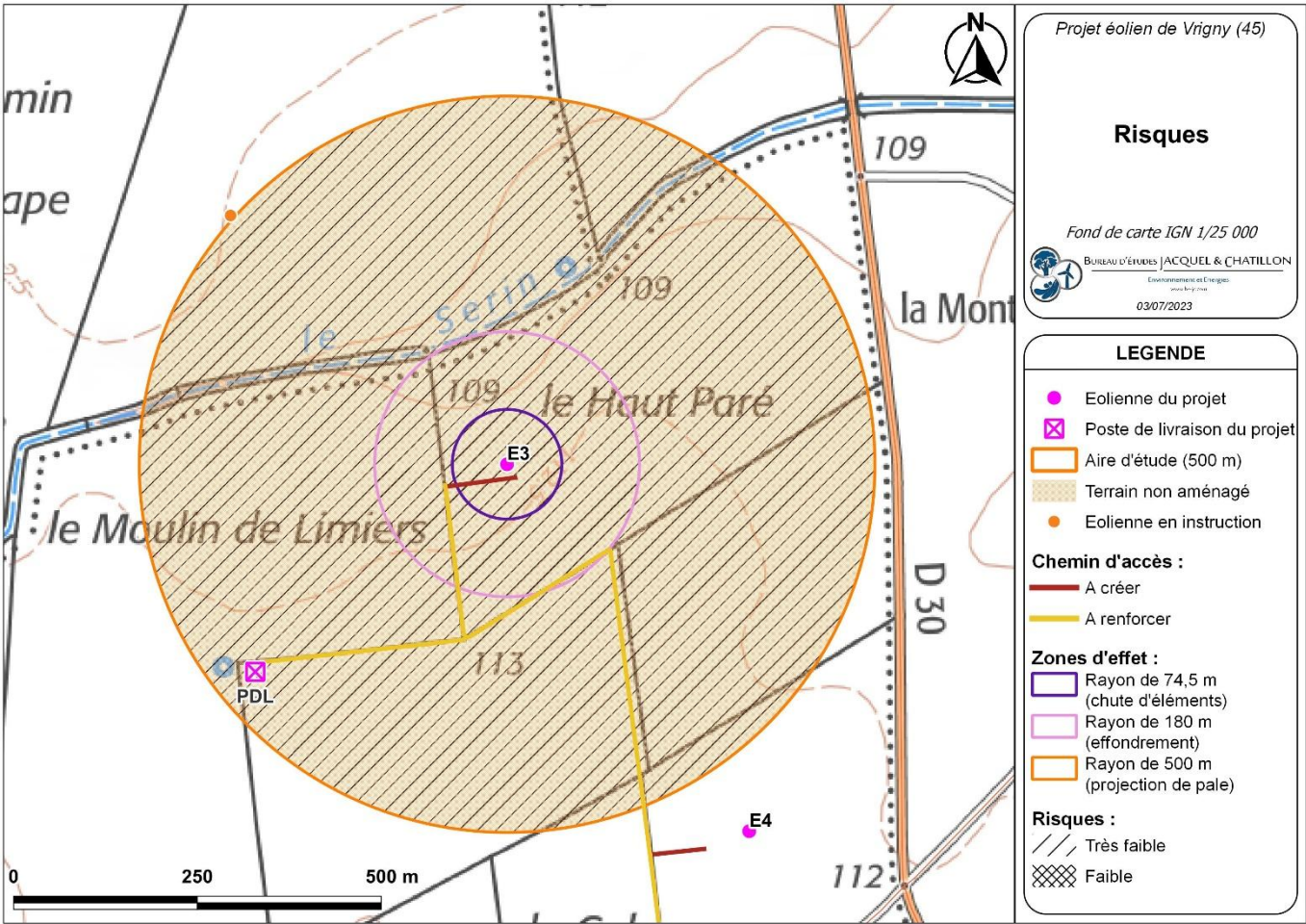
Carte 15 : Éolienne n°2 – Risques liés à la chute et à la projection de glace (Source : BE Jacquel et Chatillon)

| Scénario            | Zone d'effet                                  | Intensité          | Personnes permanentes comptées | Gravité         | Probabilité  | Niveau de risque                |
|---------------------|-----------------------------------------------|--------------------|--------------------------------|-----------------|--------------|---------------------------------|
| Chute de glace      | Rayon de 74,5 m<br>(zone de survol des pales) | Exposition modérée | < 1 personne                   | Gravité modérée | Classe « A » | Risque faible (acceptable)      |
| Projection de glace | Rayon de 381 m<br>(1.5 x (H + 2 x R))         | Exposition modérée | < 1 personne                   | Gravité modérée | Classe « B » | Risque très faible (acceptable) |

Tableau 16 : Éolienne n°2 – Risques liés à la chute et à la projection de glace (Source : d'après l'INERIS)



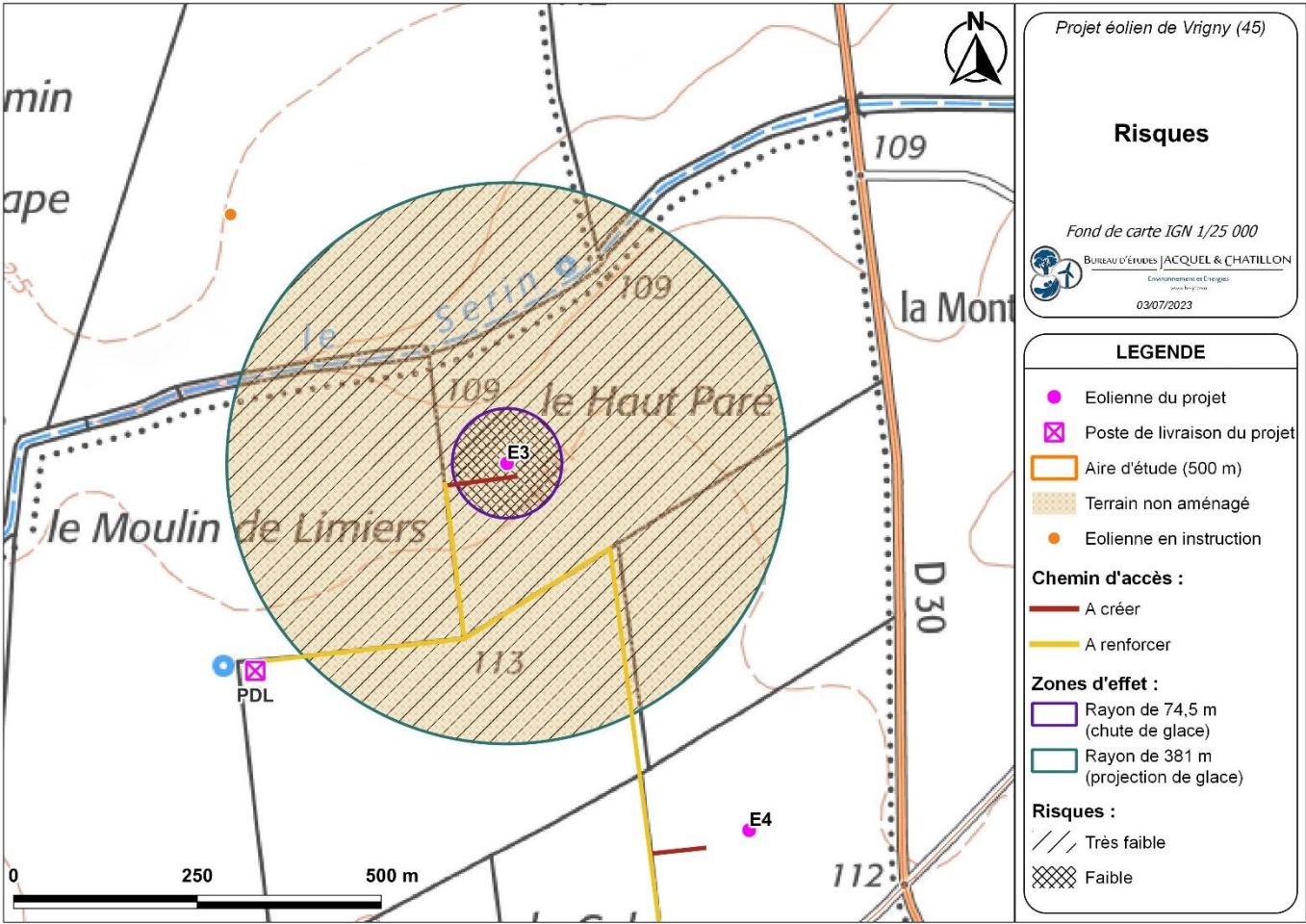
V.2.1.3. Cartographie des risques pour l'éolienne n°3



Carte 16 : Éolienne n°3 – Risques liés à l'effondrement de l'éolienne, à la chute d'élément de l'éolienne, et à la projection de pale ou de fragment de pale (Source : BE Jacquel et Chatillon)

| Scénario                                  | Zone d'effet                                                     | Intensité          | Personnes permanentes comptées | Gravité         | Probabilité  | Niveau de risque                |
|-------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|--------------------|--------------------------------|-----------------|--------------|---------------------------------|
| Effondrement de l'éolienne                | Rayon de 180 m<br>(hauteur totale de l'éolienne en bout de pale) | Exposition forte   | < 1 personne                   | Gravité modérée | Classe « D » | Risque très faible (acceptable) |
| Chute d'élément de l'éolienne             | Rayon de 74,5 m<br>(zone de survol des pales)                    | Exposition modérée | < 1 personne                   | Gravité modérée | Classe « C » | Risque très faible (acceptable) |
| Projection de pale ou de fragment de pale | Rayon de 500 m                                                   | Exposition modérée | < 1 personne                   | Gravité modérée | Classe « D » | Risque très faible (acceptable) |

Tableau 17 : Éolienne n°3 – Risques liés à l'effondrement de l'éolienne, à la chute d'élément de l'éolienne, et à la projection de pale ou de fragment de pale (Source : d'après l'INERIS)



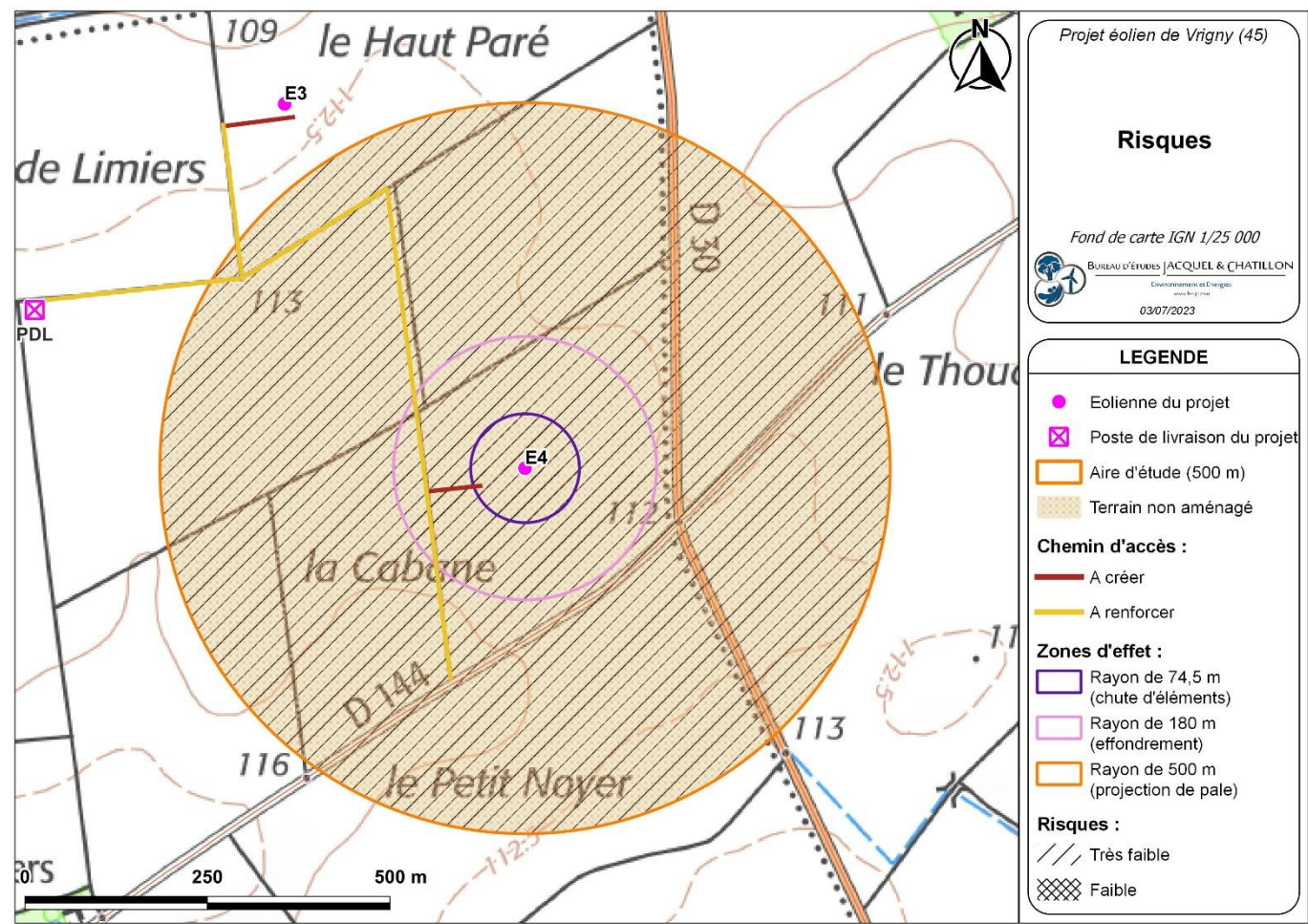
Carte 17 : Éolienne n°3 – Risques liés à la chute et à la projection de glace (Source : BE Jacquel et Chatillon)

| Scénario            | Zone d'effet                                  | Intensité          | Personnes permanentes comptées | Gravité         | Probabilité  | Niveau de risque                |
|---------------------|-----------------------------------------------|--------------------|--------------------------------|-----------------|--------------|---------------------------------|
| Chute de glace      | Rayon de 74,5 m<br>(zone de survol des pales) | Exposition modérée | < 1 personne                   | Gravité modérée | Classe « A » | Risque faible (acceptable)      |
| Projection de glace | Rayon de 381 m<br>(1.5 x (H + 2 x R))         | Exposition modérée | < 1 personne                   | Gravité modérée | Classe « B » | Risque très faible (acceptable) |

Tableau 18 : Éolienne n°3 – Risques liés à la chute et à la projection de glace (Source : d'après l'INERIS)



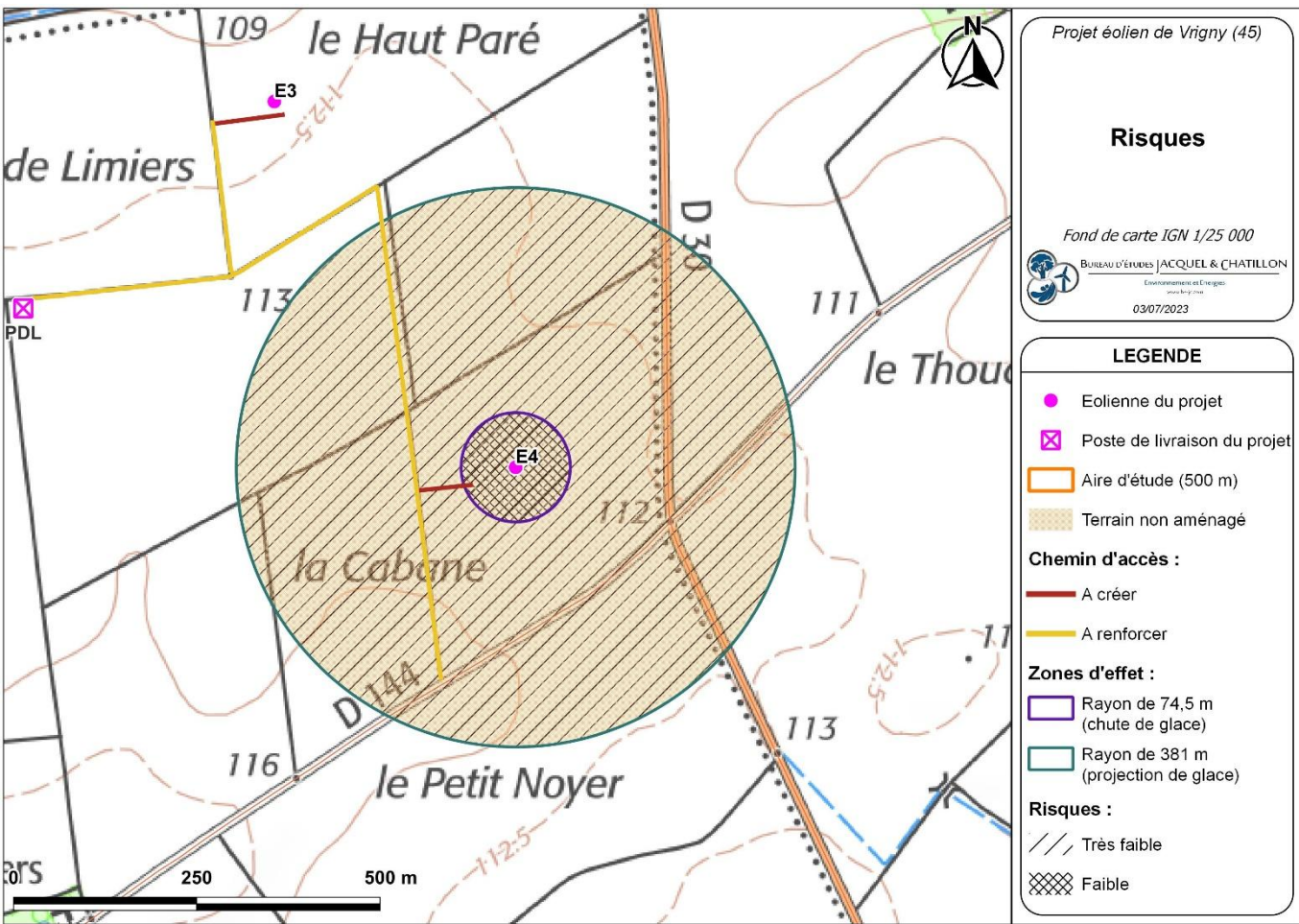
V.2.1.4. Cartographie des risques pour l'éolienne n°4



Carte 18 : Éolienne n°4 – Risques liés à l'effondrement de l'éolienne, à la chute d'élément de l'éolienne, et à la projection de pale ou de fragment de pale (Source : BE Jacquel et Chatillon)

| Scénario                                  | Zone d'effet                                                     | Intensité          | Personnes permanentes comptées | Gravité         | Probabilité  | Niveau de risque                |
|-------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|--------------------|--------------------------------|-----------------|--------------|---------------------------------|
| Effondrement de l'éolienne                | Rayon de 180 m<br>(hauteur totale de l'éolienne en bout de pale) | Exposition forte   | < 1 personne                   | Gravité modérée | Classe « D » | Risque très faible (acceptable) |
| Chute d'élément de l'éolienne             | Rayon de 74,5 m<br>(zone de survol des pales)                    | Exposition modérée | < 1 personne                   | Gravité modérée | Classe « C » | Risque très faible (acceptable) |
| Projection de pale ou de fragment de pale | Rayon de 500 m                                                   | Exposition modérée | < 1 personne                   | Gravité modérée | Classe « D » | Risque très faible (acceptable) |

Tableau 19 : Éolienne n°4 – Risques liés à l'effondrement de l'éolienne, à la chute d'élément de l'éolienne, et à la projection de pale ou de fragment de pale (Source : d'après l'INERIS)



Carte 19 : Éolienne n°4 – Risques liés à la chute et à la projection de glace (Source : BE Jacquel et Chatillon)

| Scénario            | Zone d'effet                                  | Intensité          | Personnes permanentes comptées | Gravité         | Probabilité  | Niveau de risque                |
|---------------------|-----------------------------------------------|--------------------|--------------------------------|-----------------|--------------|---------------------------------|
| Chute de glace      | Rayon de 74,5 m<br>(zone de survol des pales) | Exposition modérée | < 1 personne                   | Gravité modérée | Classe « A » | Risque faible (acceptable)      |
| Projection de glace | Rayon de 381 m<br>(1.5 x (H + 2 x R))         | Exposition modérée | < 1 personne                   | Gravité modérée | Classe « B » | Risque très faible (acceptable) |

Tableau 20 : Éolienne n°4 – Risques liés à la chute et à la projection de glace (Source : d'après l'INERIS)

## **CHAPITRE VI. DESCRIPTION DES PRINCIPALES MESURES DE REDUCTION DES RISQUES**



En premier lieu, il est important de rappeler que le choix de l'implantation a été conçu pour limiter les risques dès la phase de conception.

Par ailleurs, les principales fonctions de sécurité, directes ou indirectes, permettant de réduire les risques d'accident sont les suivantes (ces fonctions de sécurité sont toutes présentées en détails au sein de l'étude de dangers complète de ce projet) :

- Prévenir l'atteinte des personnes par la chute de glace par l'installation de panneaux d'information, et par l'éloignement des zones habitées et fréquentées.
- Prévenir l'échauffement significatif des pièces mécaniques par des capteurs de température des pièces mécaniques, par la définition de seuils critiques de température pour chaque type de composant avec alarmes, et par la mise à l'arrêt ou bridage jusqu'à refroidissement.
- Prévenir la survitesse par détection de survitesse et système de freinage.
- Prévenir les courts-circuits par coupure de la transmission électrique en cas de fonctionnement anormal d'un composant électrique.
- Prévenir les effets de la foudre par mise à la terre et protection des éléments de l'aérogénérateur.
- Protéger les éoliennes contre les incendies par la mise en place de capteurs de température sur les principaux composants de l'éolienne pouvant permettre, en cas de dépassement des seuils, la mise à l'arrêt de la machine, par la mise en place d'un système de détection incendie relié à une alarme transmise à un poste de contrôle, et par intervention des services de secours.
- Prévenir et retenir les fuites par détecteurs de niveau d'huiles, et par kits de dépollution.
- Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation) par des contrôles réguliers des fondations et des différentes pièces d'assemblages (ex. : brides ; joints, etc.), par des procédures qualité, et par la fourniture d'attestations de contrôle technique.
- Prévenir les erreurs de maintenance par la mise en place de procédures maintenance.
- Prévenir les risques de dégradation de l'éolienne en cas de vent fort par adaptation de la classe d'éolienne au site et au régime de vents, par détection et prévention des vents forts et tempêtes, et par arrêt automatique et diminution de la prise au vent de l'éolienne (mise en drapeau progressive des pales) par le système de conduite.
- Prévenir la dégradation de l'état des équipements par des inspections.

L'ensemble des procédures de maintenance et des contrôles d'efficacité des systèmes sera conforme à l'arrêté du 26 août 2011 (modifié par l'arrêté du 11 juillet 2023).

**Notamment, suivant une périodicité qui ne peut excéder un an, l'exploitant réalise une vérification de l'état fonctionnel des équipements de mise à l'arrêt, de mise à l'arrêt d'urgence et de mise à l'arrêt depuis un régime de survitesse en application des préconisations du constructeur de l'aérogénérateur.**



## **CHAPITRE VII. CONCLUSION DE L'ETUDE DE DANGERS**



L'étude de dangers permet d'identifier les principaux risques d'accidents concernant les éoliennes. Les cinq scénarios retenus pour l'analyse détaillée des risques sont :

- Effondrement de l'éolienne,
- Chute de glace,
- Chute d'élément de l'éolienne,
- Projection de pale ou de fragment de pale,
- Projection de glace.

Chaque scénario est caractérisé par une zone d'effet, une intensité, une gravité (incluant un nombre de personnes permanentes présentes dans la zone d'effet), une probabilité d'occurrence et un niveau de risque. Tous ces paramètres sont établis en s'appuyant sur le guide de l'INERIS (mai 2012), qui repose notamment sur les retours d'expérience en France et dans le monde. L'utilisation d'une matrice de criticité (circulaire du 10 mai 2010) permet enfin de conclure sur l'acceptabilité du risque pour chacun des scénarios envisagés.

Pour le projet éolien de Vrigny, les niveaux de risques et l'acceptabilité de ces risques pour chaque scénario retenu sont les suivants :

| Scénario                                  | Niveau de risque   | Acceptabilité du risque |
|-------------------------------------------|--------------------|-------------------------|
| Effondrement de l'éolienne                | Risque très faible | Risque acceptable       |
| Chute de glace                            | Risque faible      | Risque acceptable       |
| Chute d'élément de l'éolienne             | Risque très faible | Risque acceptable       |
| Projection de pale ou de fragment de pale | Risque très faible | Risque acceptable       |
| Projection de glace                       | Risque très faible | Risque acceptable       |

Tableau 21 : Synthèse des risques pour les scénarios retenus (Source : d'après l'INERIS)

Pour prévenir ou limiter les conséquences de ces phénomènes dangereux, des mesures de maîtrise des risques sont mises en place au niveau des éoliennes :

- Contrôle régulier des fondations et des différentes pièces d'assemblages (ex. : brides, joints, etc.),
- Procédures qualité,
- Procédures maintenance,
- Installation d'une classe d'éolienne adaptée au site et au régime de vents,
- Système de détection et d'adaptation aux conditions climatiques particulières : formation de glace, vents forts (dispositif de diminution de la prise au vent et d'arrêt automatique).

**De manière générale, le respect des prescriptions de l'arrêté du 26 août 2011 (modifié par l'arrêté du 11 juillet 2023) relatif aux installations éoliennes soumises à autorisation permet de s'assurer que les installations font l'objet de mesures réduisant significativement l'ensemble des risques majeurs étudiés, garantissant pour toutes les éoliennes du projet éolien de Vrigny un niveau de risque acceptable pour tous les scénarios retenus dans la présente étude de dangers.**