

# Résumé non technique de l'étude de dangers

## Ferme éolienne de la Fontaine du Berger

**Version consolidée Avril 2017**



**Volkswind France SAS**

**SAS au capital de 250 000 € R.C.S PARIS 439 906 934**

Centre Régional de Tours

« Les Granges Galand »

37550 SAINT AVERTIN

Tél : 02.47.54.27.44 / Fax : 02.47.54.67.58

[www.volkswind.fr](http://www.volkswind.fr)

## SOMMAIRE

<b>I.</b>	<b>RESUME NON TECHNIQUE.....</b>	<b>4</b>
<b>II.</b>	<b>DEFINITION DU PERIMETRE D'ETUDE .....</b>	<b>4</b>
<b>III.</b>	<b>DESCRIPTION DE L'ENVIRONNEMENT DE L'INSTALLATION .....</b>	<b>5</b>
	III.1. Le parc éolien.....	5
	III.2. L'éolienne .....	5
	III.3. Les aires de montage.....	10
	III.4. Le raccordement.....	10
<b>IV.</b>	<b>DESCRIPTION DE L'ENVIRONNEMENT.....</b>	<b>14</b>
	IV.1. L'environnement humain et matériel.....	14
	IV.2. L'environnement naturel.....	15
	IV.3. Synthèse des enjeux autour du projet.....	17
<b>V.</b>	<b>PRESENTATION DE LA METHODE D'ANALYSE DES RISQUES.....</b>	<b>18</b>
	V.1. Identification des potentiels de dangers de l'installation .....	18
	V.2. Analyse du retour d'expérience.....	18
	V.3. Analyse préliminaire des risques .....	18
	V.4. Étude détaillée des risques.....	21

### Table des illustrations

Figure 1: Schéma simplifié d'un aérogénérateur .....	6
Figure 2: Illustration des emprises au sol d'une éolienne.....	10
Figure 3 : Raccordement électrique des installations .....	10
Figure 4 : Plan du poste de livraison 11 m x 2,5 m.....	11
Figure 5 : Rose des vents pour les relevés de la station météorologique de Saint-Quentin-Roupy (Source : Météo-France) .....	15

### Table des tableaux

Tableau 1 : Caractéristiques de l'éolienne Nordex N117 3600.....	8
Tableau 2 : ICPE les plus proches du périmètre d'étude.....	14
Tableau 3: Arrêtés de reconnaissance de catastrophe naturelle sur la commune de Macquigny (Source : Prim.net) .....	16
Tableau 4: Classes de probabilité.....	22

### Table des cartes

Carte 1 : Localisation générale du projet (Source : Géoportail).....	4
Carte 2 : Périmètre d'étude autour du projet.....	5
Carte 3: Plan général du poste de livraison 1.....	12

Carte 4: Plan général du poste de livraison 2.....	12
Carte 5: Plan général du poste de livraison 3.....	13
Carte 6 : Carte de localisation du réseau inter-éolienne .....	13
Carte 7 : Cartographie de synthèse des différents réseaux .....	17
Carte 8 : Synthèse des risques de l'éolienne E01.....	25
Carte 9 : Synthèse des risques de l'éolienne E02.....	26
Carte 10 : Synthèse des risques de l'éolienne E03.....	27
Carte 11 : Synthèse des risques de l'éolienne E04.....	28
Carte 12 : Synthèse des risques de l'éolienne E05.....	29
Carte 13 : Synthèse des risques de l'éolienne E06.....	30
Carte 14 : Synthèse des risques de l'éolienne E07.....	31
Carte 15 : Synthèse des risques de l'éolienne E08.....	32
Carte 16 : Synthèse des risques de l'éolienne E09.....	33
Carte 17 : Synthèse des risques de l'éolienne E10.....	34

## I. RESUME NON TECHNIQUE

L'étude de dangers a pour rôle d'identifier de manière exhaustive les potentiels de dangers et les risques associés afin de déterminer et de mettre en œuvre les moyens pour en réduire les impacts et la probabilité.

Cette étude de danger est réalisée avec les deux gabarits d'éolienne qui équiperont la ferme éolienne de la Fontaine du Berger : Nordex N117 – 3,6 MW (hauteur de moyeu de 91m pour l'éolienne E1) et Nordex N117 – 3,6 MW (hauteur de moyeu de 106m pour les 9 autres machines). Pour les calculs, les hauteurs sommitales de ces éoliennes sont respectivement de 149 m et 164 m.

### ❖ Localisation du site

Le parc éolien de la Fontaine du Berger est composé de 10 aérogénérateurs. Il est localisé sur la commune de Macquigny, dans le département de l'Aisne (02) en région Hauts-de-France.



Carte 1 : Localisation générale du projet (Source : Géoportail)

## II. DÉFINITION DU PÉRIMÈTRE D'ÉTUDE

Le « périmètre d'étude » est le périmètre autour du projet dans lequel sera étudié plus particulièrement les potentiels de dangers et risques associés identifiés dans le cadre de cette étude. Il correspond à la plus grande distance d'effet des scénarios développés dans la suite de l'étude.

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

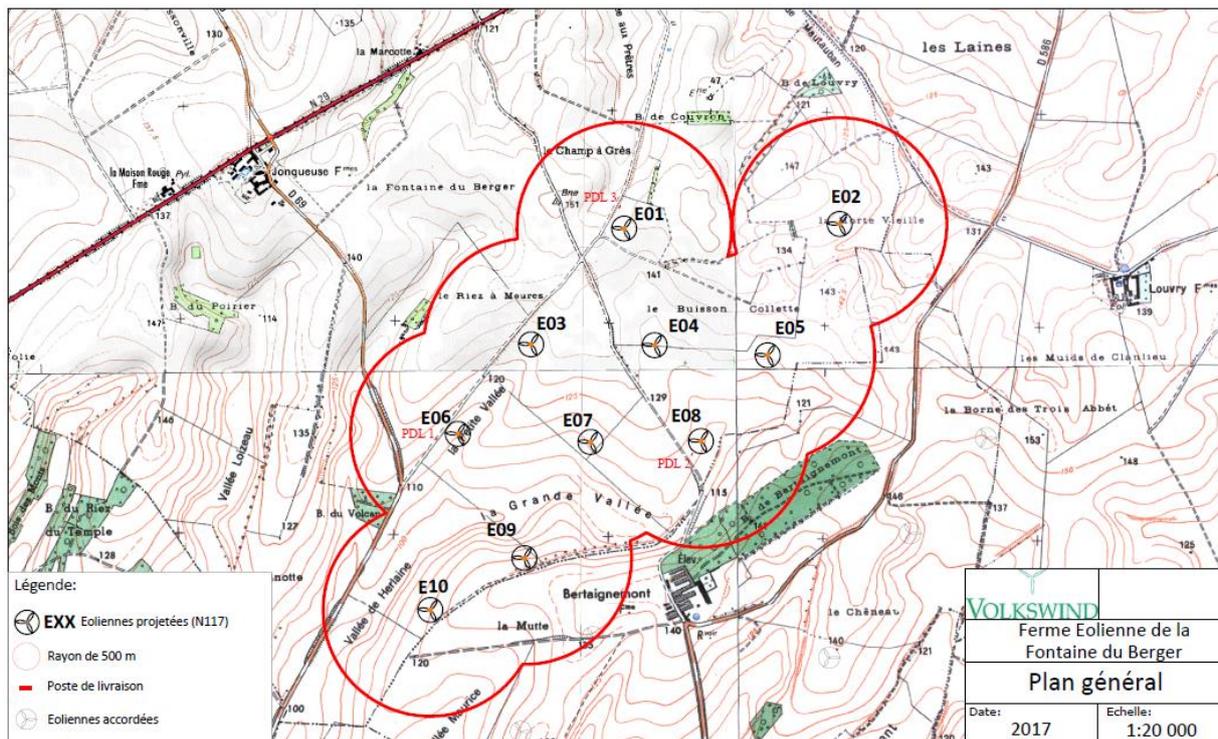
Chaque aire d'étude correspond à l'ensemble des points situés à une distance inférieure ou égale à 500 m à partir de l'emprise du mât de l'aérogénérateur. Cette distance équivaut à la distance d'effet retenue pour les phénomènes de projection d'élément de l'éolienne.

### III. DESCRIPTION DE L'ENVIRONNEMENT DE L'INSTALLATION

#### III.1. LE PARC EOLIEN

Le parc éolien de la Fontaine du Berger se situe sur la commune de Macquigny dans le département de l'Aisne. Avec 10 éoliennes de type N117-3,6 MW, la puissance totale du parc est de 36 MW. Les aérogénérateurs sont positionnés en 3 lignes parallèles. Trois postes de livraison sont projetés, localisés à proximité des éoliennes E01, E06 et E08.

Les éoliennes seront équipées d'un balisage lumineux.



Carte 2 : Périmètre d'étude autour du projet

#### III.2. L'ÉOLIENNE

Les 10 éoliennes prévues sont des NORDEX N117-3,6MW. Neuf ont une hauteur de moyeu de 106 mètres et un diamètre de rotor de 117m, soit une hauteur totale en bout de pale de 164 mètres. L'aérogénérateur E01 a une hauteur de moyeu de 91 mètres et un diamètre de rotor identique (117m), soit une hauteur totale en bout de pale de 149 mètres.

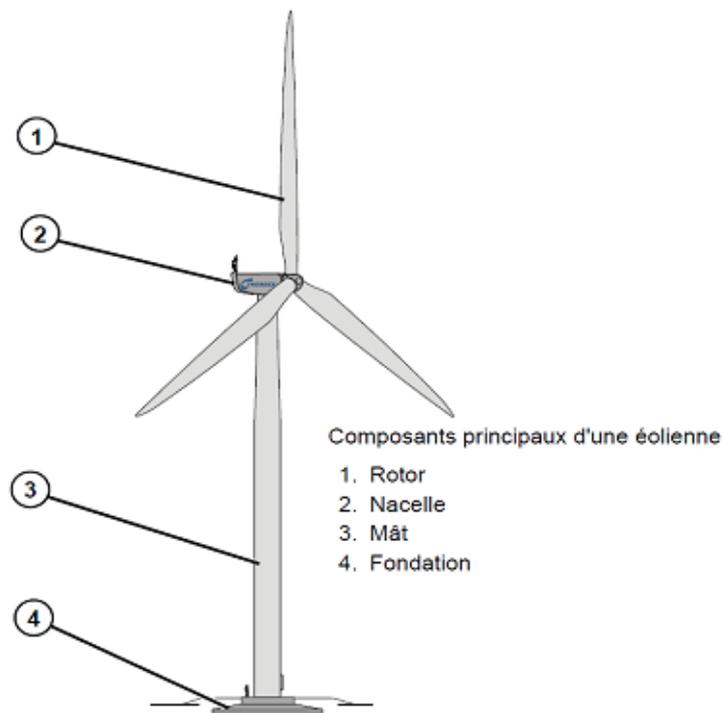


Figure 1: Schéma simplifié d'un aérogénérateur

Caractéristiques de l'éolienne Nordex N117 3600		
<b>Conditions climatiques</b>	Température ambiante de survie	-20 °C à +50 °C
	Puissance nominale	-20 °C à +40 °C
	Arrêter	-20 °C, redémarrage à -18 °C
	Certificat	Classe 2 selon IEC 61400-1
<b>Conception technique</b>	Puissance nominale	3600 kW
	Régulation de puissance	Variation active de pale individuelle
	Diamètre du rotor	116,8 m
	Hauteur du moyeu	91 m pour l'éolienne E01 / 106 m pour les éoliennes E02 à E10.
	Concept de l'installation	Boite de vitesse, vitesse de rotation variable
	Plage de vitesse de rotation du rotor	7,9 à 14,1 tours par minute
<b>Rotor</b>  <i>Capte l'énergie mécanique du vent et la transmette à la génératrice</i>	Type	Orientation active des pales face au vent
	Sens de rotation	Sens horaire
	Nombre de pales	3
	Surface balayée	10 751 m <sup>2</sup>
	Contrôle de vitesse	Variable via microprocesseur
	Contrôle de survitesse	Pitch électromotorisé indépendant sur chaque pale

<b>Caractéristiques de l'éolienne Nordex N117 3600</b>		
	Matériau des pales	Plastique renforcé à la fibre de verre (GFK), protection contre la foudre intégrée en accord complet avec la norme IEC 61 - 400-24 (Juin 2010)
<b>Nacelle</b>  <i>Supporte le rotor et abrite le dispositif de conversion de l'énergie mécanique en électricité (génératrice, etc.) ainsi que les dispositifs de contrôle et de sécurité</i>	Arbre de rotor <i>Transmet le mouvement de rotation des pales</i>	Entraîné par les pales
	Multiplicateur <i>Augmente le nombre de rotation de l'arbre</i>	Engrenage planétaire à plusieurs étages + étage à roue dentée droite ou entraînement différentiel Tension nulle
	Génératrice <i>Produit l'électricité</i>	Asynchrone à double alimentation Tension de 660 V
<b>Système de freinage</b>	Frein principal aérodynamique	Orientation individuelle des pales par activation électromécanique avec alimentation de secours
	Frein auxiliaire mécanique	Frein à disque à actionnement actif sur l'arbre rapide
<b>Mât</b>  <i>Supporte le rotor et la nacelle</i>	Type	Tubulaire en acier
	Nombre de sections	3 pour l'éolienne E01 / 4 pour les éoliennes E02 à E10.
	Protection contre la corrosion	Revêtement multicouche résine époxy
	Fixation du pied du mât	Cage d'ancrage noyée dans le béton de fondation
<b>Transformateur</b>  <i>Elève la tension de sortie de la génératrice avant l'acheminement du courant électrique par le réseau</i>	Caractéristiques	A l'intérieur du mât Tension de 20 kV à la sortie
<b>Fondation</b>  <i>Ancre et stabilise le mât dans le sol</i>	Type	En béton armé, de forme octogonale
	Dimensions	Design adapté en fonction des études géotechnique et hydrogéologique réalisées avant la construction
<b>Contrôle commande</b>	Type matériel logiciel	Remote Field Controller/PLC, Nordex Control 2
	Démarrage automatique après coupure de réseau	Oui
	Démarrage automatique après vent de coupure	Oui
<b>Périodes de fonctionnement</b>	1,1 à 3 m/s	Un automate, informé par une girouette, commande aux moteurs d'orientation de placer l'éolienne face au vent
	Environ 3 m/s	Le vent est suffisant pour générer de l'électricité. L'éolienne peut être couplée au réseau électrique

Caractéristiques de l'éolienne Nordex N117 3600		
	> 3 m/s	La génératrice délivre un courant électrique alternatif, dont l'intensité varie en fonction de la vitesse du vent
	12 à 25 m/s	L'éolienne fournit sa puissance nominale. Cette dernière est maintenue constante grâce à une réduction progressive de la portance des pales
<b>Poste de livraison</b>  <i>Adapte les caractéristiques du courant électrique à l'interface entre le réseau privé et le réseau public</i>	Caractéristiques	Equipé de différentes cellules électriques et automates qui permettent la connexion et la déconnexion du parc éolien au réseau 20 kV

Tableau 1 : Caractéristiques de l'éolienne Nordex N117 3600

#### ❖ Principe de fonctionnement

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

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 de 12 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 5 et 20 tr/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 50 km/h à hauteur de nacelle, l'éolienne fournit sa puissance maximale. Cette puissance est dite «nominale».

Pour un aérogénérateur de 2,5 MW par exemple, la production électrique atteint 2 500 kWh dès que le vent atteint environ 50 km/h. L'électricité produite par la génératrice correspond à un courant alternatif de fréquence 50 Hz avec une tension de 400 à 690 V. La tension est ensuite élevée jusqu'à 20 000 V par un transformateur placé dans chaque éolienne pour être ensuite injectée dans le réseau électrique public.

#### ❖ Sécurité de l'installation

La société Nordex, fournissant les machines et en assurant la maintenance, est certifiée ISO 9001. Le système de management de la qualité et tous les processus de production sont conformes à la norme ISO 9001.

Les aérogénérateurs de type N117/3600 font l'objet d'évaluations de conformité (tant lors de la conception que lors de la construction), de certifications de type (certifications CE) par un organisme agréé et de déclarations de conformité aux standards et directives applicables. Les équipements projetés répondront aux normes internationales de la Commission électrotechnique internationale (CEI) et Normes françaises (NF) homologuées relatives à la sécurité des éoliennes, et notamment :

- la norme IEC61400-1 / NF EN 61400-1 Juin 2006 intitulée « Exigence de conception », qui spécifie les exigences de conception essentielles pour assurer l'intégrité technique des éoliennes. Elle a pour objet de fournir un niveau de protection approprié contre les dommages causés par tous les risques pendant la durée de vie prévue. Elle concerne tous les sous-systèmes des éoliennes tels que les mécanismes de commande et de protection, les systèmes électriques internes, les systèmes mécaniques et les structures de soutien ; La norme IEC 61400-1 spécifie les exigences de conception essentielles pour assurer l'intégrité technique des éoliennes.

- la norme IEC61400-22 / NF EN 61400-22 Avril 2011 intitulée « essais de conformité et certification », qui définit les règles et procédures d'un système de certification des éoliennes comprenant la certification de type et la certification des projets d'éoliennes installées sur terre ou en mer. Ce système spécifie les règles relatives aux procédures et à la gestion de mise en œuvre de l'évaluation de la conformité d'une éolienne et des parcs éoliens, avec les normes spécifiques et autres exigences techniques en matière de sécurité, de fiabilité, de performance, d'essais et d'interaction avec les réseaux électriques.
- la norme CEI/TS 61400-23:2001 Avril 2001 intitulée « essais en vraie grandeur des structures des pales » relative aux essais mécaniques et essais de fatigue.

D'autres normes de sécurité sont applicables :

- la génératrice est construite suivant le standard IEC60034 et les équipements mécaniques répondent aux règles fixées par la norme ISO81400-4.
- la protection foudre de l'éolienne répond au standard IEC61400-24 et aux standards non spécifiques aux éoliennes comme IEC62305-1, IEC62305-3 et IEC62305-4.
- la Directive 2004/108/EC du 15 décembre 2004 relative aux réglementations qui concernent les ondes électromagnétiques.
- le traitement anticorrosion des éoliennes répond à la norme ISO 9223.

Au cours de la construction de l'éolienne, le maître d'ouvrage mandatera un bureau de vérification pour le contrôle technique de construction.

Les performances des éoliennes sont garanties dans la mesure où les conditions d'installation sont conformes aux spécifications NORDEX

#### ❖ **Opérations de maintenance de l'installation**

Le programme préventif de maintenance s'étale sur quatre niveaux :

- type 1 : vérification après 300 à 500 heures de fonctionnement (contrôle visuel du mât, des fixations fondation/tour, tour/nacelle, rotor...et test du système de déclenchement de la mise en sécurité de l'éolienne),
- type 2 : vérification semestrielle des équipements mécaniques et hydrauliques,
- type 3 : vérification annuelle des matériaux (soudures, corrosions), de l'électrotechnique et des éléments de raccordement électrique,
- type 4 : vérification quinquennale de forte ampleur pouvant inclure le remplacement de pièces.

Chacune des interventions sur les éoliennes ou leurs périphériques fait l'objet de l'arrêt du rotor pendant toute la durée des opérations.

Pour la maintenance, une équipe de techniciens spécialisés est implantée à proximité du parc. En cas de déviance sur la production ou d'avarie techniques, l'équipe de maintenance interviendra sur le site.

Ainsi l'installation est conforme aux prescriptions de l'arrêté ministériel relatif aux installations soumises à autorisation au titre de la rubrique 2980 des installations classées en matière d'exploitation

### III.3. LES AIRES DE MONTAGE

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 de l'éolienne** est recouverte de terre végétale. Ses dimensions exactes sont calculées en fonction des aérogénérateurs et des propriétés du sol.
- **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.

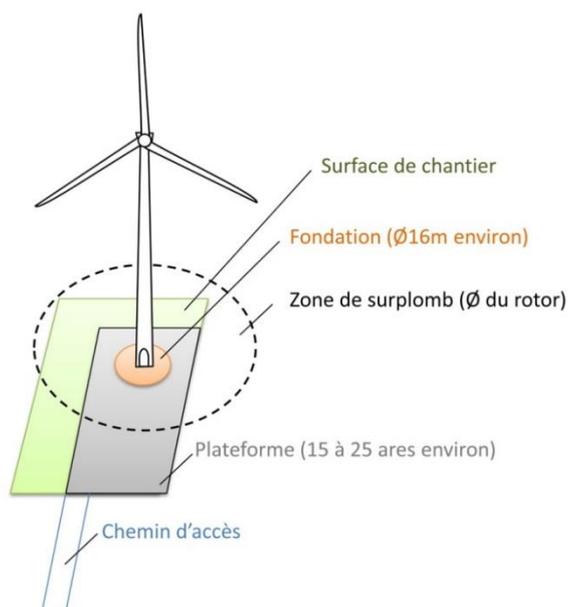


Figure 2: Illustration des emprises au sol d'une éolienne

### III.4. LE RACCORDEMENT

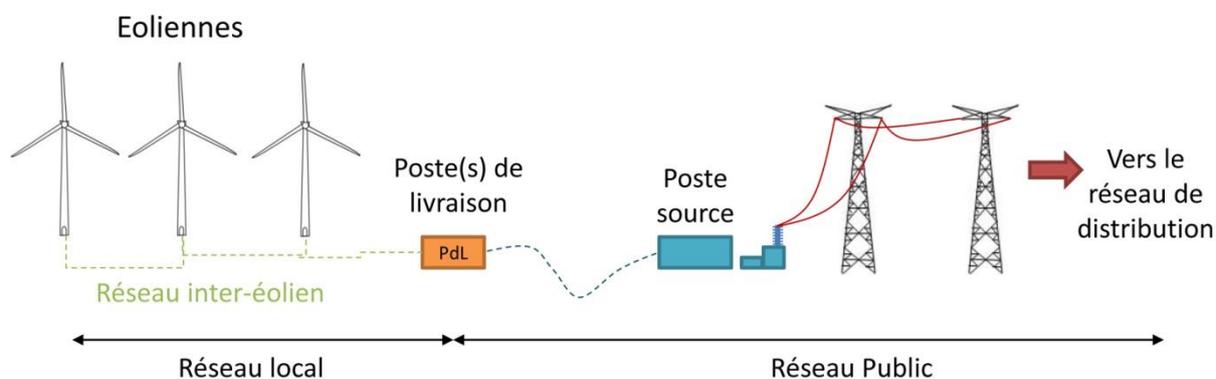


Figure 3 : Raccordement électrique des installations

## ❖ Réseau inter-éolien

Le réseau inter-éolien permet de relier le transformateur, intégré ou non dans le mât de chaque éolienne<sup>1</sup>, au point de raccordement avec le réseau public. Ce réseau comporte également une liaison de télécommunication qui relie chaque éolienne au terminal de télésurveillance. Ces câbles constituent le réseau interne de la centrale éolienne, ils sont tous enfouis à une profondeur minimale de 80 cm.

## ❖ Poste de livraison

Le poste de livraison est le nœud de raccordement de toutes les éoliennes avant que l'électricité ne soit injectée dans le réseau public. Certains parcs éoliens, par leur taille, peuvent posséder plusieurs postes de livraison, voire se raccorder directement sur un poste source, qui assure la liaison avec le réseau de transport d'électricité (lignes haute tension).

Les postes de livraison seront composés de compteurs électriques, de cellules de protection, de sectionneurs et de filtres électriques. La tension réduite de ces équipements (20 000 volts) n'entraîne pas de risque magnétique important. Leur impact est donc globalement limité à leur emprise au sol d'un total de 27,5 m<sup>2</sup> chacun. L'impact paysager de ces derniers est de plus limité par une teinte en accord avec le paysage local.

La localisation exacte des postes de livraison est fonction de la proximité du réseau inter-éolien et de la localisation du poste source vers lequel l'électricité est ensuite acheminée.

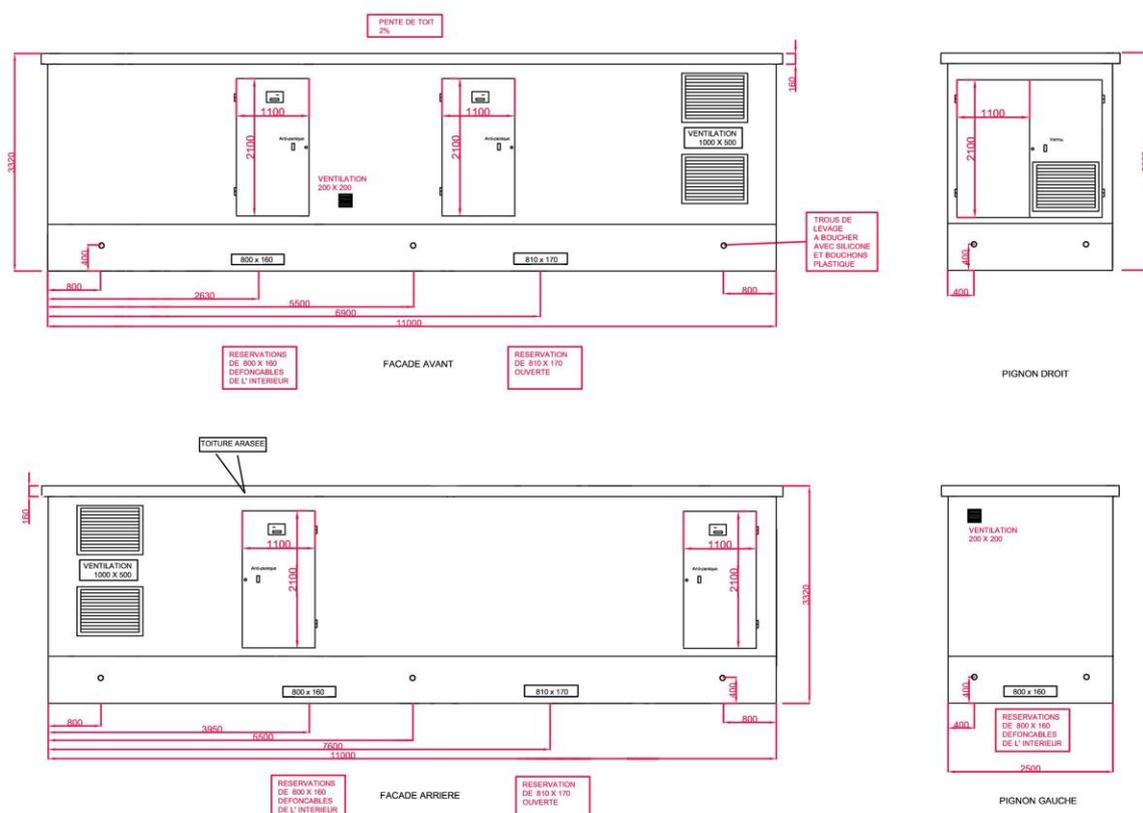
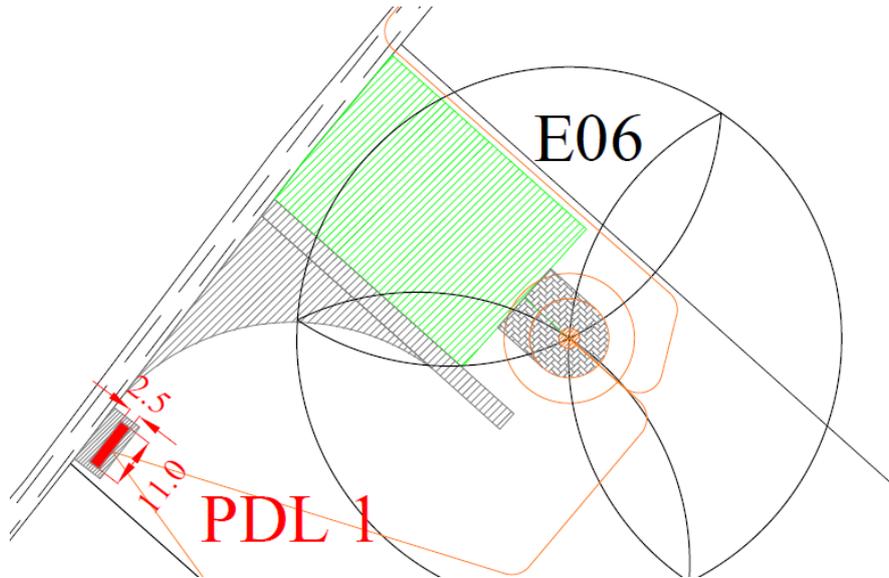
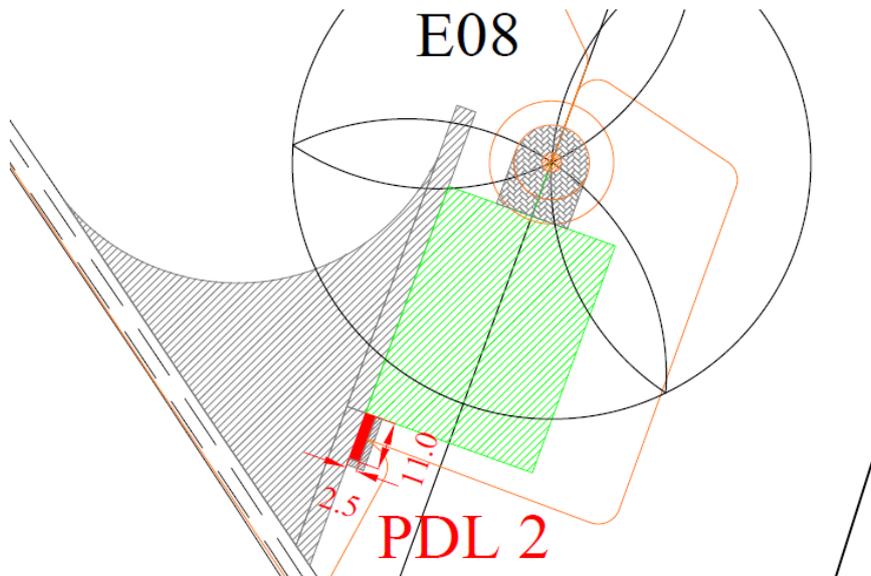


Figure 4 : Plan du poste de livraison 11 m x 2,5 m

<sup>1</sup> Si le transformateur n'est pas intégré au mât de l'éolienne, il est situé à l'extérieur du mât, à proximité immédiate, dans un local fermé.



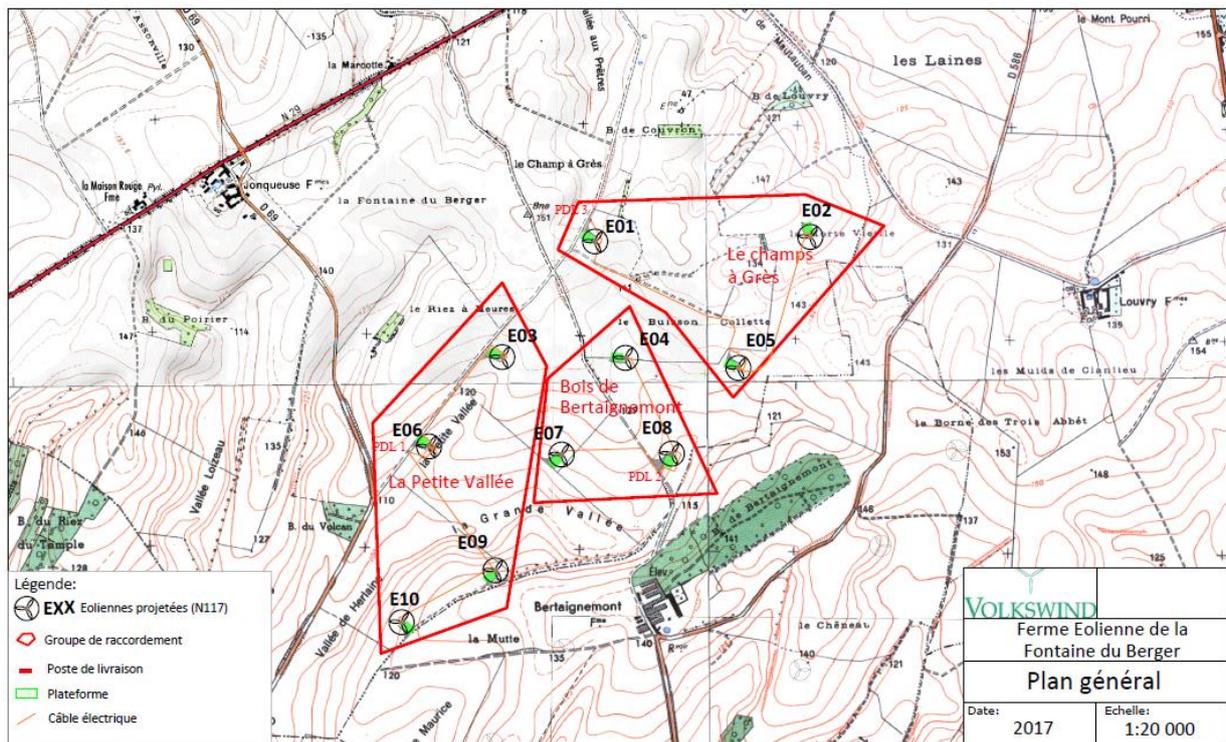
Carte 3: Plan général du poste de livraison 1



Carte 4: Plan général du poste de livraison 2



Carte 5: Plan général du poste de livraison 3



Carte 6 : Carte de localisation du réseau inter-éolienne

## IV. DESCRIPTION DE L'ENVIRONNEMENT

### IV.1. L'ENVIRONNEMENT HUMAIN ET MATERIEL

#### ❖ Les zones urbanisées

La commune de Macquigny comptait 374 habitants en 2012 (Source : INSEE). Il n'y a pas d'habitation dans le périmètre d'étude d'un rayon de 500 m autour des éoliennes.

La commune de Macquigny ne dispose d'aucun document d'urbanisme. L'urbanisation de cette commune est donc réglementée par le RNU (Règlement National d'Urbanisme).

#### ❖ Etablissements recevant du public (ERP)

Aucun ERP ne se trouve dans le périmètre d'étude du projet.

#### ❖ Installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE)

D'après la base des données des installations classées du ministère de l'Ecologie, du Développement durable et de l'Energie, aucune installation SEVESO n'est répertoriée sur la commune de Macquigny.

Aucune ICPE n'est répertoriée sur la commune de Macquigny cependant deux sites implantés sur la commune voisine de Landifay et Bertaignemont sont répertoriés.

Commune	Nom du site	Régime de classement au titre des ICPE	État d'activité	Distance au projet (m)
Landifay et Bertaignemont	DE Bertaignemont SA ex CARLIER	Autorisée	En exploitation	546
Landifay et Bertaignemont	Parc éolien de la Mutte	Autorisée	Non construit	490

Tableau 2 : ICPE les plus proches du périmètre d'étude

Aucune installation nucléaire de base n'est répertoriée sur la commune de Macquigny.

#### ❖ Voies de communication

Deux voies communales sont présentes sur la zone d'étude : la voie communale n°03 (Macquigny) et la voie communale n°08 (Audigny) à l'est. Le reste des voies de communication sur la zone d'étude est composé de chemins ruraux et d'exploitation. La route départementale D69 traverse, à l'ouest, le périmètre des 500 m des éoliennes E06 et E10 (cf. carte 3 page 4).

#### ❖ Réseaux publics et privés

Seul un faisceau hertzien de la gendarmerie nationale traverse le périmètre des 500 m des éoliennes E06 et E10.

## IV.2. L'ENVIRONNEMENT NATUREL

### ❖ Climat

Le département de l'Aisne bénéficie d'un climat océanique dégradé. Les hivers sont frais et les étés sont doux. L'amplitude thermique entre le mois le plus chaud et le plus froid peut-être assez importante avec 14,6°C.

La station météorologique de Saint-Quentin-Roupy se situe à environ 20 km à l'ouest de la zone d'étude.

Selon cette dernière, le mois de juillet est le mois le plus chaud avec une température moyenne de 17,5°C. Le mois le plus froid est janvier avec une température moyenne de 2,9°C.

À Saint-Quentin-Roupy, il est possible d'avoir des températures inférieures ou égales à 0°C cinq mois par an. On rencontre également des températures inférieures ou égales à -5°C durant les mois de janvier, février, mars, novembre et décembre.

À Saint-Quentin-Roupy, la pluviométrie annuelle est de 568,7 mm.

### ❖ Potentiel éolien

La rose des vents ci-dessous, issue des données de la station de Saint-Quentin-Roupy située à environ 20 km à l'ouest du projet, est fournie à titre indicatif. En effet, elle ne peut pas représenter fidèlement les régimes de vent observés au niveau local. Cependant, les vents peuvent être considérés majoritairement de secteur nord-nord-est et sud-ouest.

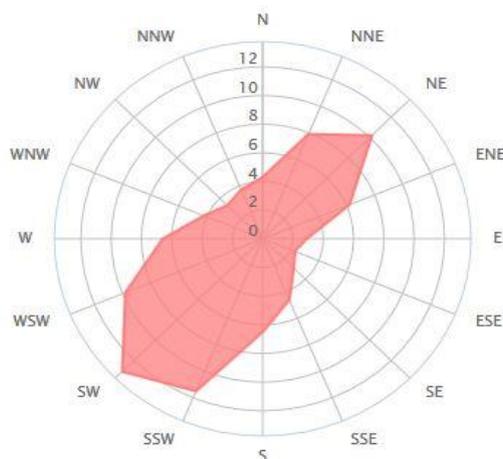


Figure 5 : Rose des vents pour les relevés de la station météorologique de Saint-Quentin-Roupy  
(Source : Météo-France)

### ❖ Risques naturels

#### La foudre

Les éoliennes sont des projets de grande dimension pour lesquels le risque orageux et notamment la foudre, doit être prise en compte. L'activité orageuse d'une région est définie par le niveau kéraunique (Nk), c'est-à-dire le nombre de jours pendant lesquels on entend gronder le tonnerre.

Le niveau Kéraunique de la zone de projet est inférieur ou égal à 25 jours par an. Les grands orages sont donc exceptionnels sur cette partie du territoire, la zone d'étude étant dans une région française où le niveau kéraunique est le plus faible.

### Sismicité

Le territoire national est divisé au niveau cantonal en cinq zones de sismicité croissante en fonction de la probabilité d'occurrence des séismes :

- Une zone de sismicité 1 où il n'y a pas de prescription parasismique particulière,
- Quatre zones 2, 3, 4 et 5, où les règles de construction parasismiques sont applicables.

D'après la carte des aléas sismiques sur le territoire national, la zone de projet se trouve dans une zone où la sismicité est très faible (zone de sismicité 1).

### Inondation

La commune de Macquigny possède un PPRI sur son territoire. L'aléa de remontée des nappes est classé très faible à très élevé sur la zone d'étude.

### Le risque de retrait ou de gonflement des argiles

Le risque de retrait ou de gonflement des argiles rendent le sol instable et peuvent occasionner des dégâts importants aux constructions. Le site d'implantation se situe en aléa faible à nul.

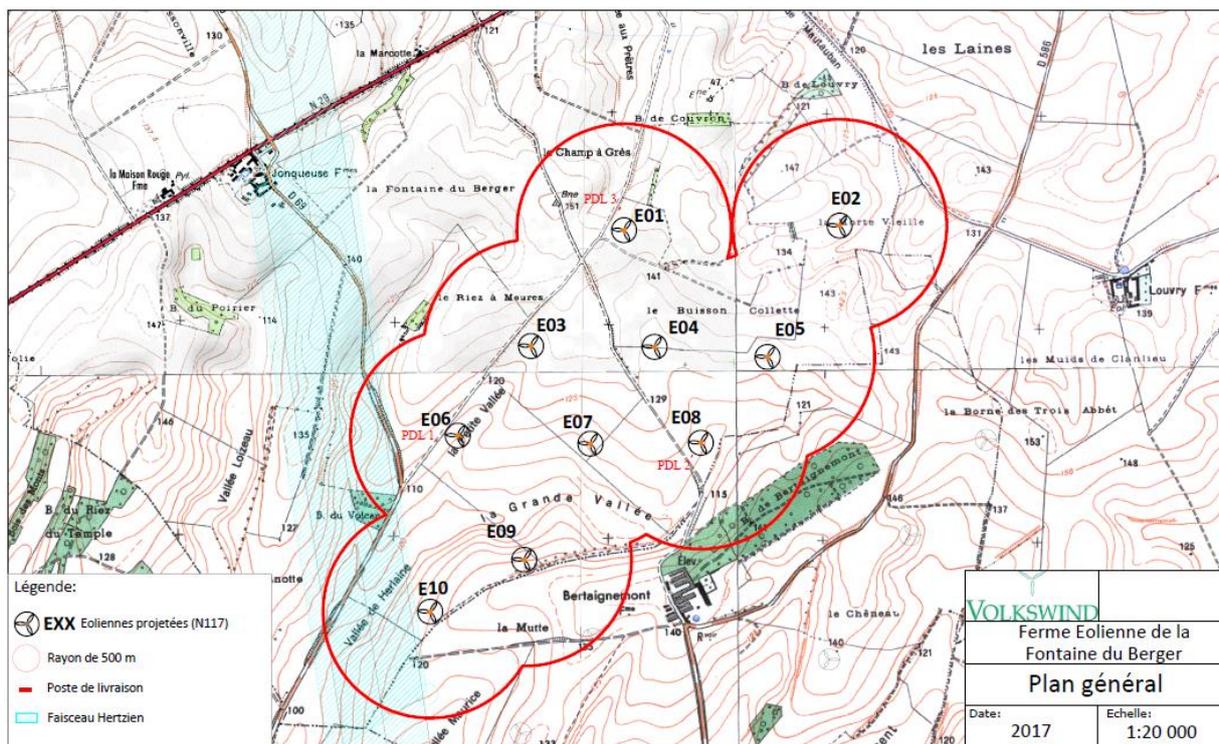
### Arrêtés de catastrophe naturelle

Après consultation de la base de données sur le site Prim.net, la commune de Macquigny est concernée par les arrêtés de catastrophe naturelle suivant :

Type de catastrophe	Début le	Fin le	Arrêté du	Paru au J.O. du
Inondations, coulées de boue	23/06/1983	26/06/1983	03/08/1983	05/08/1983
Inondations, coulées de boue et glissements de terrain	22/11/1984	24/11/1984	11/01/1985	26/01/1985
Inondations, coulées de boue	17/12/1993	02/01/1994	11/01/1994	15/01/1994
Inondations, coulées de boue	24/04/1994	24/04/1994	27/05/1994	10/06/1994
Inondations, coulées de boue	17/01/1995	05/02/1995	06/02/1995	08/02/1995
Inondations, coulées de boue et mouvements de terrain	25/12/1999	29/12/1999	29/12/1999	30/12/1999
Inondations et coulées de boue	02/01/2003	05/01/2033	17/11/2003	30/11/2003

**Tableau 3: Arrêtés de reconnaissance de catastrophe naturelle sur la commune de Macquigny** (Source : Prim.net)

### IV.3. SYNTHÈSE DES ENJEUX AUTOUR DU PROJET



Carte 7 : Cartographie de synthèse des différents réseaux

## V. PRESENTATION DE LA METHODE D'ANALYSE DES RISQUES

### V.1. IDENTIFICATION DES POTENTIELS DE DANGERS DE L'INSTALLATION

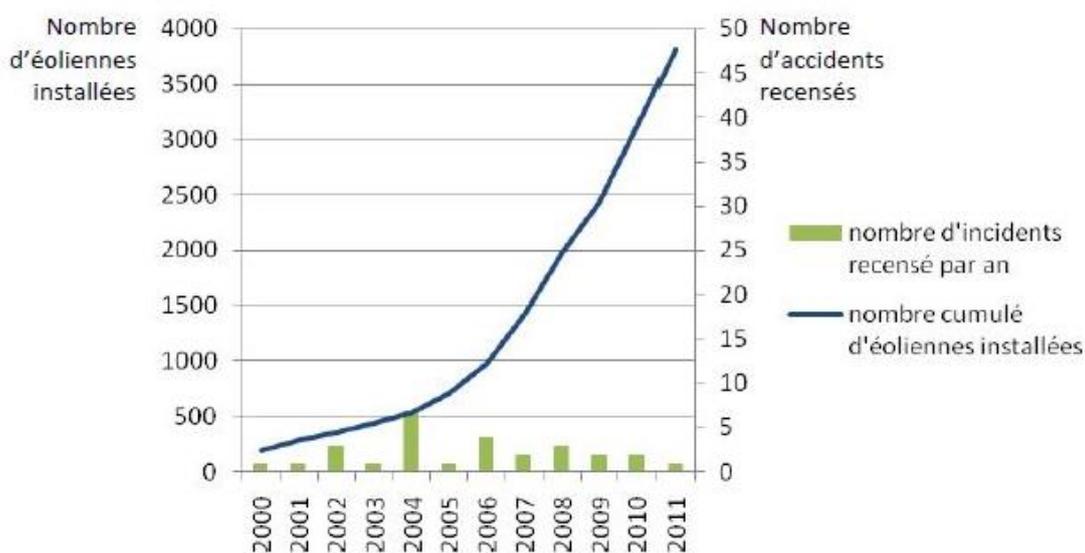
L'analyse des risques concernant ce projet commence par une identification des potentiels de dangers de l'installation. Il s'agit d'identifier les éléments de l'installation pouvant constituer un danger potentiel, que ce soit au niveau des éléments constitutifs des éoliennes, des produits contenus dans l'installation, des modes de fonctionnement, etc. L'identification des enjeux sur la zone de projet et le choix des éoliennes N117-3,6 MW permettent de réduire significativement ces potentiels de dangers et garantir une sécurité optimale de l'installation.

### V.2. ANALYSE DU RETOUR D'EXPERIENCE

Les principaux phénomènes dangereux potentiels sont sélectionnés grâce à l'inventaire des incidents et accidents en France et à l'étranger. Cet inventaire se base sur le retour d'expérience de la filière éolienne provenant de sources différentes (sources officielles, articles de presse, base de données d'associations, etc.).

Par ordre d'importance, les accidents les plus recensés sont les ruptures de pale, les effondrements, les incendies, les chutes de pale et les chutes des autres éléments de l'éolienne. La principale cause de ces accidents est la tempête. La foudre est également une cause importante.

Cependant, il apparait clairement que le nombre d'incidents n'augmente pas proportionnellement au nombre d'éoliennes installées. Depuis 2005, l'énergie éolienne s'est en effet fortement développée en France, mais le nombre d'incidents par an reste relativement constant, du fait d'une évolution technologique plus fiable et plus sûre.



### V.3. ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES

Cette analyse a pour objectif d'identifier les scénarios d'accidents majeurs et les mesures de sécurité qui empêchent ces scénarios de se produire ou en limitent les effets. Les scénarios sont ensuite hiérarchisés en fonction de leur intensité et de l'étendue possible de leurs conséquences, permettant ainsi de filtrer les scénarios aux conséquences limitées et ceux induisant des conséquences sur les personnes.

Le tableau suivant rappelle les principales mesures de maîtrise des risques et leur description.

Fonction de sécurité	Description
Prévenir la mise en mouvement de l'éolienne lors de la formation de glace	<p>Système de détection redondant du givre permettant, en cas de détection de glace, une mise à l'arrêt rapide de l'aérogénérateur.</p> <p>Le redémarrage peut ensuite se faire soit automatiquement après disparition des conditions de givre, soit manuellement après inspection visuelle sur site.</p>
Prévenir l'atteinte des personnes par la chute de glace	Mise en place de panneaux informant de la possible formation de glace en pied de machines (conformément à l'article 14 de l'arrêté du 26 août 2011).
Prévenir l'échauffement significatif des pièces mécaniques	<p>Capteurs de température des pièces mécaniques.</p> <p>Définition de seuils critiques de température pour chaque type de composant avec alarme.</p> <p>Mise à l'arrêt ou bridage jusqu'à refroidissement.</p> <p>Systèmes de refroidissement indépendants pour le multiplicateur et la génératrice.</p>
Prévenir la survitesse	<p>Systèmes de coupure s'enclenchant en cas de dépassement des seuils de vitesse prédéfinis, indépendamment du système de contrôle commande.</p> <p>NB : Le système de freinage est constitué d'un frein aérodynamique principal (mise en drapeau des pales) et / ou d'un frein mécanique auxiliaire.</p>
Prévenir les courts-circuits	Les organes et armoires électriques de l'éolienne sont équipés d'organes de coupures et de protection adéquats et correctement dimensionnés. Tout fonctionnement anormal des composants électriques est suivi d'une coupure de la transmission électrique et à la transmission d'un signal d'alerte vers l'exploitant qui prend alors les mesures appropriées.
Prévenir les effets de la foudre	<p>Respect de la norme IEC 61 400 – 24 (juin 2010)</p> <p>Parafoudres sur la nacelle + récepteurs de foudre sur les 2 faces des pales</p> <p>Mise à la terre (nacelle/mât, sections de mât, mât/fondation)</p> <p>Parasurtenseurs sur les circuits électriques</p>
Protection et intervention incendie	<p>Détecteurs de fumée qui lors de leur déclenchement conduisent à la mise en arrêt de la machine et au découplage du réseau électrique. De manière concomitante, un message d'alarme est envoyé au centre de télésurveillance.</p> <p>L'éolienne est également équipée d'extincteurs qui peuvent être utilisés par les personnels d'intervention (cas d'un incendie se produisant en période de maintenance).</p>
Prévention et rétention des fuites	<p>Nombreux détecteurs de niveau d'huile permettant de détecter les éventuelles fuites d'huile et d'arrêter l'éolienne en cas d'urgence.</p> <p>Présence de plusieurs bacs collecteurs au niveau des principaux composants.</p> <p>Les opérations de vidange font l'objet de procédures spécifiques. Des kits de dépollution d'urgence composés de grandes feuilles de textile absorbant pourront être utilisés. Si ces kits de dépollution s'avèrent insuffisants, une société spécialisée récupérera et traitera</p>

	le gravier souillé via les filières adéquates, puis le remplacera par un nouveau revêtement.
Prévenir les défauts de stabilité de l'éolienne et les défauts d'assemblage (construction – exploitation)	Préconisations du manuel de maintenance Formation du personnel Chaque intervention fait l'objet d'une procédure définissant les tâches à réaliser, les équipements à utiliser et les mesures à mettre en place pour limiter les risques d'accidents Check-list assurant la traçabilité des opérations effectuées
Prévenir les erreurs de maintenance	Préconisations du manuel de maintenance Formation du personnel
Prévenir les risques de dégradation de l'éolienne en cas de vent fort	L'éolienne est mise à l'arrêt si la vitesse de vent mesurée dépasse la vitesse maximale pour laquelle elle a été conçue.
Empêcher la perte de contrôle de l'éolienne en cas de défaillance réseau	Surveillance du réseau + surveillance des défaillances réseau par le convertisseur principal qui entraîne la déconnexion de l'éolienne du réseau électrique. Commande de l'éolienne et communication externe assurées pendant environ 10 min, permettant l'arrêt automatique de l'éolienne.

Dans le cadre de l'analyse préliminaire des risques génériques des parcs éoliens, trois catégories de scénarios sont à priori exclues de l'étude détaillée, en raison de leur faible intensité :

- Incendie de l'éolienne (effets thermiques)
- Incendie du poste de livraison ou du transformateur
- Infiltration d'huile dans le sol

Les cinq catégories de scénarios étudiées dans l'étude détaillée des risques sont les suivantes :

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

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

## V.4. ÉTUDE DÉTAILLÉE DES RISQUES

### ❖ Méthode

L'étude détaillée des risques vise à caractériser les scénarios retenus à l'issue de l'analyse préliminaire des risques en termes de probabilité, cinétique, intensité et gravité. Son objectif est donc de préciser le risque généré par l'installation et d'évaluer les mesures de maîtrise des risques mises en œuvre. L'étude détaillée permet de vérifier l'acceptabilité des risques potentiels générés par l'installation.

Chaque scénario est caractérisé en fonction des paramètres suivants :

- Cinétique
- Intensité
- Gravité
- probabilité

La cinétique d'un accident est supposée « rapide » pour tous les scénarios, ce paramètre ne sera donc pas détaillé pour chacun des phénomènes redoutés.

L'intensité est définie selon un seuil d'effet toxique, de surpression, thermique ou lié à l'impact d'un projectile, pour les hommes et les structures. Elle dépend du degré d'exposition, lui-même défini comme le rapport entre la surface atteinte par un élément chutant ou projeté et la surface de la zone exposée à la chute ou à la projection.

Intensité	Degré d'exposition
Exposition très forte	Supérieur à 5%
Exposition forte	Compris entre 1% et 5%
Exposition significative	Inférieur à 1%

La zone d'effet est définie pour chaque événement accidentel comme la surface exposée à cet événement.

Les seuils de gravité sont déterminés en fonction du nombre de personnes pouvant être atteint par le phénomène dangereux dans chacune des zones d'effet définies.

La probabilité de chaque événement accidentel identifié pour une éolienne est déterminée en fonction :

- de la bibliographie relative à l'évaluation des risques pour des éoliennes ;
- du retour d'expérience français ;
- des définitions qualitatives de l'arrêté du 29 Septembre 2005.

La probabilité qui sera évaluée pour chaque scénario d'accident correspond à la probabilité qu'un événement redouté se produise sur l'éolienne (probabilité de départ) et non à la probabilité que cet événement produise un accident suite à la présence d'un véhicule ou d'une personne au point d'impact (probabilité d'atteinte). En effet, l'arrêté du 29 septembre 2005 impose une évaluation des probabilités de départ uniquement.

Niveaux	Echelle qualitative	Echelle quantitative (probabilité annuelle)
<b>A</b>	<b><i>Courant</i></b> 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</b>	<b><i>Probable</i></b> S'est produit et/ou peut se produire pendant la durée de vie des installations.	$10^{-3} < P \leq 10^{-2}$
<b>C</b>	<b><i>Improbable</i></b> Evénement similaire déjà rencontré dans le secteur d'activité ou dans ce type d'organisation au niveau mondial, sans que les éventuelles corrections intervenues depuis apportent une garantie de réduction significative de sa probabilité.	$10^{-4} < P \leq 10^{-3}$
<b>D</b>	<b><i>Rare</i></b> S'est déjà produit mais a fait l'objet de mesures correctives réduisant significativement la probabilité.	$10^{-5} < P \leq 10^{-4}$
<b>E</b>	<b><i>Extrêmement rare</i></b> Possible mais non rencontré au niveau mondial. N'est pas impossible au vu des connaissances actuelles.	$\leq 10^{-5}$

**Tableau 4: Classes de probabilité**

Pour le scénario « effondrement de l'éolienne », sa probabilité dans la littérature permet de le classer en catégorie « C ». Cependant, les évolutions technologiques des éoliennes, le respect des normes et les contrôles réguliers des installations permettent de le classer en catégorie « D ». D'ailleurs, aucun effondrement d'éolienne n'a été recensé depuis 2005.

Le scénario « chute d'éléments de l'éolienne » a été classé en catégorie « C » d'après le retour d'expérience.

Pour le scénario de « projection de pales ou de fragments de pales », la bibliographie renvoie vers des classes de probabilité « B », « C » ou « E ». Le retour d'expérience français montre lui, une classe de probabilité « C ». Néanmoins, les dispositions constructives des éoliennes ont fortement évolué, le niveau de fiabilité est aujourd'hui bien meilleur. C'est pourquoi la classe de probabilité retenue est « D » pour ce scénario.

Pour le scénario « chute de glace » (lorsque l'éolienne est à l'arrêt), de façon conservatrice, il est considéré que la probabilité est de classe « A ».

Concernant le scénario « projection de morceaux de glace », compte tenu de la difficulté à établir un retour d'expérience précis sur cet événement, considérant que l'arrêté du 26 août 2011 précise les mesures de prévention de projection de glace et constatant qu'aucun accident lié à une projection de glace n'a été recensé, une probabilité « B » est proposée pour cet événement.

➤ Résultats

Les niveaux de gravité et de probabilité pour chaque type de cible sont synthétisés dans le tableau suivant. Pour chaque scénario, les 10 éoliennes de la ferme éolienne de la Fontaine du Berger ont le même niveau de gravité et de probabilité.

SYNTHESE					
Scénario	Zone d'effet	Cinétique	Intensité	Probabilité	Gravité
Effondrement de l'éolienne	Disque dont le rayon correspond à une hauteur totale de la machine en bout de pale  Soit un rayon de 164 m (149 m pour l'éolienne E01)	Rapide	Exposition modérée	D	Sérieuse pour l'ensemble des éoliennes
Chute de glace	Zone de survol Soit un rayon de 58,5 m	Rapide	Exposition modérée	A	Modérée pour l'ensemble des éoliennes
Chute d'éléments de l'éolienne	Zone de survol Soit un rayon de 58,5 m	Rapide	Exposition modérée	C	Modérée pour l'ensemble des éoliennes
Projection de pales ou fragments de pales	500 m autour de l'éolienne	Rapide	Exposition modérée	D	Modérée pour l'ensemble des éoliennes
Projection de glace	1,5 x (H + D) autour de l'éolienne Soit un rayon de 334 m (312 m pour l'éolienne E01)	Rapide	Exposition modérée	B	Modérée pour l'ensemble des éoliennes

➤ Synthèse de l'acceptabilité des risques

La dernière étape de cette étude détaillée consiste à rappeler l'acceptabilité des accidents potentiels pour chacun des phénomènes dangereux étudiés. La matrice de criticité ci-dessous est utilisée, adaptée de la circulaire du 29 septembre 2005 reprise dans la circulaire du 10 mai 2010.

GRAVITÉ des Conséquence	Classe de Probabilité				
	E	D	C	B	A
Désastreux					
Catastrophique					
Important					
Sérieux		<i>Effondrement</i>			
Modéré		<i>Projection d'éléments</i>	<i>Chute d'éléments</i>	<i>Projection de glace</i>	<i>Chute de glace</i>

Légende de la matrice

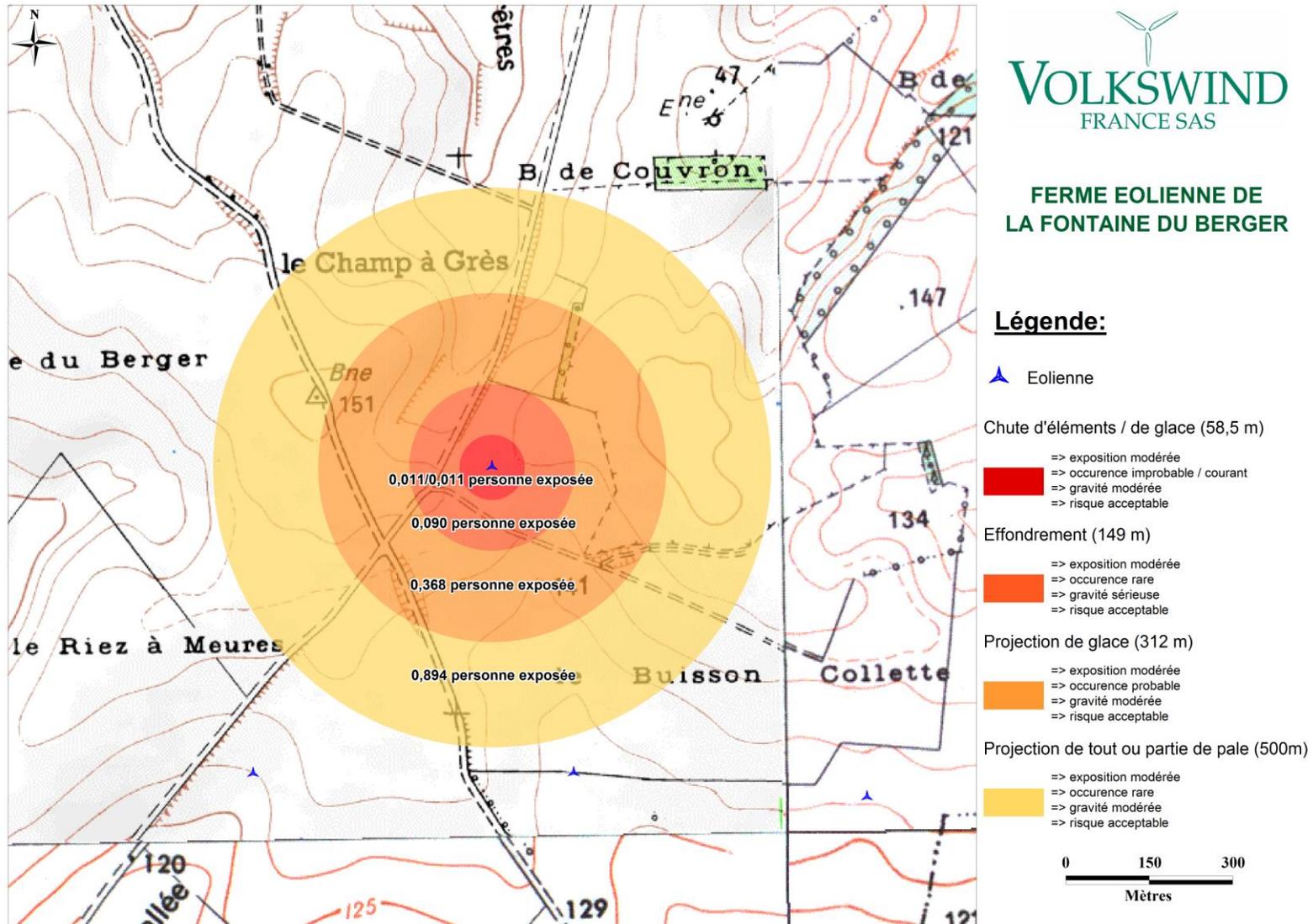
Niveau de risque	Couleur	Acceptabilité
Risque très faible		acceptable
Risque faible		acceptable
Risque important		non acceptable

Il apparaît au regard de la matrice ainsi complétée que :

- aucun accident n'apparaît dans les cases rouges de la matrice ;
- un accident figure en case jaune. Pour cet accident, il est rappelé dans le tableau ci-dessous les fonctions de sécurité prévues pour la ferme éolienne de la Fontaine du Berger.

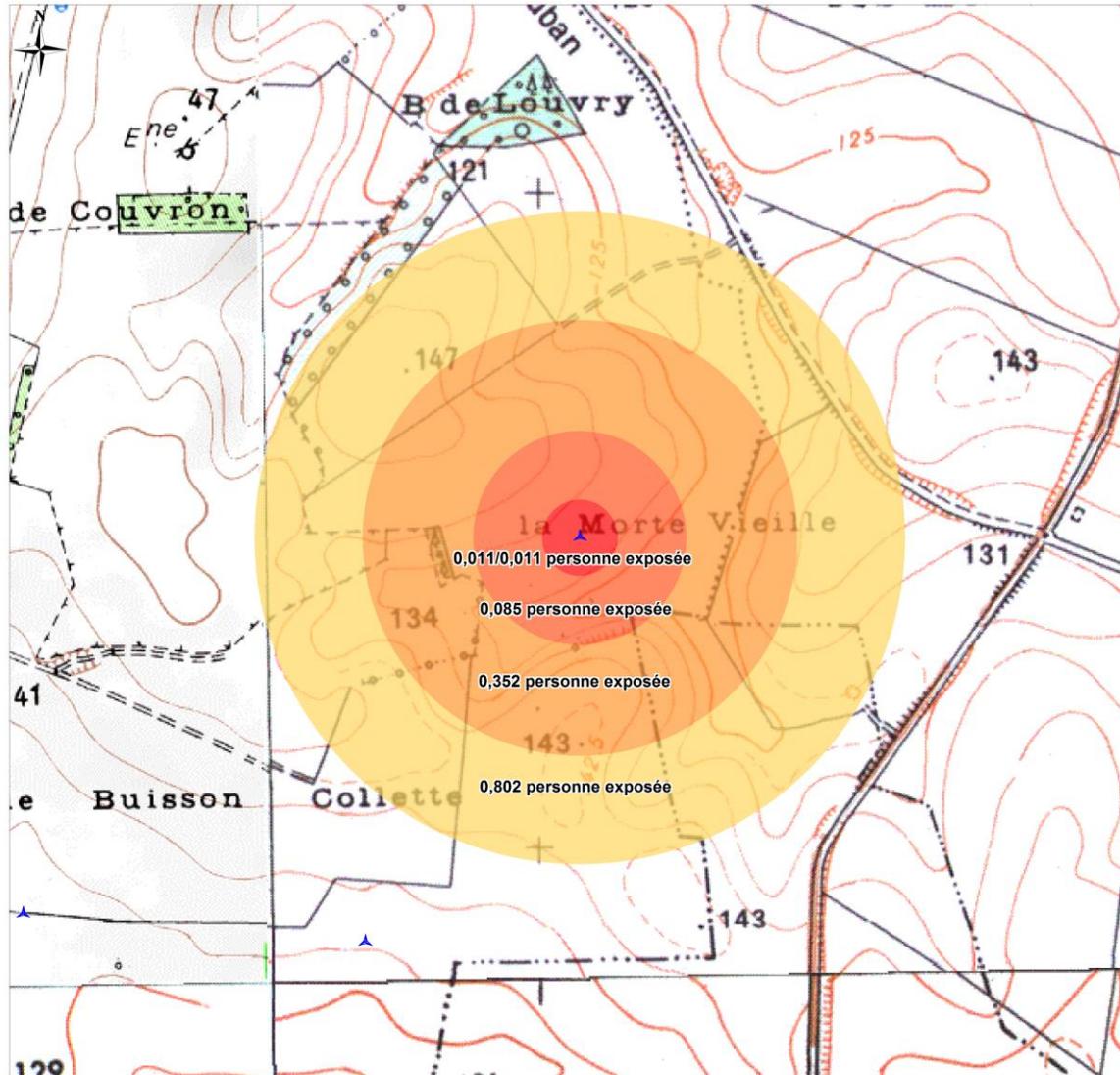
Événement	Nombre de personnes exposées	Mesures de sécurité	Niveau de risque
Chute de glace	0,010751 pour chaque éolienne	Système de détection ou de déduction de la formation de glace sur les pales de l'aérogénérateur. Procédure adéquate de redémarrage.  Panneautage en pied de machine. Éloignement des zones habitées et fréquentées.	Acceptable

Cartographie des risques



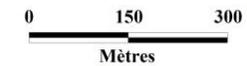
Carte 8 : Synthèse des risques de l'éolienne E01

**FERME EOLIENNE DE  
LA FONTAINE DU BERGER**

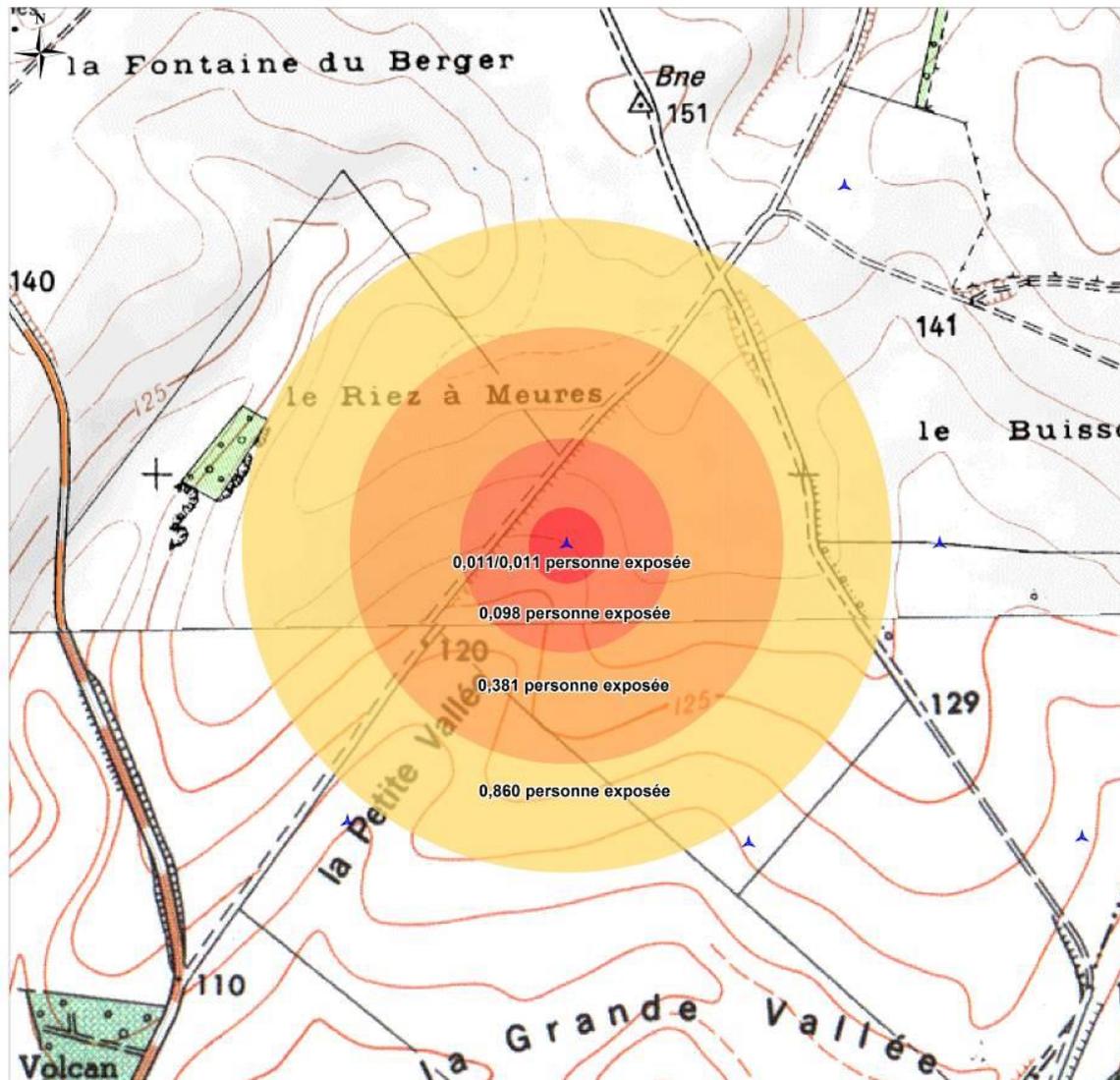


**Légende:**

-  Eolienne
  
- Chute d'éléments / de glace (58,5 m)
  - => exposition modérée
  - => occurrence improbable / courant
  - => gravité modérée
  - => risque acceptable
  
- Effondrement (164 m)
  - => exposition modérée
  - => occurrence rare
  - => gravité sérieuse
  - => risque acceptable
  
- Projection de glace (334 m)
  - => exposition modérée
  - => occurrence probable
  - => gravité modérée
  - => risque acceptable
  
- Projection de tout ou partie de pale (500m)
  - => exposition modérée
  - => occurrence rare
  - => gravité modérée
  - => risque acceptable



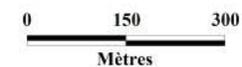
Carte 9 : Synthèse des risques de l'éolienne E02



**FERME EOLIENNE DE LA FONTAINE DU BERGER**

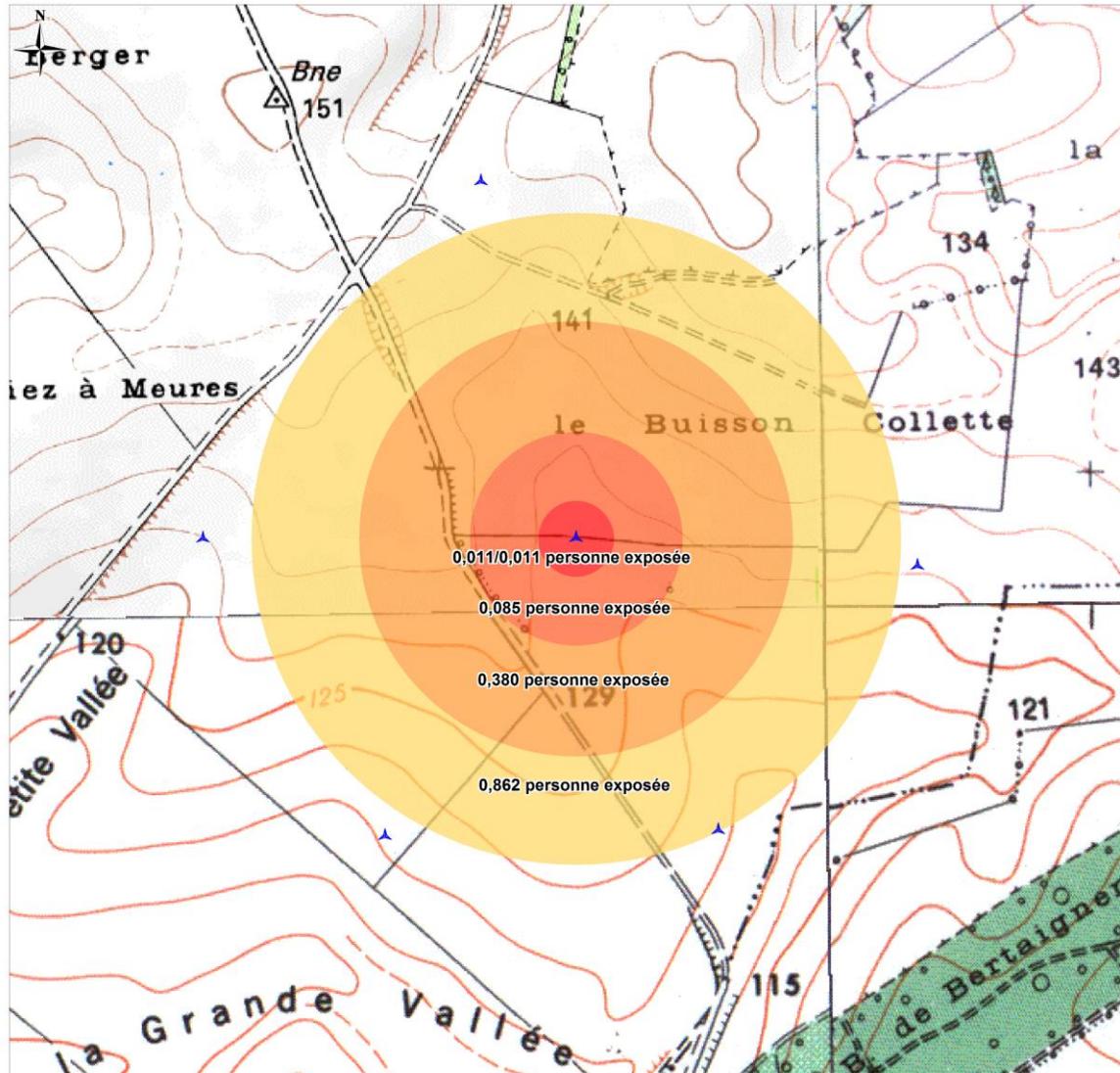
**Légende:**

-  Eolienne
- Chute d'éléments / de glace (58,5 m)
  - => exposition modérée
  - => occurrence improbable / courant
  - => gravité modérée
  - => risque acceptable
- Effondrement (164 m)
  - => exposition modérée
  - => occurrence rare
  - => gravité sérieuse
  - => risque acceptable
- Projection de glace (334 m)
  - => exposition modérée
  - => occurrence probable
  - => gravité modérée
  - => risque acceptable
- Projection de tout ou partie de pale (500m)
  - => exposition modérée
  - => occurrence rare
  - => gravité modérée
  - => risque acceptable



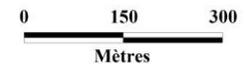
Carte 10 : Synthèse des risques de l'éolienne E03

**FERME EOLIENNE DE  
LA FONTAINE DU BERGER**



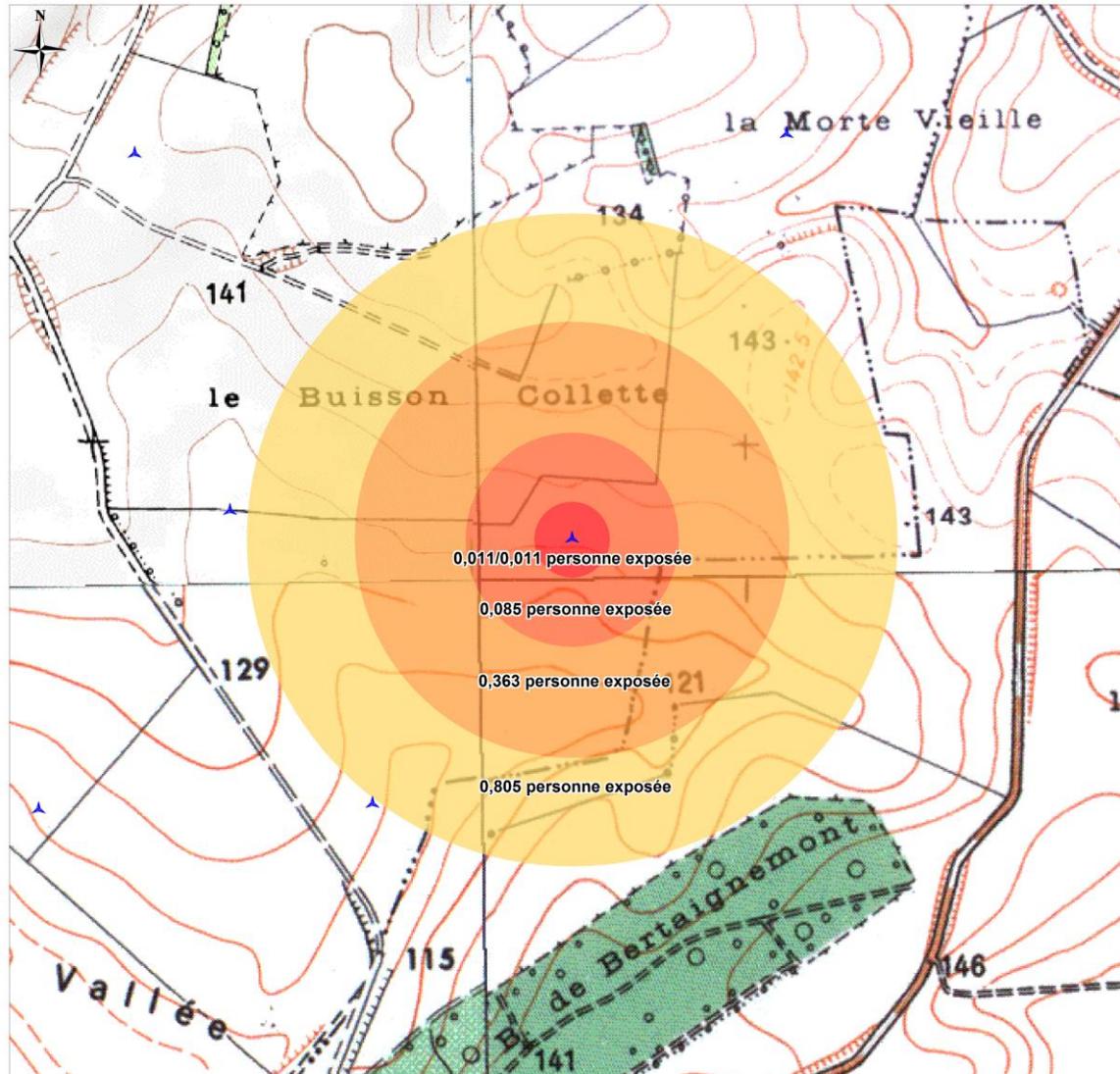
**Légende:**

-  Eolienne
- Chute d'éléments / de glace (58,5 m)
  - => exposition modérée
  - => occurrence improbable / courant
  - => gravité modérée
  - => risque acceptable
- Effondrement (164 m)
  - => exposition modérée
  - => occurrence rare
  - => gravité sérieuse
  - => risque acceptable
- Projection de glace (334 m)
  - => exposition modérée
  - => occurrence probable
  - => gravité modérée
  - => risque acceptable
- Projection de tout ou partie de pale (500m)
  - => exposition modérée
  - => occurrence rare
  - => gravité modérée
  - => risque acceptable



Carte 11 : Synthèse des risques de l'éolienne E04

**FERME EOLIENNE DE  
LA FONTAINE DU BERGER**



**Légende:**

 Eolienne

Chute d'éléments / de glace (58,5 m)

 => exposition modérée  
=> occurrence improbable / courant  
=> gravité modérée  
=> risque acceptable

Effondrement (164 m)

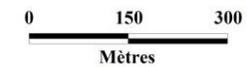
 => exposition modérée  
=> occurrence rare  
=> gravité sérieuse  
=> risque acceptable

Projection de glace (334 m)

 => exposition modérée  
=> occurrence probable  
=> gravité modérée  
=> risque acceptable

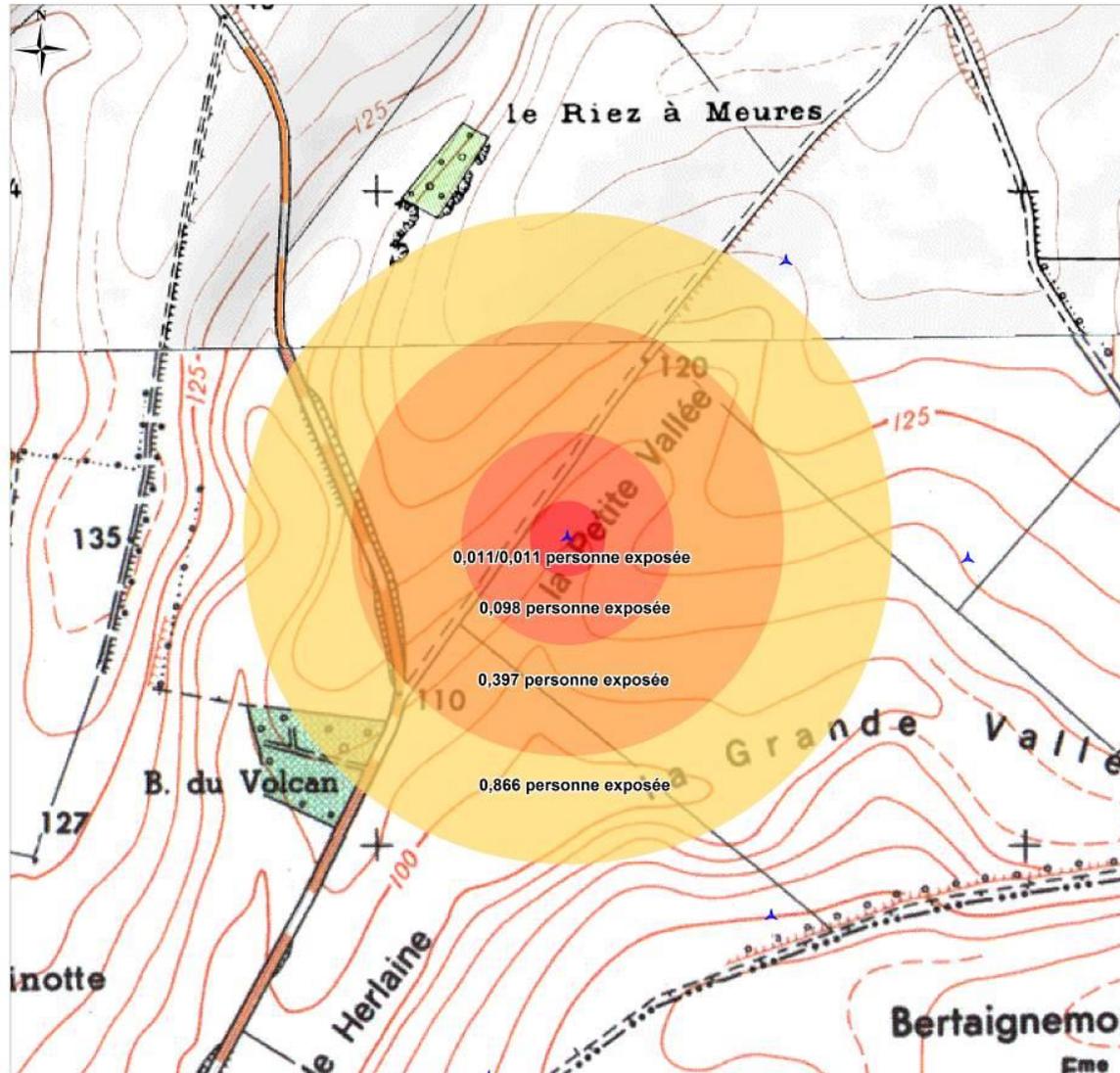
Projection de tout ou partie de pale (500m)

 => exposition modérée  
=> occurrence rare  
=> gravité modérée  
=> risque acceptable



Carte 12 : Synthèse des risques de l'éolienne E05

**FERME EOLIENNE DE  
LA FONTAINE DU BERGER**



**Légende:**

 Eolienne

Chute d'éléments / de glace (58,5 m)

 => exposition modérée  
=> occurrence improbable / courant  
=> gravité modérée  
=> risque acceptable

Effondrement (164 m)

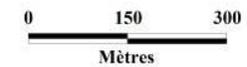
 => exposition modérée  
=> occurrence rare  
=> gravité sérieuse  
=> risque acceptable

Projection de glace (334 m)

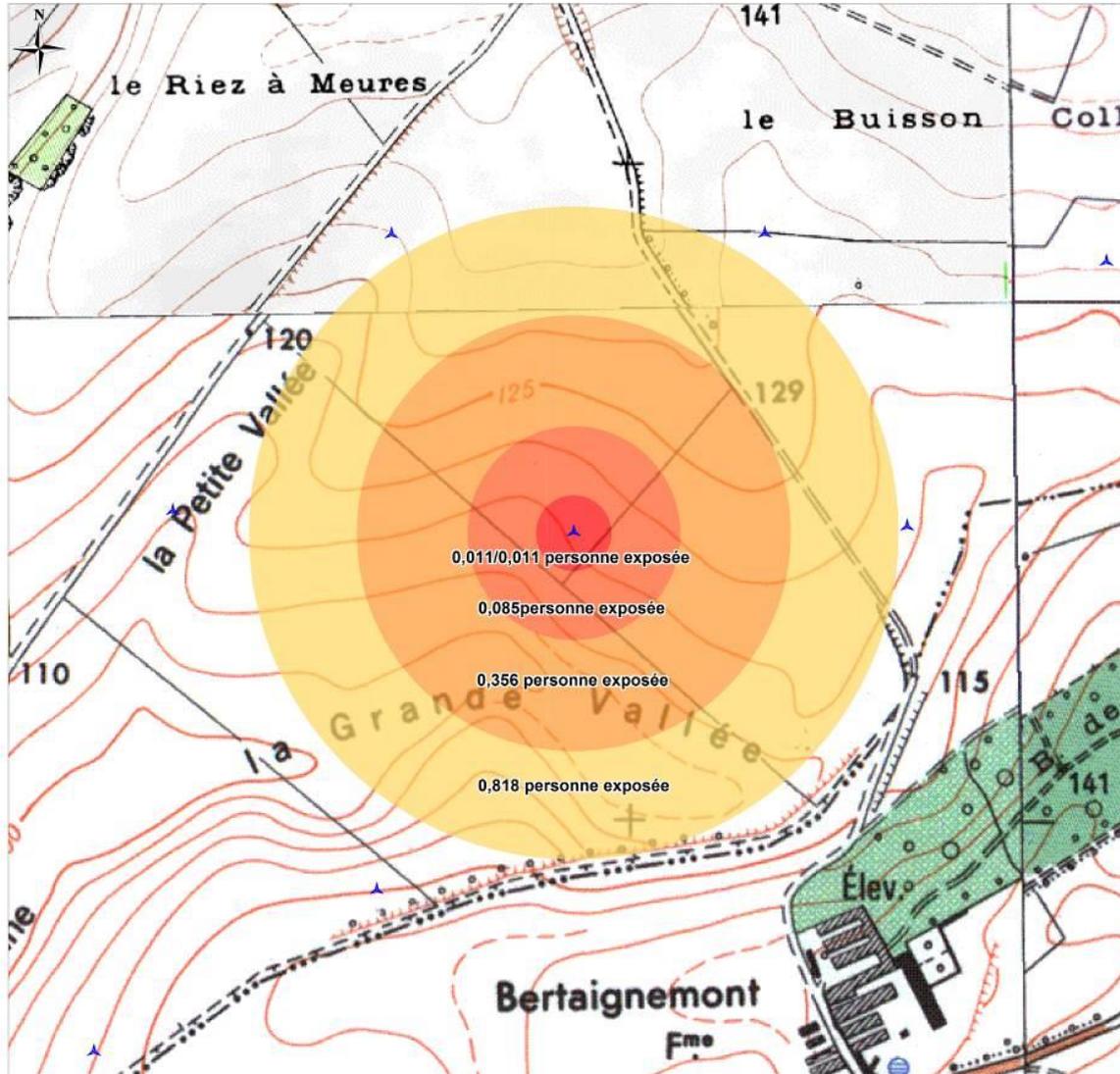
 => exposition modérée  
=> occurrence probable  
=> gravité modérée  
=> risque acceptable

Projection de tout ou partie de pale (500m)

 => exposition modérée  
=> occurrence rare  
=> gravité modérée  
=> risque acceptable

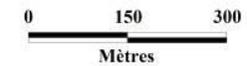


Carte 13 : Synthèse des risques de l'éolienne E06

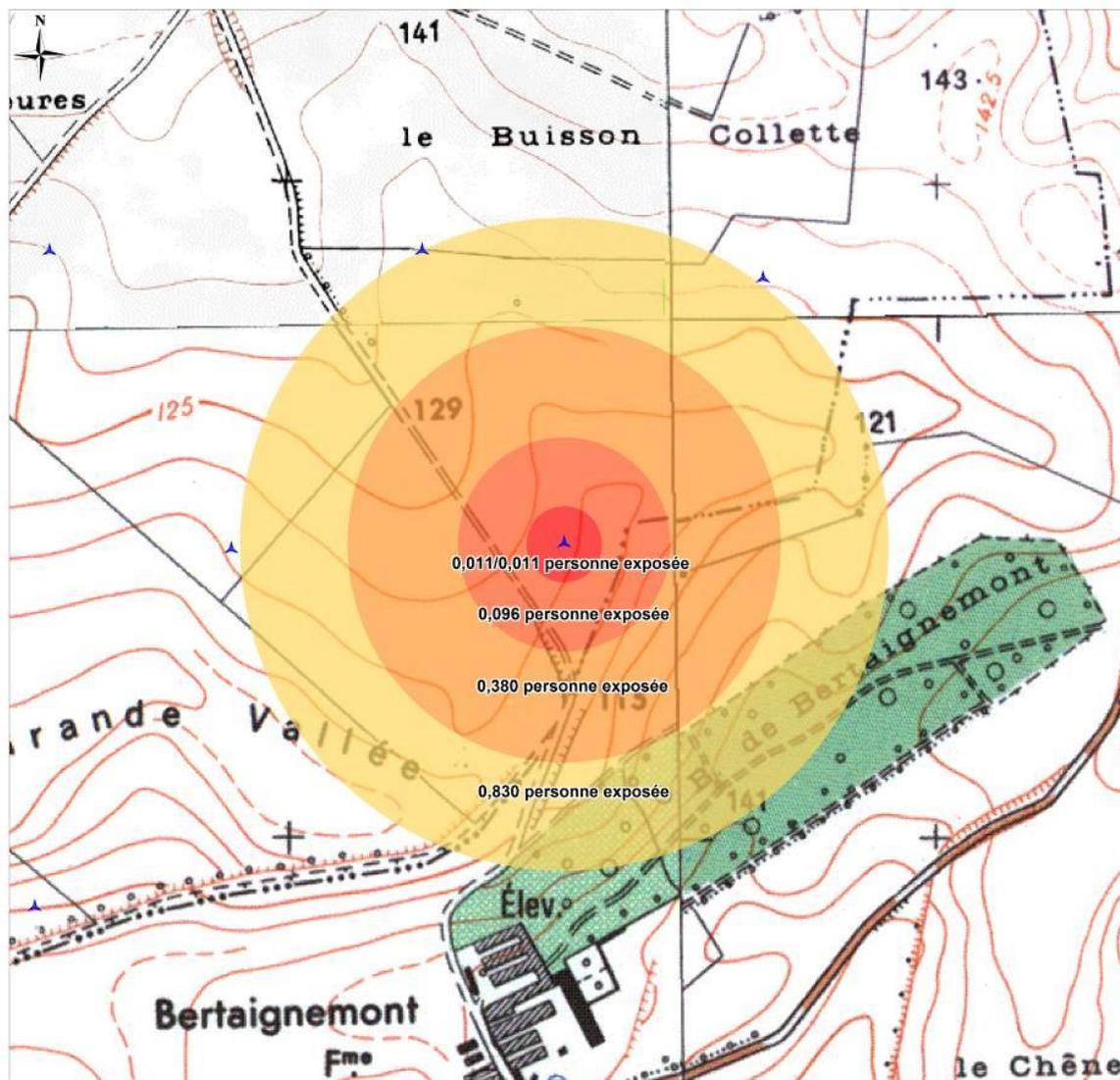


**Légende:**

- ▲ Eolienne
- Chute d'éléments / de glace (58,5 m)
  - => exposition modérée
  - => occurrence improbable / courant
  - => gravité modérée
  - => risque acceptable
- Effondrement (164 m)
  - => exposition modérée
  - => occurrence rare
  - => gravité sérieuse
  - => risque acceptable
- Projection de glace (334 m)
  - => exposition modérée
  - => occurrence probable
  - => gravité modérée
  - => risque acceptable
- Projection de tout ou partie de pale (500m)
  - => exposition modérée
  - => occurrence rare
  - => gravité modérée
  - => risque acceptable



Carte 14 : Synthèse des risques de l'éolienne E07



**Légende:**

▲ Eolienne

Chute d'éléments / de glace (58,5 m)

- => exposition modérée
- => occurrence improbable / courant
- => gravité modérée
- => risque acceptable

Effondrement (164 m)

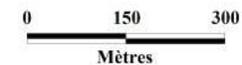
- => exposition modérée
- => occurrence rare
- => gravité sérieuse
- => risque acceptable

Projection de glace (334 m)

- => exposition modérée
- => occurrence probable
- => gravité modérée
- => risque acceptable

Projection de tout ou partie de pale (500m)

- => exposition modérée
- => occurrence rare
- => gravité modérée
- => risque acceptable



Carte 15 : Synthèse des risques de l'éolienne E08

**FERME EOLIENNE DE  
LA FONTAINE DU BERGER**

**Légende:**

 Eolienne

Chute d'éléments / de glace (58,5 m)

 => exposition modérée  
=> occurrence improbable / courant  
=> gravité modérée  
=> risque acceptable

Effondrement (164 m)

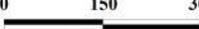
 => exposition modérée  
=> occurrence rare  
=> gravité sérieuse  
=> risque acceptable

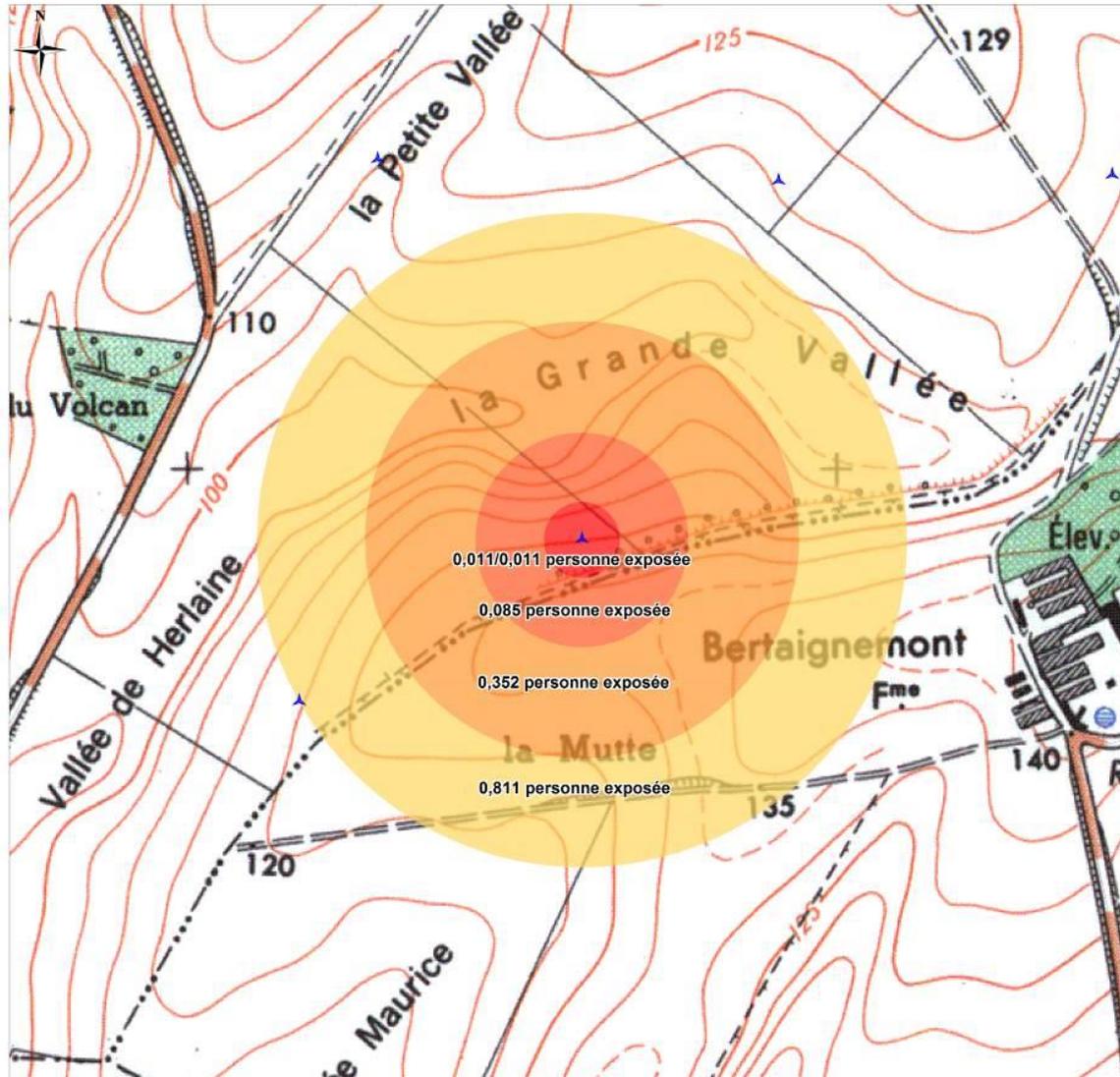
Projection de glace (334 m)

 => exposition modérée  
=> occurrence probable  
=> gravité modérée  
=> risque acceptable

Projection de tout ou partie de pale (500m)

 => exposition modérée  
=> occurrence rare  
=> gravité modérée  
=> risque acceptable

 0 150 300  
Mètres



Carte 16 : Synthèse des risques de l'éolienne E09

**FERME EOLIENNE DE  
LA FONTAINE DU BERGER**

**Légende:**

 Eolienne

Chute d'éléments / de glace (58,5 m)

 => exposition modérée  
=> occurrence improbable / courant  
=> gravité modérée  
=> risque acceptable

Effondrement (164 m)

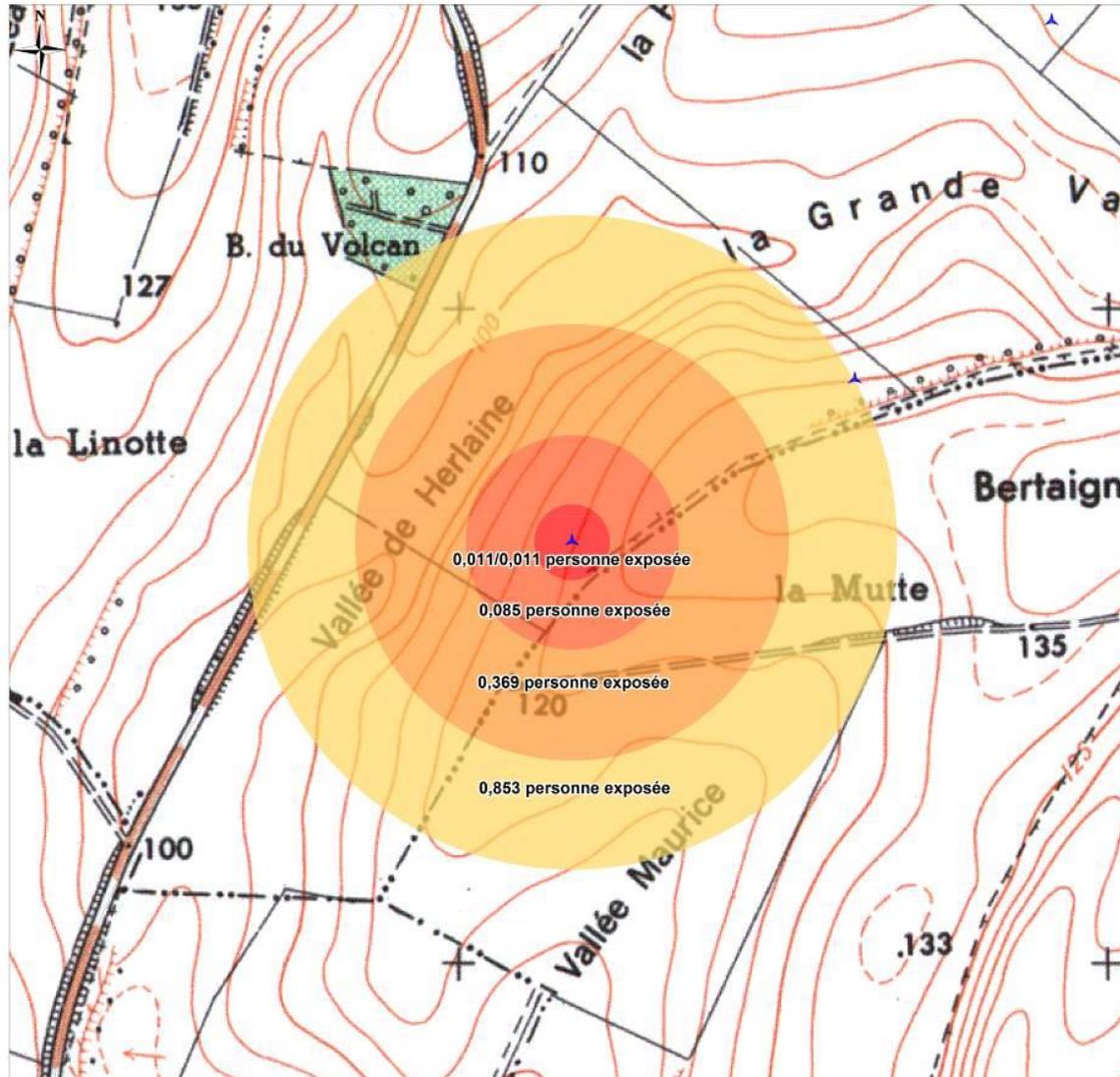
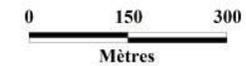
 => exposition modérée  
=> occurrence rare  
=> gravité sérieuse  
=> risque acceptable

Projection de glace (334 m)

 => exposition modérée  
=> occurrence probable  
=> gravité modérée  
=> risque acceptable

Projection de tout ou partie de pale (500m)

 => exposition modérée  
=> occurrence rare  
=> gravité modérée  
=> risque acceptable



Carte 17 : Synthèse des risques de l'éolienne E10