

### ■ Probabilité

De façon conservatrice, il est considéré que la probabilité est de classe « A », c'est-à-dire une probabilité supérieure à  $10^{-2}$ .

### ■ Acceptabilité

Avec une classe de probabilité de A, le risque de chute de glace pour chaque aérogénérateur est évalué comme acceptable dans le cas d'une gravité « Modérée », avec un niveau de risque faible et qui correspond pour cet événement à un nombre de personnes permanentes (ou équivalent) inférieur à 1.

Le tableau suivant rappelle, pour chaque aérogénérateur du parc éolien, la gravité associée et le niveau de risque (acceptable/inacceptable) :

Chute de glace (dans un rayon inférieur ou égal à D/2 = zone de survol)	
Eolienne	Niveau de risque
E1	Acceptable
E2	Acceptable
E3	Acceptable
E4	Acceptable

Tableau 18. Scénario chute de glace – acceptabilité du risque

Ainsi, pour le parc éolien de Teneur, le phénomène de chute de glace des éoliennes constitue un risque acceptable pour les personnes.

Il convient également de rappeler que, conformément à l'article 14 de l'arrêté du 26 août 2011 relatif aux installations éoliennes soumises à autorisation, modifié par l'arrêté du 22 juin 2020, un panneau informant le public des risques (et notamment des risques de chute de glace) sera installé sur le chemin d'accès de chaque aérogénérateur, c'est-à-dire en amont de la zone d'effet de ce phénomène. Cette mesure permettra de réduire les risques pour les personnes potentiellement présentes sur le site lors des épisodes de gel.

### ■ Cartographie

Les cartographies des risques par éolienne sont présentées au § 1.8.3.3 Cartographies des risques.

### 1.8.2.3 Chute d'éléments de l'éolienne

#### ■ Zone d'effet

La chute d'éléments comprend la chute de tous les équipements situés en hauteur : trappes, boulons, morceaux de pales ou pales entières. Le cas majorant est ici le cas de la chute de pale. Il est retenu dans l'étude détaillée des risques pour représenter toutes les chutes d'éléments.

Le risque de chute d'élément est cantonné à la zone de survol des pales, c'est-à-dire une zone d'effet correspondant à un disque de rayon égal à un demi-diamètre de rotor soit **65,5 m** pour le parc de Teneur.

#### ■ Intensité

Pour le phénomène de chute d'éléments, le degré d'exposition correspond au ratio entre la surface d'un élément (cas majorant d'une pale entière se détachant de l'éolienne) et la superficie de la zone d'effet du phénomène (zone de survol).

Le tableau ci-dessous permet d'évaluer l'intensité du phénomène.

- d est le degré d'exposition,
- Zi est la zone d'impact,
- Ze est la zone d'effet,
- R est la longueur de pale (R = **64,4 m**),
- LB est la corde maximale de la pale (LB = **3,94 m**),
- D/2 est la longueur d'un demi-diamètre (D/2 = **65,5 m**).

Chute d'éléments de l'éolienne (dans un rayon inférieur ou égal à D/2 = 65,5 m)		
Zone d'impact en m <sup>2</sup>	Zone d'effet du phénomène étudié en m <sup>2</sup>	Degré d'exposition du phénomène étudié en %
Zi = R*LB/2 126,9 m <sup>2</sup>	Ze = $\pi \times (D/2)^2$ <sup>6</sup> 13 478,2 m <sup>2</sup>	0,941 %
		Exposition modérée

**Tableau 19.** Scénario chute d'éléments de l'éolienne – calcul de l'intensité

L'intensité en dehors de la zone de survol est nulle.

#### ■ Gravité

En fonction de cette intensité et des définitions issues de l'arrêté du 29 septembre 2005 (voir paragraphe « Rappel des définitions »), il est possible de définir les différentes classes de gravité pour le phénomène de chute de glace, dans la zone de survol de l'éolienne :

- Plus de 1 000 personnes exposées → « Désastreux »
- Entre 100 et 1 000 personnes exposées → « Catastrophique »
- Entre 10 et 100 personnes exposées → « Important »
- Moins de 10 personnes exposées → « Sérieux »
- Présence humaine exposée inférieure à « une personne » → « Modéré »

<sup>6</sup> Dans le guide technique la formule initiale est :  $\pi \times R^2$ , D/2 nous semble plus cohérent que R.

Le tableau suivant indique, pour chaque aérogénérateur, le nombre de personnes exposées dans la zone d'effet du phénomène de chute d'éléments de l'éolienne et la gravité associée :

<b>Chute d'éléments de l'éolienne (dans un rayon inférieur ou égal à <math>D/2 = 65,5 \text{ m}</math>)</b>								
<b>Eolienne</b>	Type de terrain dans la zone d'effet	Surface en $m^2$	Comptage sur la zone	Route*	Sentier des Courtilages en $m^2$	Comptage sur le sentier	Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)	Gravité
<b>E1</b>	Terrains aménagés mais peu fréquentés	13 328	0,133	Chemin d'accès, Chemin agricoles	150	0,15	0,283	Modéré
<b>E2</b>	Terrains aménagés mais peu fréquentés	13 478	0,135	Chemin d'accès, Chemin agricoles	-	-	0,135	Modéré
<b>E3</b>	Terrains aménagés mais peu fréquentés	13 328	0,133	Chemin d'accès, Chemin agricoles	150	0,15	0,283	Modéré
<b>E4</b>	Terrains aménagés mais peu fréquentés	13 478	0,135	Chemin d'accès, Chemin agricoles	-	-	0,135	Modéré

**Tableau 20.** Scénario chute d'éléments de l'éolienne – cotation de la gravité

\* Les voies non structurantes sont assimilées à des terrains aménagés mais peu fréquentés.

## ■ Probabilité

Peu d'éléments sont disponibles dans la littérature pour évaluer la fréquence des événements de chute de pales ou d'éléments d'éoliennes.

Le retour d'expérience connu en France montre que ces événements ont une classe de probabilité « C » (2 chutes et 5 incendies pour 15 667 années d'expérience, soit  $4.47 \times 10^{-6}$  événement par éolienne et par an).

Ces événements correspondent également à la définition qualitative de l'arrêté du 29 Septembre 2005 d'une probabilité « C » : « *Événement similaire déjà rencontré dans le secteur d'activité ou dans ce type d'organisation au niveau mondial, sans que les éventuelles corrections intervenues depuis apportent une garantie de réduction significative de sa probabilité* ».

**Une probabilité de classe « C » est donc retenue par défaut pour ce type d'événement.**

## ■ Acceptabilité

Avec une classe de probabilité « C », le risque de chute d'éléments pour chaque aérogénérateur est évalué comme acceptable dans le cas d'un nombre de personnes permanentes (ou équivalent) inférieur à 100 dans la zone d'effet.

Le tableau suivant rappelle, pour chaque aérogénérateur du parc éolien, la gravité associée et le niveau de risque (acceptable/inacceptable) :

Chute d'éléments de l'éolienne (dans un rayon inférieur ou égal à D/2 = zone de survol)		
Eolienne	Gravité	Niveau de risque
E1	Modéré	Acceptable
E2	Modéré	Acceptable
E3	Modéré	Acceptable
E4	Modéré	Acceptable

Tableau 21. Scénario chute d'éléments de l'éolienne – acceptabilité du risque

**Ainsi, pour le parc éolien de Teneur, le phénomène de chute d'éléments des éoliennes constitue un risque acceptable pour les personnes.**

## ■ Cartographie

Les cartographies des risques par éolienne sont présentées au § 1.8.3.3 Cartographies des risques.

### 1.8.2.4 Projection de pales ou de fragments de pales

#### ■ Zone d'effet

Dans l'accidentologie française rappelée en annexe, la distance maximale relevée et vérifiée par le groupe de travail INERIS/SER FEE précédemment mentionné pour une projection de fragment de pale est de 380 mètres par rapport au mât de l'éolienne. On constate que les autres données disponibles dans cette accidentologie montrent des distances d'effet inférieures.

L'accidentologie éolienne mondiale manque de fiabilité car la source la plus importante (en termes statistiques) est une base de données tenue par une association écossaise majoritairement opposée à l'énergie éolienne [3].

Pour autant, des études de risques déjà réalisées dans le monde ont utilisé une distance de 500 mètres, en particulier les études [5] et [6].

**Sur la base de ces éléments et de façon conservatrice, une distance d'effet de 500 mètres est considérée comme distance raisonnable pour la prise en compte des projections de pales ou de fragments de pales dans le cadre des études de dangers des parcs éoliens.**

#### ■ Intensité

Pour le phénomène de projection de pales ou de fragments de pales, le degré d'exposition correspond au ratio entre la surface d'un élément (cas majorant d'une pale entière) et la superficie de la zone d'effet du phénomène (500 m).

Le tableau ci-dessous permet d'évaluer l'intensité du phénomène.

- $d$  est le degré d'exposition,
- $Z_i$  est la zone d'impact,
- $Z_E$  est la zone d'effet,
- $R$  est la longueur de pale ( $R = 64,4$  m),
- $LB$  est la corde maximale de la pale ( $LB = 3,94$  m).

Projection de pale ou de fragment de pale (zone de 500 m autour de chaque éolienne)		
Zone d'impact en m <sup>2</sup>	Zone d'effet du phénomène étudié en m <sup>2</sup>	Degré d'exposition du phénomène étudié en % Intensité
$Z_i = R * LB / 2$	$Z_E = \pi * x (500)^2$	$d = Z_i / Z_E$
126,9 m <sup>2</sup>	785 398,2 m <sup>2</sup>	0,016%
		Exposition modérée

**Tableau 22.** Scénario projection de pales ou de fragments de pales – calcul de l'intensité

#### ■ Gravité

En fonction de cette intensité et des définitions issues du paragraphe « Rappel des définitions », il est possible de définir les différentes classes de gravité pour le phénomène de projection, dans la zone de 500 m autour de l'éolienne :

- Plus de 1 000 personnes exposées → « Désastreux »
- Entre 100 et 1 000 personnes exposées → « Catastrophique »
- Entre 10 et 100 personnes exposées → « Important »
- Moins de 10 personnes exposées → « Sérieux »
- Présence humaine exposée inférieure à « une personne » → « Modéré »

Le tableau suivant indique, pour chaque aérogénérateur, le nombre de personnes exposées dans la zone d'effet du phénomène de projection de pales ou de fragments de pales et la gravité associée :

<b>Projection de pale ou de fragment de pale (zone de 500 m autour de chaque éolienne)</b>							
<b>Eolienne</b>	Type de terrain dans la zone d'effet	Surface en m <sup>2</sup>	Comptage sur la zone	Route*	Sentier des Courtilrages en m <sup>2</sup>	Comptage sur le sentier (ou équivalent personnes permanentes)	Gravité
<b>E1</b>	Terrains aménagés mais peu fréquentés Boisements	782 098,2	7,821	Chemin d'accès, Chemin agricoles	3 300	3,3	11,121 Important
<b>E2</b>	Terrains aménagés mais peu fréquentés Boisements	782 872,2	7,829	Chemin d'accès, Chemin agricoles	2 526	2,526	10,355 Important
<b>E3</b>	Terrains aménagés mais peu fréquentés Boisements	782 110,2	7,821	Chemin d'accès, Chemin agricoles	3 288	3,288	11,109 Important
<b>E4</b>	Terrains aménagés mais peu fréquentés Boisements	782 884,2	7,829	Chemin d'accès, Chemin agricoles	2 514	2,514	10,343 Important

**Tableau 23.** Scénario de projection de pales ou de fragments de pales – cotation de la gravité

\* Les voies non structurantes sont assimilées à des terrains aménagés mais peu fréquentés.

#### Les boisements sont situés dans la zone d'effet de toutes les éoliennes.

Le risque de propagation d'un incendie d'une éolienne à la végétation environnante ne peut être exclu. Comme il est difficile de calculer la probabilité et l'intensité de l'effet domino, il n'est pas possible d'évaluer l'acceptabilité du risque de sur-accident. Cependant au regard de l'accidentologie, cet événement peut être considéré comme très improbable selon la définition de l'arrêté du 29/09/05.

Afin de réduire le risque, l'exploitant prendra des **mesures de prévention** en accord avec le service prévention du SDIS :

- pour limiter la propagation du feu et faciliter l'intervention des secours : débroussaillage, élagage des branches basses, élimination du bois mort sur les zones de surplomb concernées ;
- entretien des voies carrossables permettant aux engins des secours d'intervenir ;
- en cas d'alerte risque feu de forêt respect des consignes des services de la sécurité civile.

## ■ Probabilité

Les valeurs retenues dans la littérature pour une rupture de tout ou partie de pale sont détaillées dans le tableau suivant :

Source	Fréquence	Justification
Site specific hazard assesment for a wind farm project [4]	$1 \times 10^{-6}$	Respect de l'Eurocode EN 1990 – Basis of structural design
Guide for risk based zoning of wind turbines [5]	$1,1 \times 10^{-3}$	Retour d'expérience au Danemark (1984-1992) et en Allemagne (1989-2001)
Specification of minimum distances [6]	$6,1 \times 10^{-4}$	Recherche Internet des accidents entre 1996 et 2003

Ces valeurs correspondent à des classes de probabilité de « B », « C » ou « E ».

Le retour d'expérience français montre également une classe de probabilité « C » (12 événements pour 15 667 années d'expérience, soit  $7,66 \times 10^{-4}$  événement par éolienne et par an).

Ces événements correspondent également à la définition qualitative de l'arrêté du 29 Septembre 2005 d'une probabilité « C » : « *Événement similaire déjà rencontré dans le secteur d'activité ou dans ce type d'organisation au niveau mondial, sans que les éventuelles corrections intervenues depuis apportent une garantie de réduction significative de sa probabilité* ».

Une probabilité de classe « C » est donc retenue par défaut pour ce type d'événement.

Néanmoins, les dispositions constructives des éoliennes ayant fortement évolué, le niveau de fiabilité est aujourd'hui bien meilleur. Des mesures de maîtrise des risques supplémentaires ont été mises en place notamment :

- les dispositions de la norme IEC 61 400-1 ;
- les dispositions des normes IEC 61 400-24 et EN 62 305-3 relatives à la foudre ;
- système de détection des survitesses et un système redondant de freinage ;
- système de détection des vents forts et un système redondant de freinage et de mise en sécurité des installations – un système adapté est installé en cas de risque cyclonique ;
- utilisation de matériaux résistants pour la fabrication des pales (fibre de verre ou de carbone, résines, etc.).

De manière générale, le respect de la réglementation en vigueur, relatif aux installations éoliennes soumises à autorisation permet de s'assurer que les éoliennes font l'objet de mesures réduisant significativement la probabilité de projection.

**Il est considéré que la classe de probabilité de l'accident est « D » : « S'est produit mais a fait l'objet de mesures correctrices réduisant significativement la probabilité ».**

## ■ Acceptabilité

Avec une classe de probabilité de « D », le risque de projection de tout ou partie de pale pour chaque aérogénérateur est évalué comme acceptable dans le cas d'un nombre équivalent de personnes permanentes inférieur à 1 000 dans la zone d'effet.

Le tableau suivant rappelle, pour chaque aérogénérateur du parc éolien, la gravité associée et le niveau de risque (acceptable/inacceptable) :

Projection de pales ou de fragments de pales (zone de 500 m autour de chaque éolienne)	
Eolienne	Gravité Niveau de risque
E1	Important Acceptable
E2	Important Acceptable
E3	Important Acceptable
E4	Important Acceptable

Tableau 24. Scénario projection de pales ou de fragments de pales – acceptabilité du risque

**Ainsi, pour le parc éolien de Teneur, le phénomène de projection de tout ou partie de pale des éoliennes constitue un risque acceptable pour les personnes.**

## ■ Cartographie

Les cartographies des risques par éolienne sont présentées au § 1.8.3.3 Cartographies des risques.

### 1.8.2.5 Projection de glace

#### ■ Zone d'effet

L'accidentologie rapporte quelques cas de projection de glace. Ce phénomène est connu et possible, mais reste difficilement observable et n'a jamais occasionné de dommage sur les personnes ou les biens.

En ce qui concerne la distance maximale atteinte par ce type de projectiles, il n'existe pas d'information dans l'accidentologie. La référence [15] propose une distance d'effet fonction de la hauteur et du diamètre de l'éolienne, dans les cas où le nombre de jours de glace est important et où l'éolienne n'est pas équipée de système d'arrêt des éoliennes en cas de givre ou de glace :

$$\text{Distance d'effet} = 1,5 \times (\text{hauteur de moyeu} + \text{diamètre de rotor})$$

**La zone d'effet est de 367,5 m**

Cette distance de projection est jugée conservatrice dans des études postérieures [17]. A défaut de données fiables, il est proposé de considérer cette formule pour le calcul de la distance d'effet pour les projections de glace.

#### ■ Intensité

Pour le phénomène de projection de glace, le degré d'exposition correspond au ratio entre la surface d'un morceau de glace (cas majorant de 1 m<sup>2</sup>) et la superficie de la zone d'effet du phénomène.

Le tableau ci-dessous permet d'évaluer l'intensité du phénomène.

- d est le degré d'exposition,
- Z<sub>E</sub> est la zone d'impact,
- Z<sub>E</sub> est la zone d'effet,
- D est la longueur du diamètre du rotor (D = 131 m),
- H est la hauteur au moyeu (H = 114 m),
- SG est la surface majorante d'un morceau de glace (1 m<sup>2</sup>).

Projection de morceaux de glace (dans un rayon de R <sub>pe</sub> = 1,5 x (H+D) autour de l'éolienne soit 367,5 m)		
Zone d'impact en m <sup>2</sup>	Zone d'effet du phénomène étudié en m <sup>2</sup>	Degré d'exposition du phénomène étudié en %
Z <sub>i</sub> = SG	$Z_E = \pi \times (1,5 \times (H+D))^2$	$d = Z_i / Z_E$
1,0 m <sup>2</sup>	424 291,7 m <sup>2</sup>	0,00024%
		Exposition modérée

**Tableau 25.** Scénario projection de glace – calcul de l'intensité

#### ■ Gravité

En fonction de cette intensité et des définitions issues du paragraphe « Rappel des définitions », il est possible de définir les différentes classes de gravité pour le phénomène de projection de glace, dans la zone d'effet de ce phénomène :

- Plus de 1 000 personnes exposées → « Désastreux »
- Entre 100 et 1 000 personnes exposées → « Catastrophique »
- Entre 10 et 100 personnes exposées → « Important »
- Moins de 10 personnes exposées → « Sérieux »
- Présence humaine exposée inférieure à « une personne » → « Modéré »

Il a été observé dans la littérature disponible [17] qu'en cas de projection, les morceaux de glace se cassent en petits fragments dès qu'ils se détachent de la pale.

**La possibilité de l'impact de glace sur des personnes abritées par un bâtiment ou un véhicule est donc négligeable et ces personnes ne doivent pas être comptabilisées pour le calcul de la gravité.**

**C'est pourquoi, la zone agricole sera considérée comme des terrains non aménagés et très peu fréquentés.**

<sup>7</sup> Dans le guide technique la formule initiale est :  $Z_E = \pi \times 1,5^2 \times (H+2R)^2$ , or  $H+2R$  ne correspond pas  $H+D$  préconisée dans l'étude [15], car R ne tient pas compte de la taille du moyeu.



Le tableau suivant indique, pour chaque aérogénérateur, le nombre de personnes exposées dans la zone d'effet du phénomène de projection de glace et la gravité associée :

Projection de morceaux de glace (dans un rayon de $R_{pe} = 1,5 \times (H+D) = 367,5 \text{ m}$ )								
<b>Eolienne</b>	Type de terrain dans la zone d'effet	Surface en m <sup>2</sup>	Comptage sur la zone	Route*	Sentier des Courtilages en m <sup>2</sup>	Comptage sur le sentier	Nombre de personnes permanentes (ou équivalent personnes permanentes)	Gravité
<b>E1</b>	Terrains non aménagés et très peu fréquentés Boisements	421 880	0,422	Chemin d'accès, Chemin agricoles	2 412	2,412	2,834	Sérieux
<b>E2</b>	Terrains non aménagés et très peu fréquentés Boisements	422 153	0,422	Chemin d'accès, Chemin agricoles	2 139	2,139	2,561	Sérieux
<b>E3</b>	Terrains non aménagés et très peu fréquentés Boisements	421 868	0,422	Chemin d'accès, Chemin agricoles	2 424	2,424	2,846	Sérieux
<b>E4</b>	Terrains non aménagés et très peu fréquentés Boisements	424 199	0,424	Chemin d'accès, Chemin agricoles	93	0,093	0,517	Modéré

**Tableau 26.** Scénario projection de glace – cotation de la gravité

\* Les voies non structurantes sont assimilées à des terrains aménagés mais peu fréquentés.

■ **Probabilité**

Au regard de la difficulté d'établir un retour d'expérience précis sur cet événement et considérant des éléments suivants :

- les mesures de prévention de projection de glace imposées par la réglementation en vigueur ;
- le recensement d'aucun accident lié à une projection de glace ;

Une probabilité forfaitaire « B – événement probable » est proposé pour cet événement.

■ **Acceptabilité**

Le risque de projection pour chaque aérogénérateur est évalué comme acceptable dans le cas d'un niveau de gravité « Sérieux ». Cela correspond pour cet événement à un nombre équivalent de personnes permanentes inférieures à 10 dans la zone d'effet.

Le tableau suivant rappelle, pour chaque aérogénérateur du parc éolien, la gravité associée et le niveau de risque (acceptable/inacceptable) :

<b>Projection de morceaux de glace (dans un rayon de <math>R_{PG} = 1,5 \times (H+D)</math> autour de l'éolienne)</b>		
<b>Eolienne</b>	<i>Gravité</i>	<i>Présence de système d'arrêt en cas de détection ou déduction de glace et de procédure de redémarrage *</i>
<b>E1</b>	Sérieux	oui
<b>E2</b>	Sérieux	oui
<b>E3</b>	Sérieux	oui
<b>E4</b>	Modéré	oui
		<i>Niveau de risque</i>
		Acceptable
		Acceptable
		Acceptable
		Acceptable

**Tableau 27.** Scénario projection de glace – acceptabilité du risque

\* Pour rappel, chaque aérogénérateur est équipé d'un système permettant de déduire la formation de glace sur les pales, voir § 1.7.6 fonctions 1 et 2.

**Ainsi, pour le parc éolien de Teneur, le phénomène de projection de glace constitue un risque acceptable pour les personnes.**

■ **Cartographie**

Les cartographies des risques par éolienne sont présentées au § 1.8.3.3 Cartographies des risques.

## 1.8.3 Synthèse de l'étude détaillée des risques

### 1.8.3.1 Tableaux de synthèse des scénarii étudiés

Les tableaux suivants récapitulent, pour chaque événement redouté central retenu, les paramètres de risques : la cinétique, l'intensité, la gravité et la probabilité.

Scénario	Scénario	Zone d'effet	Cinétique	Intensité	Probabilité	Gravité
<b>S1</b>	Effondrement de l'éolienne	Disque dont le rayon correspond à une hauteur totale de la machine en bout de pale Soit <b>179,5</b> m	Rapide	exposition modérée	D (car éoliennes récentes) <sup>8</sup>	Sérieux pour toutes les éoliennes
<b>S2</b>	Chute de glace	Zone de survol, soit disque de rayon de <b>65,5</b> m autour du mât de l'éolienne	Rapide	exposition modérée	A	Modéré pour toutes les éoliennes
<b>S3</b>	Chute d'éléments de l'éolienne	Zone de survol, soit disque de rayon de <b>65,5</b> m autour du mât de l'éolienne	Rapide	exposition modérée	C	Modéré pour toutes les éoliennes
<b>S4</b>	Projection	<b>500</b> m autour de l'éolienne	Rapide	exposition modérée	D (car éoliennes récentes) <sup>9</sup>	Important pour toutes les éoliennes
<b>S5</b>	Projection de glace	1,5 x (H + D) autour de l'éolienne Soit <b>367,5</b> m	Rapide	exposition modérée	B	Sérieux pour les éoliennes E1, E2 et E3 Modéré pour l'éolienne E4

**Tableau 28.** Synthèse de la cotation des risques – étude détaillée

Les scénarii ci-dessus sont repris dans la matrice d'acceptabilité (voir chapitre suivant).

<sup>8</sup> Voir paragraphe 1.8.2.1

<sup>9</sup> Voir paragraphe 1.8.2.4

### 1.8.3.2 Synthèse de l'acceptabilité des risques

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

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

Les scénarii étudiés dans ce chapitre précédant (§1.8.2) sont synthétisés dans la matrice de la circulaire :

Conséquences	Classe de Probabilité				
	E	D	C	B	A
Désastreux					
Catastrophique					
Important		S4			
Sérieux		S1		S5 (E1, E2, E3)	
Modéré			S3	S5 (E4)	S2

Tableau 29. Cotation des risques selon la matrice de criticité de la circulaire du 10 mai 2010

Légende de la matrice :

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

Rappel des Scénarii :

- S1 Effondrement de l'éolienne
- S2 Chute de glace
- S3 Chute d'éléments de l'éolienne
- S4 Projection
- S5 Projection de glace

Il apparaît au regard de la matrice ainsi complétée que :

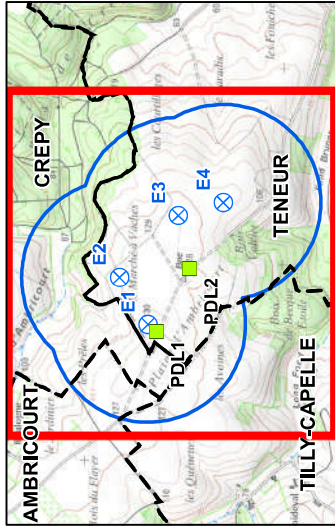
- aucun accident n'apparaît dans les cases rouges (« non acceptables ») de la matrice ;
- certains accidents figurent en case jaune (« acceptables »). Pour ces accidents, il convient de souligner que les fonctions de sécurité détaillées dans le chapitre 1.7.6 seront mises en place.



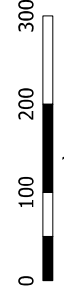
Projet éolien de Teneur (62)

Étude de dangers

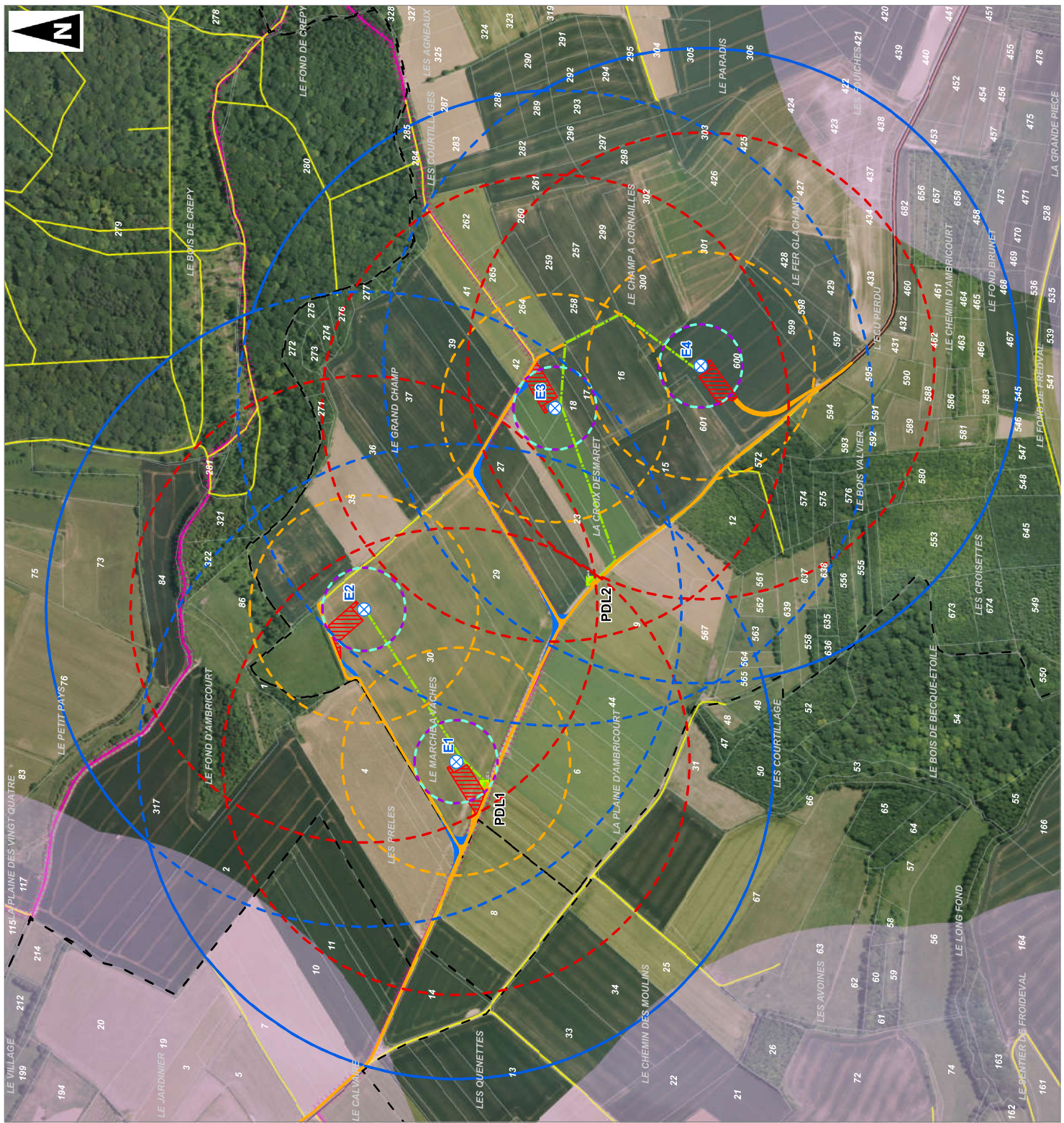
### Carte des risques



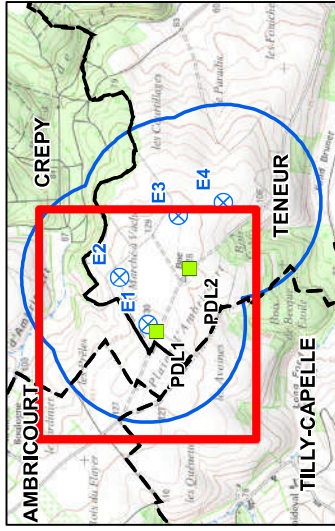
- Réseau routier :**
- Éolienne projetée
  - Poste de livraison
  - Réseau inter-éolien
  - Aire d'étude de 500 m
  - Virage à créer
  - Chemin à créer et / ou à renforcer
  - Plateforme
  - Parcelles
  - Limite communale
- Réseau touristique :**
- Sentier des Courtiltages
- Périmètre(s) de zones d'effet des scenarii**
- Projection de pales ou fragments de pales (500m)
  - Projection de glace (367,5m)
  - Effondrement de l'éolienne (179,5m)
  - Chute de glace (65,5m)
  - Chute d'éléments de l'éolienne (65,5m)
- Zones habitées et/ou à vocation d'habitat**
- Bâti
  - Zone tampon de 500m autour des habitations et des zones à vocation d'habitat



**1:6 000**  
(Pour une impression sur format A3 sans réduction de taille)



Carte des risques - E1



**Réseau routier :**

- Éolienne projetée
- Poste de livraison
- Réseau inter-éolien
- Aire d'étude de 500 m
- Virage à créer
- Chemin à créer et / ou à renforcer
- Plateforme
- Parcelles
- Limite communale

**Réseau touristique :**

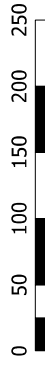
- Sentier des Courtilages

**Périmètre(s) de zones d'effet des scenarii**

- Projection de pales ou fragments de pales (500m)
- Projection de glace (367,5m)
- Éffondrement de l'éolienne (179,5m)
- Chute de glace (65,5m)
- Chute d'éléments de l'éolienne (65,5m)

**Zones habitées et/ou à vocation d'habitat**

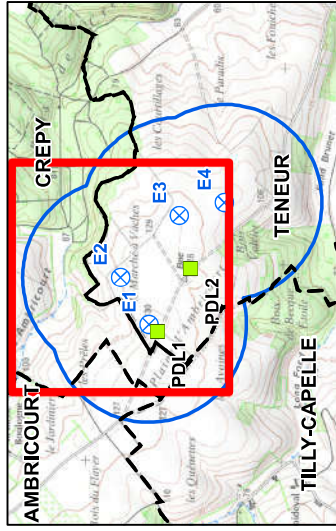
- Bâti
- Zone tampon de 500m autour des habitations et des zones à vocation d'habitat



1:4 000

(Pour une impression sur format A3 sans réduction de taille)

**Carte des risques - E2**



**Réseau routier :**

- Éolienne projetée
- Poste de livraison
- Réseau inter-éolien
- Aire d'étude de 500 m
- Virage à créer
- Chemin à créer et / ou à renforcer
- Plateforme
- Parcelles
- Limite communale

**Réseau touristique :**

- Route départementale
- Réseau secondaire
- Chemin
- Sentier des Courtiltages

**Périmètre(s) de zones d'effet des scenarii**

- Projection de pales ou fragments de pales (500m)
- Projection de glace (367,5m)
- Éffondrement de l'éolienne (179,5m)
- Chute de glace (65,5m)
- Chute d'éléments de l'éolienne (65,5m)

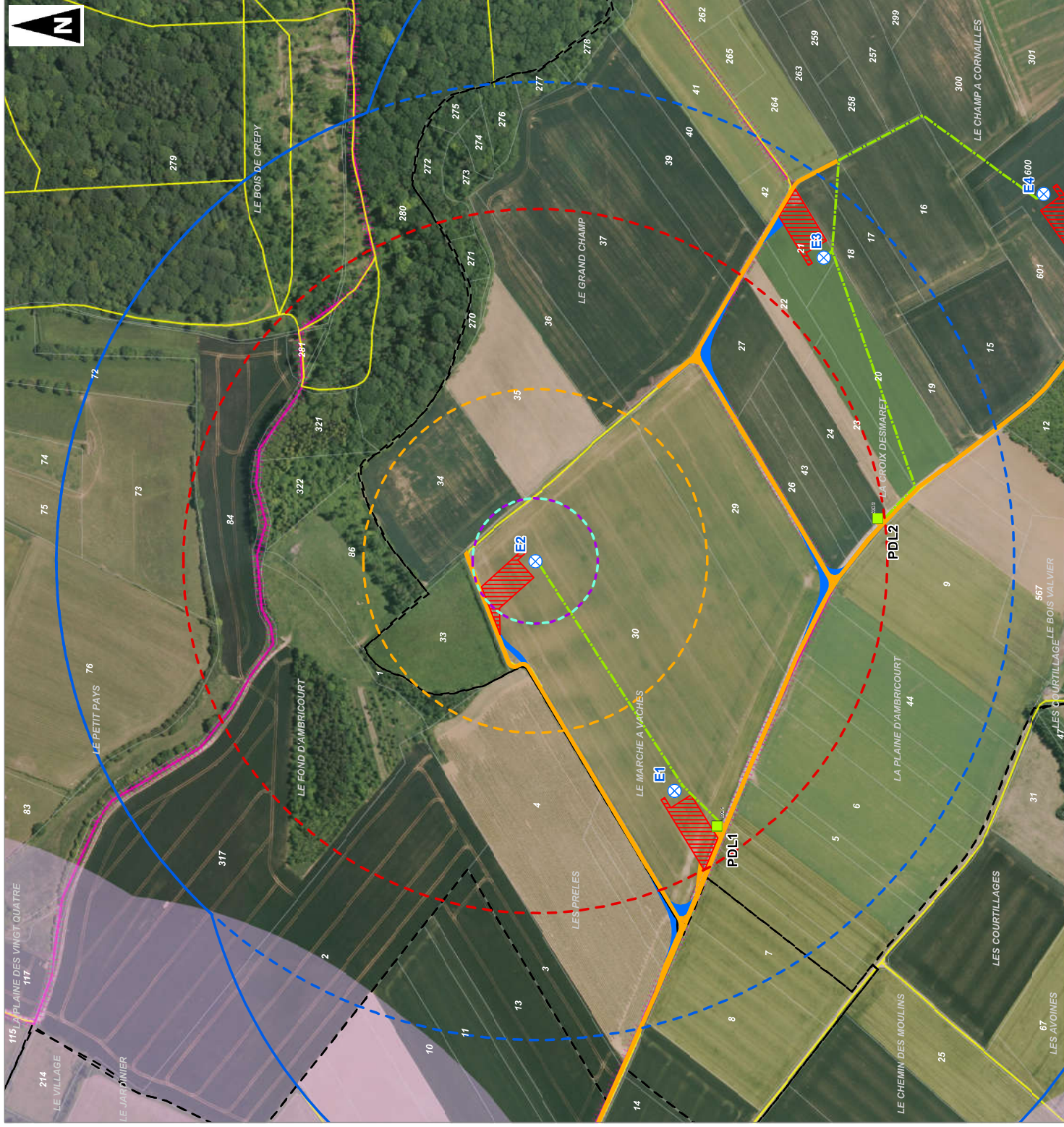
**Zones habitées et/ou à vocation d'habitat**

- Bâti
- Zone tampon de 500m autour des habitations et des zones à vocation d'habitat

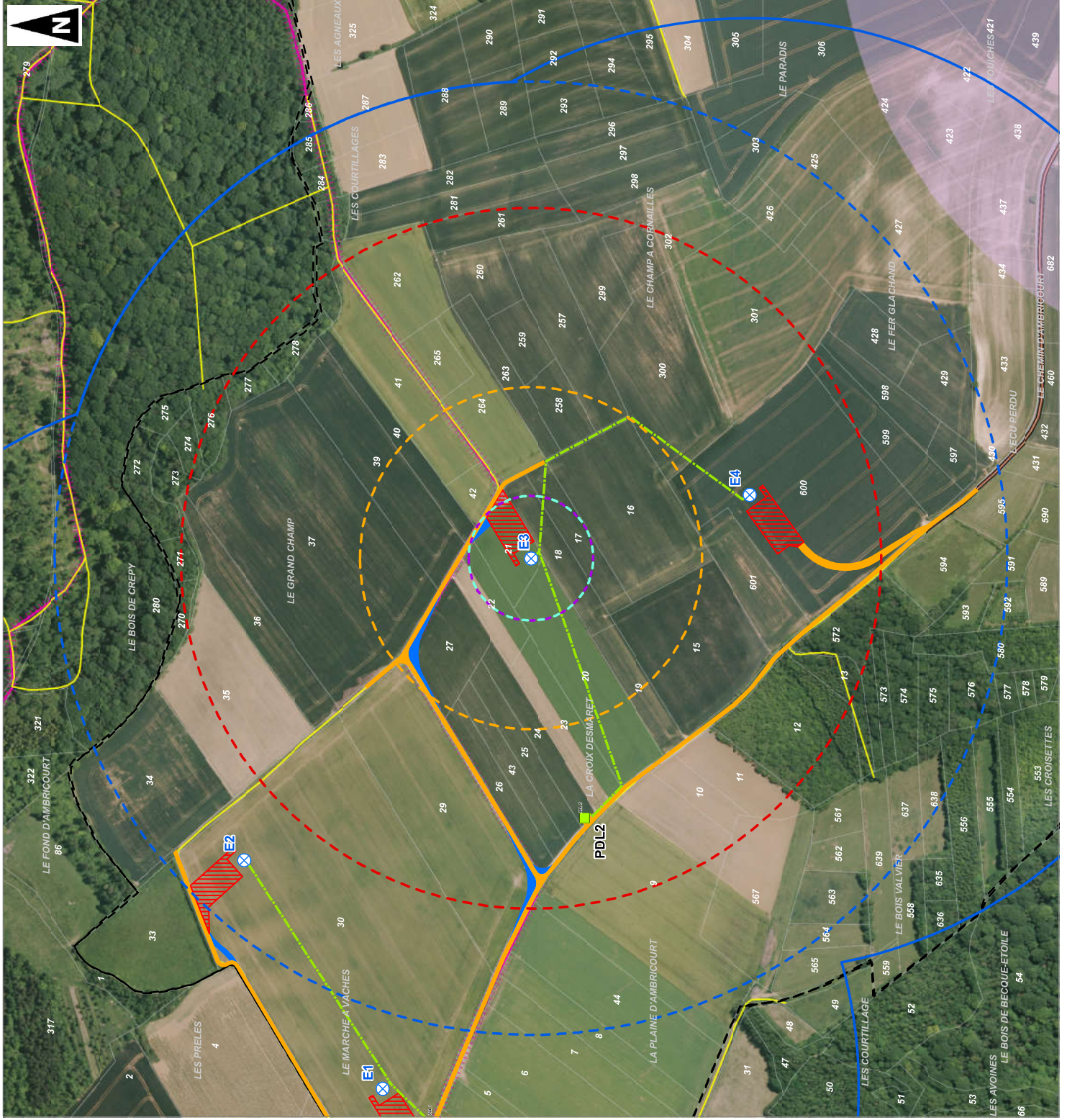
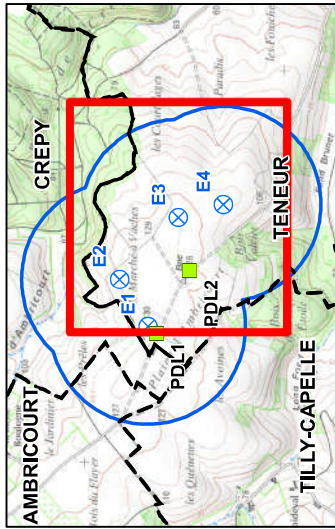


**1:4 000**

(Pour une impression sur format A3 sans réduction de taille)



**Carte des risques - E3**



**Réseau routier :**

- Éolienne projetée
- Poste de livraison
- Route départementale
- Réseau inter-éolien
- Réseau secondaire
- Aire d'étude de 500 m
- Virage à créer
- Chemin à créer et / ou à renforcer
- Sentier des Courtiltages
- Plateforme
- Parcelles
- Limite communale

**Réseau touristique :**

- Chemin à créer et / ou à renforcer
- Sentier des Courtiltages

**Périmètre(s) de zones d'effet des scenarii**

- Projection de pales ou fragments de pales (500m)
- Projection de glace (367,5m)
- Éfoulement de l'éolienne (179,5m)
- Chute de glace (65,5m)
- Chute d'éléments de l'éolienne (65,5m)

**Zones habitées et/ou à vocation d'habitat**

- Bâti
- Zone tampon de 500m autour des habitations et des zones à vocation d'habitat

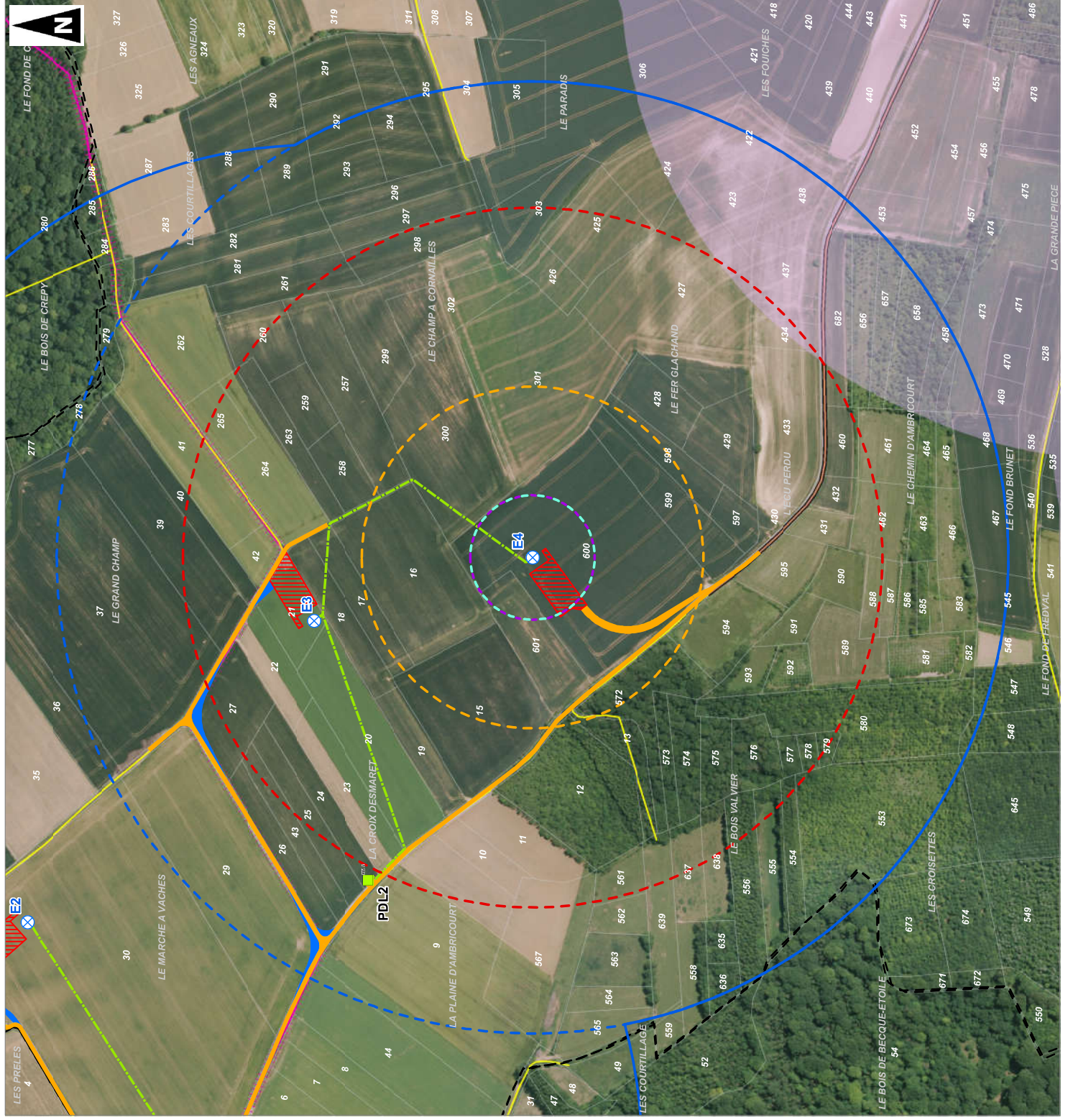
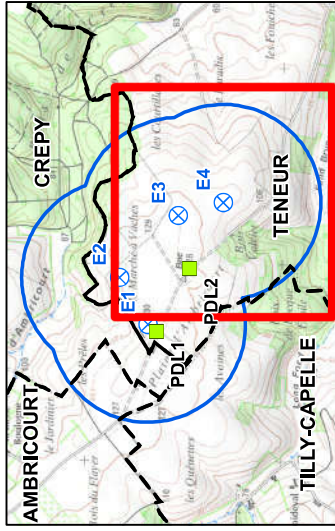


**1:4 000**  
(Pour une impression sur format A3 sans réduction de taille)

Réalisation : AUDICÉ, 2018  
Sources de données : PEGE Ortho, 2018®  
Sources de données : IGN BD Cartho® - ENERTRAG - AUDICÉ, 2018



**Carte des risques - E4**



**Réseau routier :**

- Éolienne projetée
- Poste de livraison
- Route départementale
- Réseau inter-éolien
- Réseau secondaire
- Aire d'étude de 500 m
- Virage à créer
- Chemin à créer et / ou à renforcer
- Sentier des Courtiltages

**Réseau touristique :**

- Plateforme
- Parcelles
- Limite communale

**Périmètre(s) de zones d'effet des scenarii**

- Projection de pales ou fragments de pales (500m)
- Projection de glace (367,5m)
- Éffondrement de l'éolienne (179,5m)
- Chute de glace (65,5m)
- Chute d'éléments de l'éolienne (65,5m)

**Zones habitées et/ou à vocation d'habitat**

- Bâti
- Zone tampon de 500m autour des habitations et des zones à vocation d'habitat



**1:4 000**  
(Pour une impression sur format A3 sans réduction de taille)

### 1.8.3.4 Conclusion

Après description de l'installation et de son environnement, il ressort que les potentiels de dangers d'un parc éolien sont relatifs :

- à des causes externes :
  - Présence d'ouvrages (voies de communications, réseaux) ;
  - Risques naturels (vents violents, foudre, mouvements de terrain, tremblements de terre, inondations) ;
- à des causes internes liées au fonctionnement des machines et aux produits utilisés :
  - Chute d'éléments de l'aérogénérateur (boulons, morceaux d'équipements, pale, etc.) ;
  - Projection d'éléments (morceaux de pale, brides de fixation, etc.) ;
  - Effondrement de tout ou partie de l'aérogénérateur ;
  - Echauffement de pièces mécaniques ;
  - Courts-circuits électriques (aérogénérateur ou poste de livraison).

Une analyse préliminaire des risques a été réalisée, basée d'une part sur l'accidentologie permettant d'identifier les accidents les plus courants et basée d'autre part sur une identification des scénarii d'accidents.

Pour chaque scénario d'accident, l'étude a procédé à une analyse systématique des mesures de maîtrise des risques.

Cinq catégories de scénarii sont ressorties de l'analyse préliminaire et font l'objet d'une étude détaillée des risques :

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

Ces scénarii regroupent plusieurs causes et séquences d'accident. Une cotation en intensité, probabilité, gravité et cinétique de ces événements permet de caractériser les risques pour toutes les séquences d'accidents.

Une recherche d'enjeux humains vulnérables a été réalisée dans chaque périmètre d'effet des cinq catégories d'accident, permettant de repérer les interactions possibles entre les risques et les enjeux.

La cotation en gravité et probabilité pour chacune des éoliennes permet de classer le risque de chaque scénario selon la grille de criticité employée et inspirée de la circulaire du 10 mai 2010.

**Après analyse détaillée des risques, selon la méthodologie de la circulaire du 10 mai 2010, il apparaît qu'aucun scénario étudié ne ressort comme inacceptable.**

L'exploitant a mis en œuvre des mesures adaptées pour maîtriser les risques :

- l'implantation permet d'assurer un éloignement suffisant des zones fréquentées,
- l'exploitant respecte la réglementation en vigueur,
- les systèmes de sécurité des aérogénérateurs sont adaptés aux risques.

Les systèmes de sécurité des aérogénérateurs seront maintenus dans le temps et testés régulièrement en conformité avec la réglementation en vigueur.

**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 actuelles.**

## CHAPITRE 2. OUVRAGES ELECTRIQUES

## 2.1 Réseaux électriques

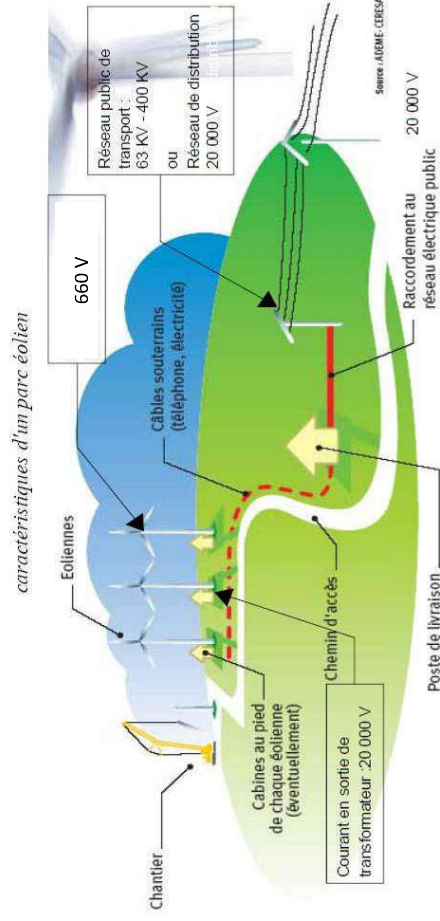


Figure 4. Schéma électrique d'un parc éolien (source : ADEME)

L'électricité produite en sortie d'éolienne est acheminée vers le(s) poste(s) de livraison par un jeu de câbles enterrés.

### ❖ Réseau inter-éolien

Le réseau inter-éolien permet de relier le transformateur de chaque aérogénérateur, au point de raccordement avec le réseau public (poste(s) de livraison). Ce réseau comporte également une liaison de télécommunication qui relie chaque éolienne au terminal de télésurveillance.

### ❖ Poste(s) de livraison

Le(s) poste(s) de livraison est/sont le nœud de raccordement de toutes les éoliennes avant que l'électricité ne soit injectée dans le réseau public.

Un poste de livraison est composé de 2 ensembles :

- une partie « électrique de puissance » où l'électricité produite par l'ensemble des éoliennes est livrée au réseau public d'électricité avec les qualités attendues (tension, fréquence, phase) et où des dispositifs de sécurité du réseau permettent à son gestionnaire de déconnecter instantanément le parc en cas d'instabilité du réseau ;
- une partie supervision : où l'ensemble des paramètres de contrôle des éoliennes sont collectés dans une base de données, elle-même consultable par l'exploitant du parc.

**Le projet éolien de Teneur comportera deux postes de livraison.**

### ❖ Réseau électrique externe

Une installation de production raccordée au réseau de distribution d'énergie électrique (réseau HTA) est composée schématiquement d'un poste de livraison assurant l'interface entre le réseau public de distribution inclus dans la concession de distribution et l'installation électrique intérieure. Cette dernière dessert les équipements généraux servant à assurer son bon fonctionnement ainsi que les unités de production proprement dites, avec leurs auxiliaires.

Le réseau électrique externe reliera les postes de livraison avec le poste source. Ce réseau sera réalisé par le gestionnaire du réseau de distribution. Il sera lui aussi entièrement enterré.

La partie de réseau entre les postes de livraison et le réseau public, appelé réseau externe ou raccordement, sera réalisé sous maîtrise d'ouvrage du distributeur.

### 2.1.1.1 Tracés de la liaison interne et caractéristiques des câbles électriques

Ce réseau sera réalisé au moyen de câbles souterrains qui seront enfouis à une profondeur de 0,90 m minimum avec grillage avertisseur, et emprunteront les accotements des voiries ainsi que des parcelles agricoles.

**Le réseau interne du projet éolien de Teneur est présenté en page suivante.**

#### 2.1.1.2 Raccordement externe au HTA

Le raccordement électrique externe à l'installation, c'est-à-dire entre les postes de livraison qui seront créés et le réseau public d'électricité existant, est réalisé sous la responsabilité du Gestionnaire de Réseau compétent, à savoir ENEDIS.

**La solution de raccordement au réseau électrique n'est pas encore identifiée puisque la destination et le tracé de raccordement ne seront définis qu'une fois les autorisations délivrées, conformément à la Procédure de Raccordement.**

Le décret n° 2018-1160 du 17 décembre 2018 indique : « *Sans préjudice des conditions prévues par d'autres réglementations, à l'exception des lignes électriques aériennes dont le niveau de tension est supérieur à 50 kV, la construction des ouvrages des réseaux publics d'électricité mentionnés à l'article R. 323-23 fait l'objet, avant le début des travaux, d'une consultation des maires des communes et des gestionnaires des domaines publics sur le territoire ou l'emprise desquels les ouvrages doivent être implantés ainsi que des gestionnaires de services publics concernés par le projet* ».

**Ces consultations seront effectuées après avoir défini le poste source de raccordement et un premier tracé des liaisons.**

**Le projet éolien de Teneur sera vraisemblablement raccordé par ENEDIS au poste source de Fruges qui est le plus proche. Cette solution ne sera confirmée qu'après l'obtention de l'autorisation du parc éolien, tout comme le tracé de raccordement qui sera élaboré par ENEDIS en concertation avec les collectivités et les gestionnaires de voiries concernées.**

#### 2.1.1.3 Respect des normes techniques

L'exploitant s'engage à respecter la conformité des liaisons électriques intérieures avec la réglementation technique en vigueur.

Les postes de livraison respecteront à minima les normes suivantes : NFC 13-100, NFC 13-200 et NFC 15-100.

Les câbles respecteront à minima la norme NFC 33 226 HTA (POPY).

### 2.1.1.4 Qualification du personnel

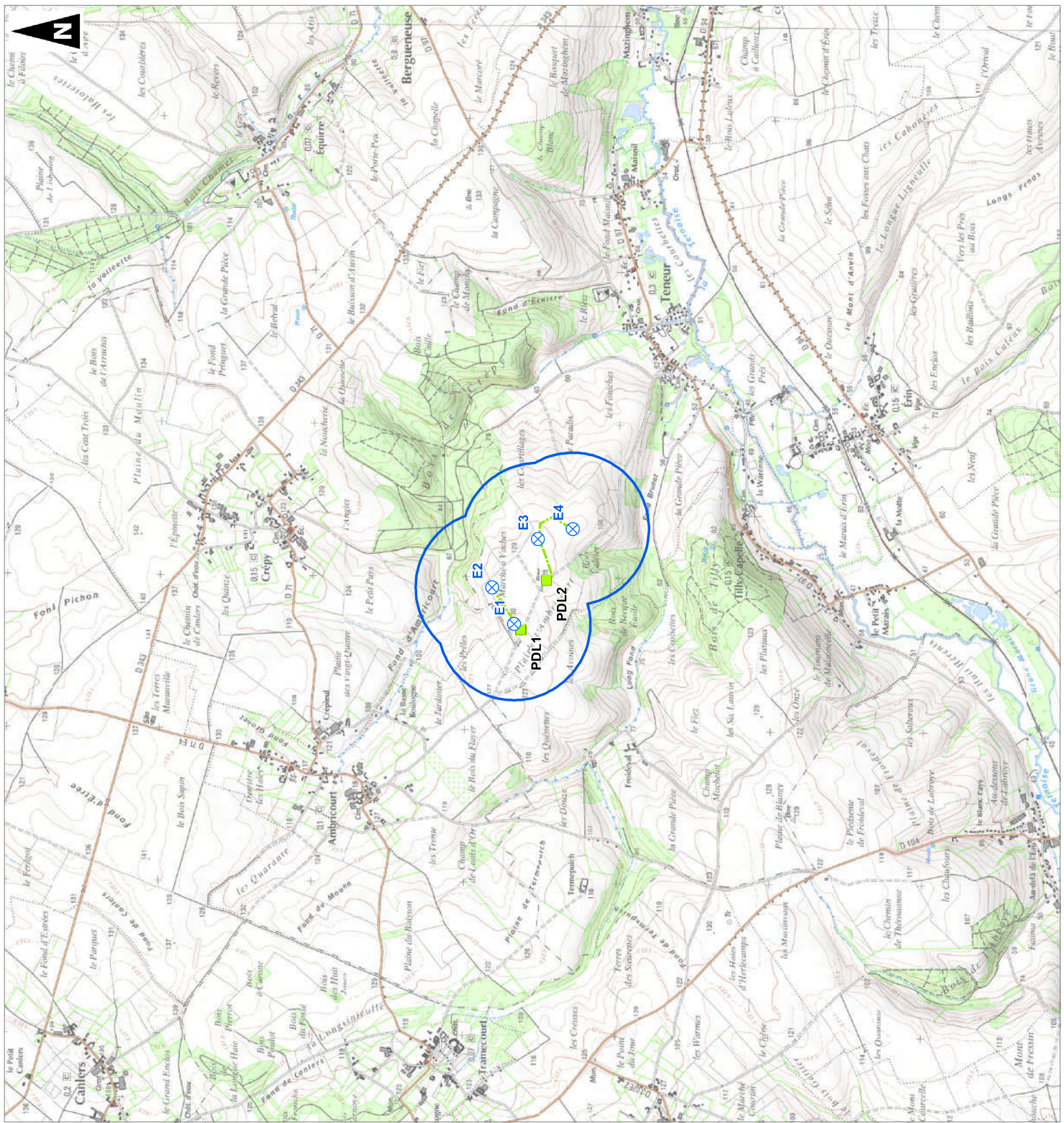
Le décret n°88-1056 du 14 novembre 1988 (consolidé au 22 juin 2001) pris pour l'exécution des dispositions du livre II du Code du travail (titre III : Hygiène, sécurité et conditions du travail) en ce qui concerne la protection des travailleurs dans les établissements qui mettent en œuvre des courants électriques, indique dans la section VI les règles de protection des travailleurs dans les établissements mettant en œuvre des courants électriques.

Le personnel sera qualifié pour l'intervention sur les équipements électriques.

Le personnel en charge de l'installation des équipements sera conforme à la norme NFC 18-510 pour les installations basse tension et haute tension. Des formations concernant également le personnel qui travaille sur des opérations d'ordre non-électriques, dans le voisinage et la zone des installations électriques.

Au moment du chantier, un plan de prévention sera mis en place pour identifier par thèmes les risques liés au chantier et mettre en place des actions pour les éviter.

### Carte de situation



- Éolienne projetée
- Poste de livraison
- Réseau inter-éolien
- Aire d'étude de 500 m
- Limite communale
- Limite départementale



1:25 000

(Pour une impression sur format A3 sans réduction de taille)  
 Réalisation : AUDDICE, 2018  
 Source de fond de carte : IGN Scan 100<sup>th</sup> et Scan 1000<sup>th</sup>  
 Sources de données : IGN BD Cartho - ENERTRAG - AUDDICE, 2018

## CHAPITRE 3. BIBLIOGRAPHIE





- [1] L'évaluation des fréquences et des probabilités à partir des données de retour d'expérience (ref DRA-11-117406-04648A), INERIS, 2011 ;
- [2] NF EN 61400-1 Eoliennes – Partie 1 : Exigences de conception, Juin 2006 ;
- [3] Wind Turbine Accident data to 31 March 2011, Caithness Windfarm Information Forum ;
- [4] Site Specific Hazard Assessment for a wind farm project – Case study – Germanischer Lloyd, Windtest Kaiser-Wilhelm-Koog GmbH, 2010/08/24 ;
- [5] Guide for Risk-Based Zoning of wind Turbines, Energy research centre of the Netherlands (ECN), H. Braam, G.J. van Mulekom, R.W. Smit, 2005 ;
- [6] Specification of minimum distances, Dr-ing. Veenker ingenieursgesellschaft, 2004 ;
- [7] Permitting setback requirements for wind turbine in California, California Energy Commission – Public Interest Energy Research Program, 2006 ;
- [8] Oméga 10 : Evaluation des barrières techniques de sécurité, INERIS, 2005 ;
- [9] Arrêté du 26 août 2011 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 installations classées pour la protection de l'environnement ;
- [10] Arrêté du 29 Septembre 2005 relatif à l'évaluation et à la prise en compte de la probabilité d'occurrence, de la cinétique, de l'intensité des effets et de la gravité des conséquences des accidents potentiels dans les études de dangers des installations classées soumises à autorisation ;
- [11] Circulaire du 10 mai 2010 récapitulant les règles méthodologiques applicables aux études de dangers, à l'appréciation de la démarche de réduction du risque à la source et aux plans de prévention des risques technologiques (PPRT) dans les installations classées en application de la loi du 30 Juillet 2003 ;
- [12] Bilan des déplacements en Val-de-Marne, édition 2009, Conseil Général du Val-de-Marne ;
- [13] Arrêté du 29 Septembre 2005 relatif à l'évaluation et à la prise en compte de la probabilité d'occurrence, de la cinétique, de l'intensité des effets et de la gravité des conséquences des accidents potentiels dans les études de dangers des installations classées soumises à autorisation ;
- [14] Alpine test site Gütsch : monitoring of a wind turbine under icing conditions- R. Cattin et al ;
- [15] Wind energy production in cold climate (WECO), Final report - Bengt Tammelin et al. – Finnish Meteorological Institute, Helsinki, 2000 ;
- [16] Rapport sur la sécurité des installations éoliennes, Conseil Général des Mines - Guillet R., Leteurtruis J.-P. - juillet 2004 ;
- [17] Risk analysis of ice throw from wind turbines, Seifert H., Westerhellweg A., Kröning J. - DEWI, avril 2003 ;
- [18] Wind energy in the BSR : impacts and causes of icing on wind turbines, Narvik University College, novembre 2005 ;
- [19] Décret n°2016-687 du 27 mai 2016 relatif à l'autorisation d'exploiter les installations de production d'électricité ;
- [20] Arrêté du 22 juin 2020 portant modification des prescriptions relatives 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 installations classées pour la protection de l'environnement.