

PARC ÉOLIEN DU MOULIN

Communes de
Laboissière-en-Santerre et Lignières
Département de la Somme

Demande d'autorisation unique en matière d'ICPE
ÉTUDE DE DANGERS – RÉSUMÉ NON TECHNIQUE
Pièce 5



PARC ÉOLIEN DU MOULIN

Communes de Laboissière-en-Santerre et Lignières

Département de la Somme

Demande d'autorisation unique en matière d'ICPE

Etude de dangers – Résumé non technique

Novembre 2016

Maître d'ouvrage : Brise picarde



Energies et Territoires Développement

<p><i>ETD Brest</i> Pôle d'innovation de Mescoat 29800 LANDERNEAU Tél : +33 (0)2 98 30 36 82 Fax : +33 (0)2 98 30 35 13</p>	<p><i>ETD Amiens</i> 4 rue de la Poste BP 30015 80160 CONTY Tél/Fax : 03 22 46 99 07</p>	<p><i>ETD Roanne</i> Télépôle - 27, rue Langénieux 42300 ROANNE Tél : +33 (0)4 77 23 78 20 Fax : +33 (0)4 77 23 78 46</p>
---	--	---

PROJET EOLIEN DU MOULIN

RÉSUMÉ NON TECHNIQUE DE L'ETUDE DE DANGERS

INTRODUCTION

Ce document constitue le résumé non technique de l'étude de dangers du projet du parc éolien du Moulin situé sur les communes de Laboissière-en-Santerre et Lignières (département de la Somme). Ce projet est constitué de 6 éoliennes et d'un poste de livraison pour une puissance totale de 12 MW.

Ce projet est porté par la société **Brise picarde**, société projet filiale de la société **ADELIS (IDEX Services)**.

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

Le modèle choisi pour ce parc éolien est l'éolienne **Vestas V100 2 MW**, avec une hauteur d'axe de **80 mètres** et un diamètre de rotor de **100 mètres**, soit une hauteur totale de **130 mètres**. A noter qu'une machine équivalente pourrait être envisagée : c'est-à-dire une éolienne présentant les mêmes dimensions, construites selon les mêmes normes, présentant les mêmes dispositifs de sécurité et les mêmes certifications.

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

Le projet de Parc éolien du Moulin comportant des éoliennes de plus de 50 m de mât relève du régime d'autorisation unique², et une étude de dangers est nécessaire.

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

La présente étude de dangers s'appuie sur le guide technique [19] « Elaboration de l'étude de dangers dans le cadre des parcs éoliens » de mai 2012, réalisé par l'INERIS et le Syndicat des Energies Renouvelables / France Energie Eolienne (SER-FEE) et validé par la Direction Générale de Prévention des Risques dans un courrier daté du 4 juin 2012 adressé au Syndicat des Energies Renouvelables. Elle comporte des données spécifiques aux éoliennes retenues et utilise des données fournies par les constructeurs.

¹ Loi n°2010-788 portant engagement national pour l'environnement

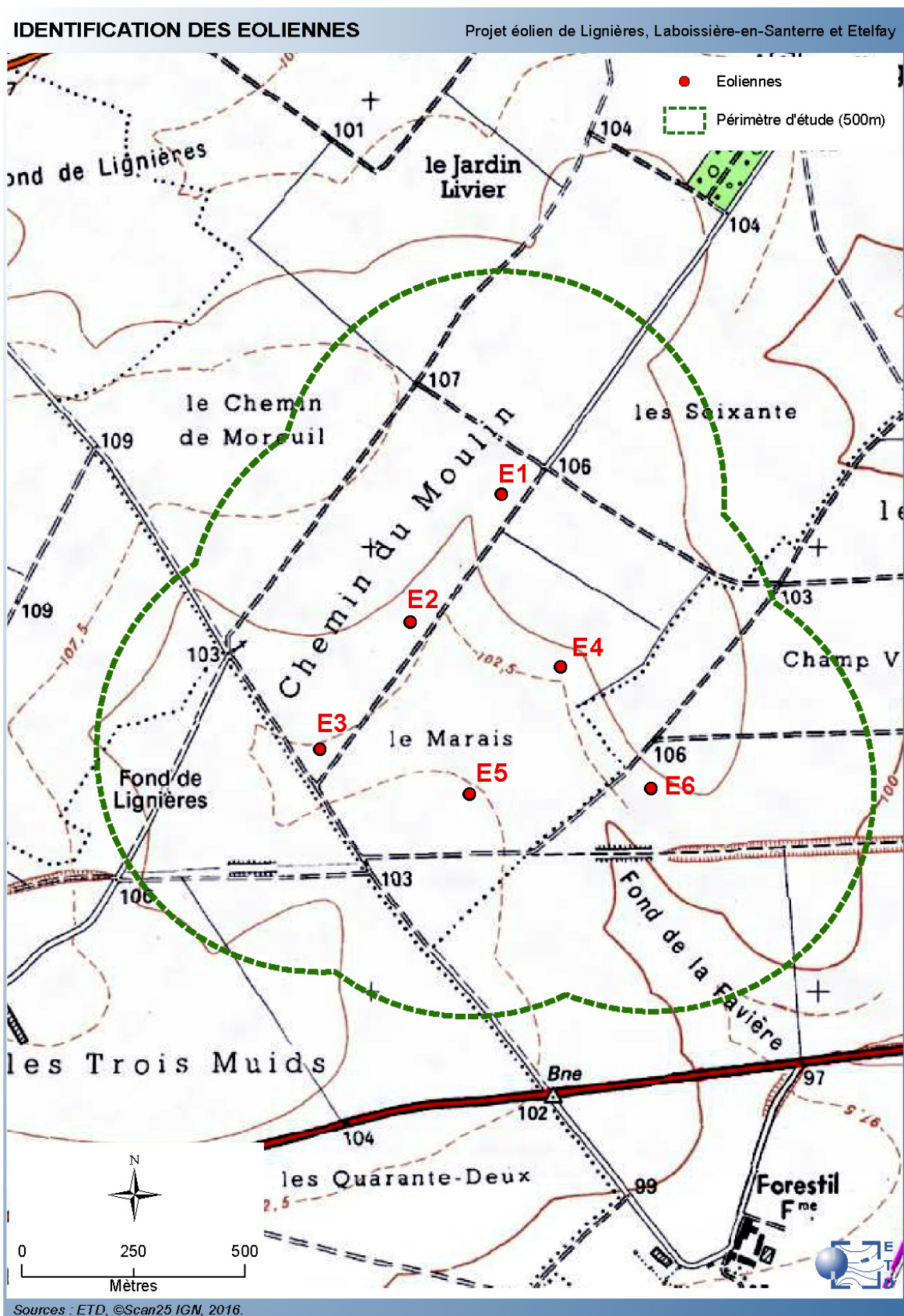
² Décret n° 2014-450 du 2 mai 2014 et loi du 17 août 2015 mettant en place à titre expérimental pour les parcs éoliens et pour une durée de trois ans une autorisation unique en matière d'installations classées pour la protection de l'environnement. La loi du 17 août 2015 relative à la transition énergétique pour la croissance verte, a élargi l'expérimentation à la France entière.

PERIMETRE D'ETUDE

Compte tenu de la spécificité d'un parc éolien, composé de plusieurs éléments disjoints, la zone sur laquelle porte l'étude de dangers est constituée d'une aire d'étude par éolienne. Chaque aire d'étude correspond à un périmètre de **500 mètres** autour du mât de l'aérogénérateur. Cette distance équivaut à la distance d'effet retenue pour les phénomènes de projection.

A noter que le poste de livraison ne présente pas d'enjeu en dehors des limites de propriété de celui-ci.

Le périmètre d'étude des 500 mètres concerne les communes de Lignièrès, Laboissière-en-Santerre, Etefay et Faverolles



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

DESCRIPTION DE L'ENVIRONNEMENT ET IDENTIFICATION DES ENJEUX

Le parc éolien du Moulin, composé de 6 éoliennes, est localisé sur les communes de de Laboissière-en-Santerre et de Lignièrès, appartenant à la Communauté de Communes du Canton de Montdidier, elle-même partie intégrante du Pays Santerre Haute Somme. Ces deux localités figurent parmi les communes déclarées favorables au développement de l'éolien dans le Schéma Régional éolien, annexe du Schéma Régional Climat Air Energie de Picardie, approuvé en Juin 2012.

Le site éolien est situé sur le plateau cultivé du Santerre, à 4 km environ à l'est de Montdidier. Il s'étend sur environ 700 m, au nord de la route départementale D930 reliant Montdidier et Roye. L'altitude du site éolien est comprise entre 102 et 105 m.

Conformément à la loi du 12 juillet 2010, les éoliennes sont toutes situées à plus de 500 m des habitations. Les distances approximatives entre les premières habitations et les éoliennes sont les suivantes :

Habitations	Eolienne	distance en mètres
Ferme du Petit Hangest	E1	1070
Ferme de Forestil	E6	1040

Le périmètre de l'étude de dangers (soit dans le rayon des 500 mètres autour des éoliennes) est constitué de grandes parcelles agricoles, toutes exploitées en grandes cultures et parcourues uniquement par des chemins d'exploitation agricole.

Une canalisation enterrée de gaz passe au sud des éoliennes du projet, à l'intérieur du périmètre de l'étude. L'éolienne la plus proche est implantée à 150 m de cette canalisation. Les éoliennes concernées devront répondre aux exigences présentées par l'exploitant de la canalisation de transport de gaz avant la construction du parc éolien.

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

SYNTHESE DES ENJEUX

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

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

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

Ont été distingués :

- Les terrains non aménagés peu fréquentés (terrains agricoles) avec l'hypothèse forfaitaire d'une personne permanente pour 100 ha.
- Les voies à faible circulation et chemins d'exploitation (largeur: 6 m) avec l'hypothèse forfaitaire d'une personne permanente pour 10 ha.

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

	Enjeu: personnes non abritées		Enjeu: véhicules			Total epp
	Terrains non aménagés		Voies peu fréquentées			
Eolienne	S (ha)	epp	L (m)	S (ha)	epp	
E1	78.5	0.79	2 553	1.53	0.15	0.94
E2	78.5	0.79	2 927	1.76	0.18	0.96
E3	78.5	0.79	3 259	1.96	0.20	0.98
E4	78.5	0.79	2 224	1.33	0.13	0.92
E5	78.5	0.79	2 075	1.25	0.12	0.91
E6	78.5	0.79	1 017	0.61	0.06	0.85

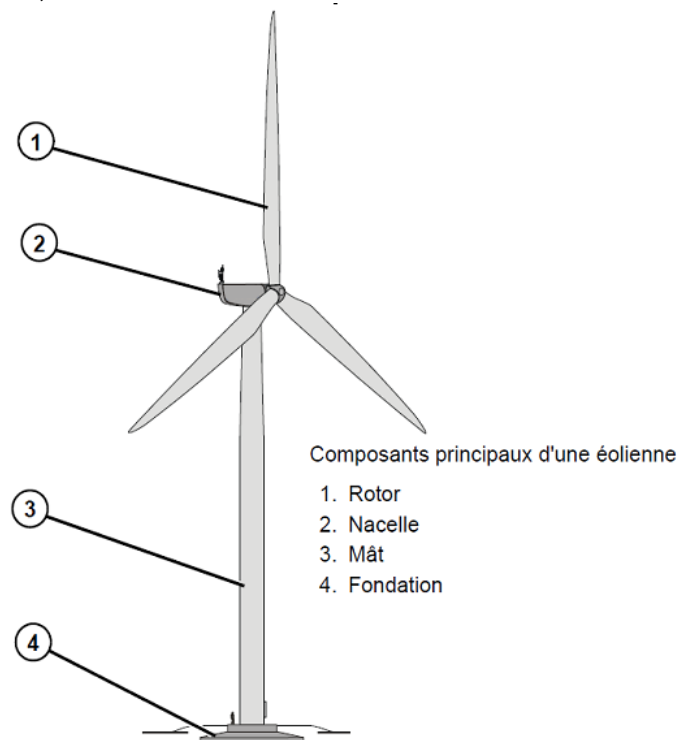
³ L'arrêté du 29 septembre 2005 relatif à l'évaluation et à la prise en compte des conséquences des accidents potentiels dans les études de dangers des installations classées soumises à autorisation d'exploiter impose une évaluation des accidents majeurs sur les personnes uniquement et non sur la totalité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

DESCRIPTION DE L'INSTALLATION – PROCEDE ET FONCTIONNEMENT

Les éoliennes sont des machines utilisant la force motrice du vent pour produire de l'électricité. Le projet du parc éolien du Moulin est composé de 6 éoliennes Vestas V100 2 MW (soit une puissance totale de 12 MW) et d'un poste de livraison. Les éoliennes présentent une hauteur de moyeu de 80 mètres et un diamètre de rotor de 100 mètres, soit une hauteur totale en bout de pale de 130 mètres.

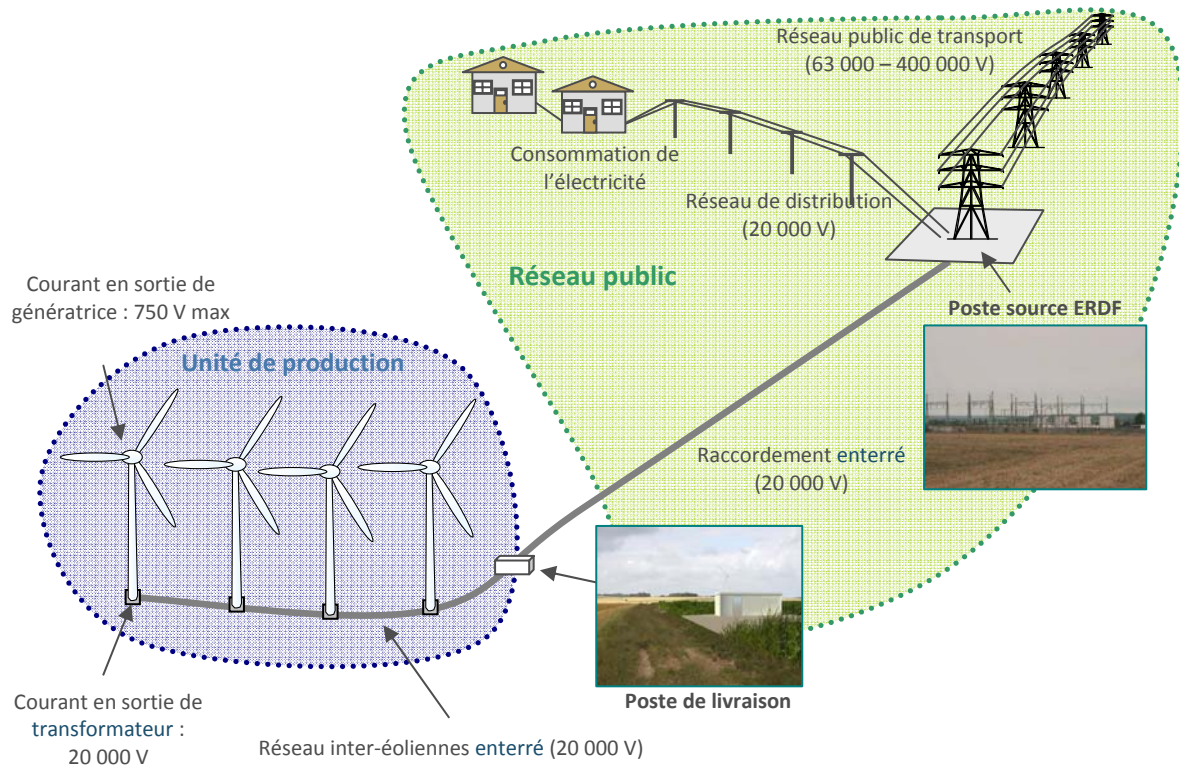
Une éolienne est constituée des éléments principaux suivants :

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



La vitesse du vent entraîne la rotation des pales, entraînant avec elles la rotation d'une génératrice. L'éolienne retenue utilise une technologie d'entraînement par multiplicateur. L'électricité produite est évacuée de l'éolienne après transformation puis délivrée directement sur le réseau électrique. Concrètement une éolienne fonctionne dès lors que la vitesse du vent est suffisante pour entraîner la rotation des pales. Plus la vitesse du vent est importante, plus l'éolienne produira d'électricité, jusqu'à atteindre le seuil de puissance maximum de l'éolienne.

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



Les principales caractéristiques des éoliennes du projet sont synthétisées dans les tableaux ci-après :

Eolienne retenue : Vestas V100 2 MW – hauteur d'axe : 80 m		
Température ambiante d'opération	-20 °C à +40 °C	
Certificat	Classe II-B selon IEC 61400-1	
Conception technique	Puissance nominale	2000 kW
	Régulation de puissance	Variation active de pale individuelle (pitch) et vitesse de rotation variable
	Diamètre du rotor	100 m
	Hauteur du moyeu	80 m
	Concept de l'installation	Boîte de vitesse, vitesse de rotation variable
	Plage de vitesse de rotation du rotor	Jusqu'à 15 tours par minute
Rotor <i>Capte l'énergie mécanique du vent et la transmette à la génératrice</i>	Type	Orientation active des pales face au vent
	Nombre de pales	3
	Surface balayée	7854 m ²
	Contrôle de vitesse	Variable via microprocesseur
	Contrôle de survitesse	Pitch électromotorisé indépendant sur chaque pale
	Matériau des pales	Plastique renforcé à la fibre de verre et au carbone, protection contre la foudre intégrée en accord complet avec la norme IEC 61 - 400-24 (Juin 2010) - Longueur de la pale : 49 m - Poids de la pale : 7,7 tonnes - Largeur maximale de la pale (corde) : 3,9 m
Arbre de rotor <i>Transmet le mouvement de rotation des pales</i>	Entraîné par les pales	
Nacelle <i>Supporte le rotor et abrite le dispositif de conversion de l'énergie mécanique en électricité (génératrice, etc.) ainsi que les dispositifs de contrôle et de sécurité</i>	Multiplicateur <i>Augmente le nombre de rotation de l'arbre</i>	Engrenage à train épicycloïdal
	Génératrice <i>Produit l'électricité</i>	Technologie asynchrone, générateur triphasé, du type quadripolaire à rotor bobiné avec alimentation électrique du stator au démarrage
Système de freinage	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
Mât <i>Supporte le rotor et la nacelle</i>	Type	Tubulaire en acier
	Protection contre la corrosion	Revêtement multicouche résine époxy
	Fixation du pied du mât	Cage d'ancrage noyée dans le béton de fondation Diamètre du mât à la base : 4,2 m
Transformateur <i>Elève la tension de sortie de la génératrice avant l'acheminement du courant</i>	Caractéristiques	Transformateur sec. Le courant de sortie est régulé par des dispositifs électroniques de façon à pouvoir être compatible avec le réseau public. Le

Eolienne retenue : Vestas V100 2 MW – hauteur d'axe : 80 m		
<i>électrique par le réseau</i>		transformateur est localisé dans une pièce fermée à l'arrière de la nacelle. Tension de 20 kV à la sortie
Fondation <i>Ancre et stabilise le mât dans le sol</i>	Type	En béton armé – Eurocode 2
	Dimensions	Design adapté en fonction des études géotechnique et hydrogéologique réalisées avant la construction
Périodes de fonctionnement	Vent inférieur 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
	> 3 m/s	La génératrice délivre un courant électrique alternatif, dont l'intensité varie en fonction de la vitesse du vent
	12 à 20 m/s	L'éolienne fournit sa puissance nominale. Cette dernière est maintenue constante grâce à une réduction progressive de la portance des pales
Poste(s) de livraison <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

Eolienne retenue : GE20 2.75 MW		
Température ambiante d'opération	-15 °C à +35 °C	
Certificat	Classe TCIII-s selon IEC 61400-1	
Conception technique	Puissance nominale	2750 kW
	Régulation de puissance	Variation active de pale individuelle (pitch) et vitesse de rotation variable
	Diamètre du rotor	120 m
	Hauteur du moyeu	98,3 m
	Concept de l'installation	Boîte de vitesse, vitesse de rotation variable
	Plage de vitesse de rotation du rotor	De 8 à 13 tours par minute
Rotor <i>Capte l'énergie mécanique du vent et la transmette à la génératrice</i>	Type	Orientation active des pales face au vent
	Nombre de pales	3
	Surface balayée	11310 m ²
	Contrôle de vitesse	Variable via microprocesseur
	Contrôle de survitesse	Pitch indépendant sur chaque pale
	Matériau des pales	Matériau : fibre de verre, protection contre la foudre intégrée en accord complet avec la norme IEC 61 - 400-24 (Juin 2010) - Longueur de la pale : 58,7 m - Poids de la pale : 13,3 tonnes - Largeur maximale de la pale (corde) : 3,98 m
Arbre de rotor <i>Transmet le mouvement de rotation des pales</i>	Entraîné par les pales	
Nacelle <i>Supporte le rotor et abrite le dispositif de conversion de l'énergie mécanique en électricité (génératrice, etc.) ainsi que les dispositifs de contrôle et de sécurité</i>	Multiplicateur <i>Augmente le nombre de rotation de l'arbre</i>	Multiplicateur de conception planétaire/hélicoïdal à plusieurs étages
	Génératrice <i>Produit l'électricité</i>	Génératrice à induction à double alimentation
Système de freinage	Frein principal aérodynamique	Orientation individuelle des pales par activation électromécanique avec alimentation de secours
	Frein auxiliaire mécanique	-
Mât <i>Supporte le rotor et la nacelle</i>	Type	Tubulaire en acier
	Protection contre la corrosion	Revêtement multicouche résine époxy
	Fixation du pied du mât	Cage d'ancrage noyée dans le béton de fondation Diamètre du mât à la base : 4,3 m
Transformateur <i>Elève la tension de sortie de la génératrice avant l'acheminement du courant électrique par le réseau</i>	Caractéristiques	L'éolienne utilise un système de conversion de puissance qui se compose d'un convertisseur du côté du rotor, un circuit intermédiaire à courant continu et un onduleur du côté du réseau. Le transformateur HT est situé en pied de tour (transformateur type

Eolienne retenue : GE20 2.75 MW		
		sec). Tension de sortie : 20 kV
Fondation <i>Ancre et stabilise le mât dans le sol</i>	Type	En béton armé – Eurocode 2
	Dimensions	Design adapté en fonction des études géotechnique et hydrogéologique réalisées avant la construction
Périodes de fonctionnement	Vent inférieur 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
	> 3 m/s	La génératrice délivre un courant électrique alternatif, dont l'intensité varie en fonction de la vitesse du vent
	12,5 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
Poste(s) de livraison <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

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

Le parc éolien du Moulin est composé d'éoliennes classées **IEC II B** selon la norme IEC 61400-1 (certification au titre de la solidité intrinsèque de la machine et de son adéquation aux conditions du site du projet).

Ci-après le tableau de comparaison entre les vents estimés sur le site à hauteur d'axe des éoliennes et la classe de vent de l'éolienne retenue:

	Vents estimés sur le site à hauteur d'axe (80 m)	Classe de vitesse de vent de l'éolienne retenue: IEC II
Moyenne annuelle	6,7 m/s	inférieure à 8,5 m/s
Moyenne sur 10 mn maximale / 50 ans	36 m/s	inférieure à 42,5 m/s
Moyenne sur 3 secondes maximale / 50 ans	Rafale maximale sur 3 secondes non disponible, mais inférieure au vent maximal instantané de 49 m/s	inférieure à 59,5 m/s

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

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

POTENTIELS DE DANGER DE L'INSTALLATION ET AGRESSIONS POTENTIELLES

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

Les potentiels de danger liés aux produits

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

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

Les potentiels de danger liés au fonctionnement de l'installation

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

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

Les agressions externes potentielles

On note la présence de chemins d'exploitation agricole dans un rayon inférieur à 200 m autour de 4 éoliennes. L'explosion ou la sortie de route d'un véhicule sont considérées comme pouvant être dangereux pour l'éolienne. Les voies les plus proches sont situées à 50 m des éoliennes.

Par ailleurs : aucun aéroport n'est présent dans un rayon de 2 km des éoliennes. L'aéroport le plus proche du site est celui de Montdidier/Fignièrès situé à 5 km du site. Le parc éolien se situe à l'extérieur des zones présentant des servitudes aéronautiques. Aucune installation classée pour l'environnement (autre que les autres éoliennes du parc) n'est présente dans un rayon de 500 m des éoliennes. Il n'existe aucune canalisation aérienne de transport de gaz, hydrocarbures ou produits chimiques à moins de 200 m des éoliennes.

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

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

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

La formation de glace ou l'accumulation de neige : il n'est pas rare que de la glace se forme sur les éoliennes en période hivernale, que ce soit sur les pales, le moyeu ou sur la nacelle. L'augmentation de température entraînant la fonte partielle ou la mise en rotation du rotor peuvent alors provoquer des chutes de glace ou des projections de morceaux de glace. Le projet européen Wind Energy production in COld climates (WECO)⁴, piloté par l'institut météorologique de Finlande, a établi une carte européenne des zones les plus exposées au givre. Il apparaît que dans la Somme, ce risque est occasionnel à l'intérieur des terres (moins de 1 jour par an) et léger (entre 2 et 7 jours par an) à proximité du littoral.

En ce qui concerne le risque sismique : Le département de la Somme figure intégralement en zone de sismicité 1 (risque « très faible »). Dans ces zones, aucune construction à risque normal n'est soumise à des règles de construction parasismique.

Réduction des potentiels de danger à la source

Dès la conception du projet, le porteur du projet a veillé à réduire autant que possible les potentiels de dangers en intégrant cet aspect dans le choix du positionnement des éoliennes. Les éoliennes doivent être légalement éloignées d'au minimum 500 m des habitations. La distance minimale aux habitations observée sur ce projet est de 1040 m (ferme de Forestil).

Les éoliennes sont implantées en terrain agricole peu fréquenté. Les enjeux additionnels considérés dans le périmètre de l'étude de dangers (soit dans le rayon des 500 m autour des éoliennes) sont ceux liés à la présence des chemins d'exploitation agricole.

Dans le périmètre de l'étude, on ne note aucune voie de circulation structurante (c.à.d plus de 2000 véhicules par jour), ni voie routière à faible circulation, ni voie ferrée, ni voie navigable, ni sentier de randonnée répertorié, aucun terrain aménagé potentiellement fréquenté, aucun établissement recevant du public et aucune zone d'activité.

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

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

⁴ Source : Finnish meteorological institute, http://www.fmi.fi/research_meteorology/meteorology_9.html

ANALYSE DES RETOURS D'EXPERIENCE

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

Les décès liés à l'éolien touchent presque exclusivement les personnes concernées par les opérations de maintenance ou de construction. Si on excepte une parachutiste débutante et un agriculteur entré en collision avec un mât de mesure, aucune personne extérieure au service n'est décédée à cause d'un accident sur une éolienne.

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

D'après le Conseil Général des Mines la mortalité liée aux éoliennes s'élevait en 2000 à 0,15 mort par TéraWatheure produit. Celle-ci diminue par rapport aux années 90 où elle s'élevait à 0,4, et ce grâce aux progrès techniques. La production 2009 française s'élevant à 7,8 TéraWatheure, la probabilité d'un décès serait de 1,15 par an. Cette donnée statistique concerne exclusivement les opérations de maintenance.

Notons que le risque lié à ces opérations de maintenance, ainsi que celui lié à l'introduction de visiteurs dans une éolienne, ne sont pas abordés dans l'étude de dangers.

Aucun incident de type susmentionné n'a été recensé sur les sites dont le suivi d'exploitation est réalisé par la société IDEX..

Cinq éoliennes Vestas apparaissent aujourd'hui dans l'accidentologie française répertoriée (hors accidents de maintenance) : on dénombre 2 incendies, 2 projection ou chute d'élément de pale et un effondrement d'une éolienne de 200 kW construite 21 ans plus tôt (voir **Annexe 4**).

EVALUATION PRELIMINAIRE DES RISQUES

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

Les évènements exclus de l'analyse de risque

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

Identification des phénomènes redoutés centraux

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

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

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

Système de sécurité des éoliennes retenues

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

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

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

ETUDE DETAILLEE DES RISQUES

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

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

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

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

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

Cinétique

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

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

Portée des évènements

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

Evènement	Portée maximale
chute d'éléments ou de pale	51 m
chute de glace	51 m
effondrement de l'éolienne	130 m
projection glace	270 m
projection de tout ou partie de pale	500 m

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

Intensité (exposition)

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

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

Gravité

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

Gravité \ Intensité	Zone d'effet d'un événement accidentel engendrant une exposition forte	Zone d'effet d'un événement accidentel engendrant une exposition modérée
« Désastreux »	Plus de 100 personnes exposées	Plus de 1000 personnes exposées
« Catastrophique »	Entre 10 et 100 personnes exposées	Entre 100 et 1000 personnes exposées
« Important »	Entre 1 et 10 personnes exposées	Entre 10 et 100 personnes exposées
« Sérieux »	Au plus 1 personne exposée	Moins de 10 personnes exposées
« Modéré »	(Pas de zone de létalité en dehors de l'établissement)	Présence humaine exposée inférieure à « une personne »

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

- Les terrains non aménagés peu fréquentés (forêt et terrains agricoles) avec l'hypothèse forfaitaire d'une personne permanente pour 100 ha.
- Les voies à faible circulation et chemins d'exploitation (largeur: 6 m) avec l'hypothèse forfaitaire d'1 personne permanente pour 10 ha.

Le détail par éolienne figure au paragraphe 8 - « Etude détaillée des risques » de l'étude. Pour le projet étudié, les niveaux de gravité rencontrés varient de « modéré » à « sérieux » selon les éoliennes et le type de risque.

Probabilité

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

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

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

Synthèse : caractérisation des accidents majeurs

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

Scénario	Zone d'effet	Cinétique	Intensité d'exposition	Probabilité	Niveau de gravité des conséquences (fonction de l'intensité d'exposition et du nombre de personnes)
Effondrement de l'éolienne	130 m autour des éoliennes	Rapide	Exposition forte	D rare	Sérieux pour toutes les éoliennes
Chute de glace	Zone de survol 51 m	Rapide	Exposition modérée	A Courant	Modéré pour toutes les éoliennes
Chute d'éléments de l'éolienne	Zone de survol 51 m	Rapide	Exposition forte	C improbable	Sérieux pour toutes les éoliennes
Projection d'éléments de pale	500 m autour de l'éolienne	Rapide	Exposition modérée	D rare	Modéré Pour toutes les éoliennes
Projection de glace	270 m autour des éoliennes	Rapide	Exposition modérée	B probable	Modéré pour toutes les éoliennes

SYNTHESE DE L'ACCEPTABILITE DES RISQUES

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

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

Projet éolien du Moulin					
Matrice des risques					
		D (rare)	C (improbable)	B (probable)	A (courant)
Niveau de gravité des conséquences	Désastreux				
	Catastrophique				
	Important				
	Sérieux	Effondrement (130 m) Toutes les éoliennes	Chute d'éléments (51 m) Toutes les éoliennes		
	Modéré	Projection d'éléments (500 m) Toutes les éoliennes		Projection de glace (270 m) Toutes les éoliennes	Chute de glace (51 m) Toutes les éoliennes

Matrice de criticité obtenue

Légende de la matrice:

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

Il apparaît au regard de la matrice ainsi complétée que l'ensemble des accidents retenus présente un risque acceptable (faible à très faible).

CONCLUSION

L'étude de dangers du projet éolien du Moulin, réalisée dans le cadre réglementaire des projets d'Installations Classées pour la Protection de l'Environnement et selon la méthodologie décrite par le « Guide technique pour l'élaboration de l'étude de dangers dans le cadre des parcs éoliens »⁵, a retenu les 5 événements suivants susceptibles de générer un risque pour les enjeux humains présents dans le périmètre de l'étude (soit 500 m autour de chaque éolienne présentant un rotor de diamètre 100 m et une hauteur d'axe de 80 m) :

- Effondrement de l'éolienne (portée 130 m, rare)
- Chute d'éléments de l'éolienne (portée 51 m, improbable)
- Chute de glace (portée 51 m, courant)
- Projection de glace (portée 270 m, probable)
- Projection d'éléments de pale (portée 500 m, rare)

Les enjeux humains considérés sont ceux liés à la fréquentation des différents périmètres concernés: terrains non aménagés (terrains agricoles principalement) et voies à faible circulation (chemins d'exploitation agricole).

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

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

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

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

Par ailleurs, les éoliennes font l'objet d'une maintenance préventive régulière et corrective par un personnel compétent et spécialisé. La maintenance porte sur le fonctionnement mécanique et électrique ainsi que l'état des composants et des structures de la machine. Une inspection visuelle de la machine et des pales est réalisée lors des maintenances préventives afin de détecter des éventuelles fissures ou défauts.

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

⁵ [19] - SER, FEE, INERIS – Mai 2012.
Energies et Territoires Développement
Projet éolien du Moulin

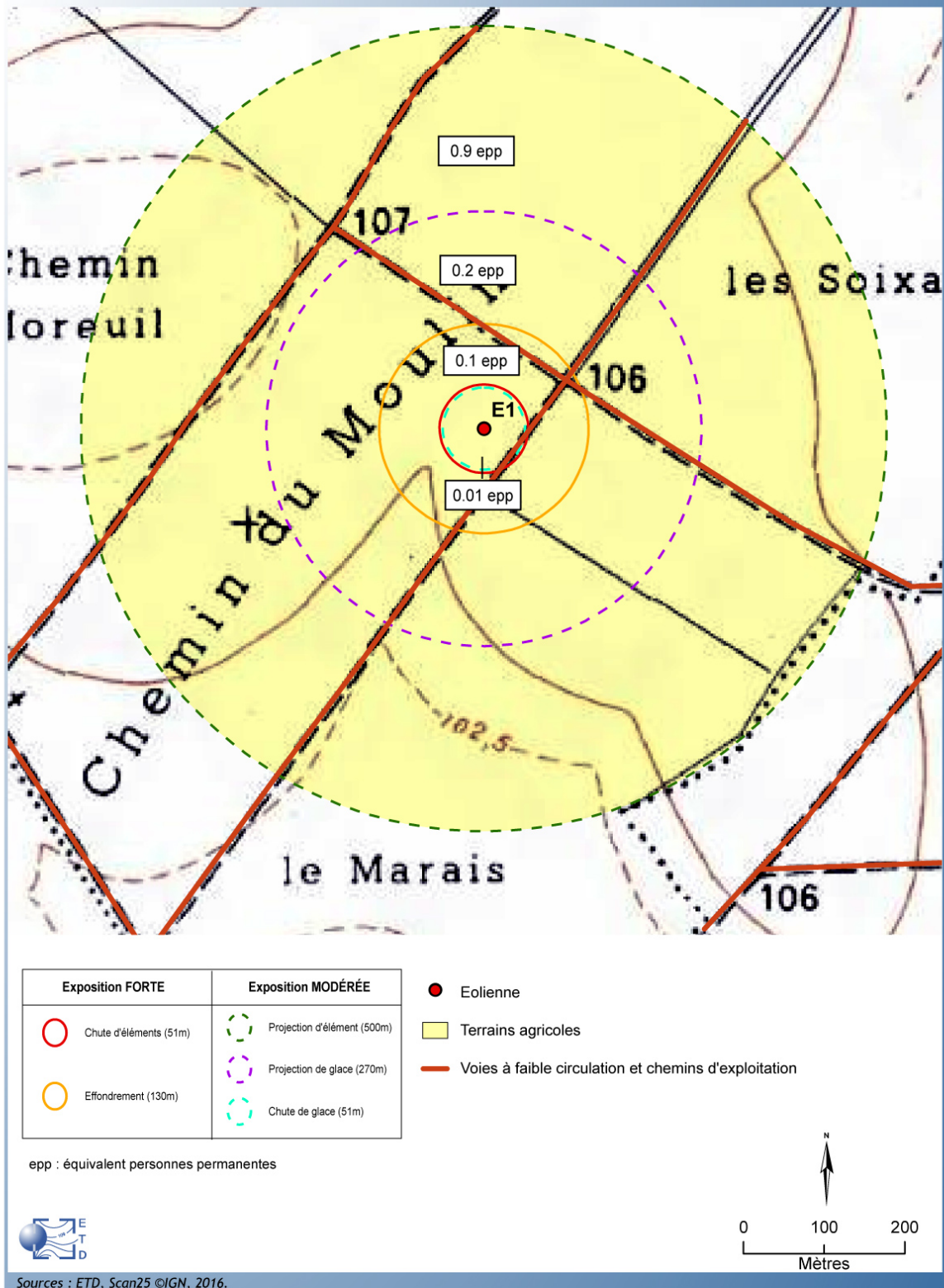
CARTOGRAPHIE DES RISQUES SIGNIFICATIFS

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

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

SYNTHESE DES RISQUES : EOLIENNE 1

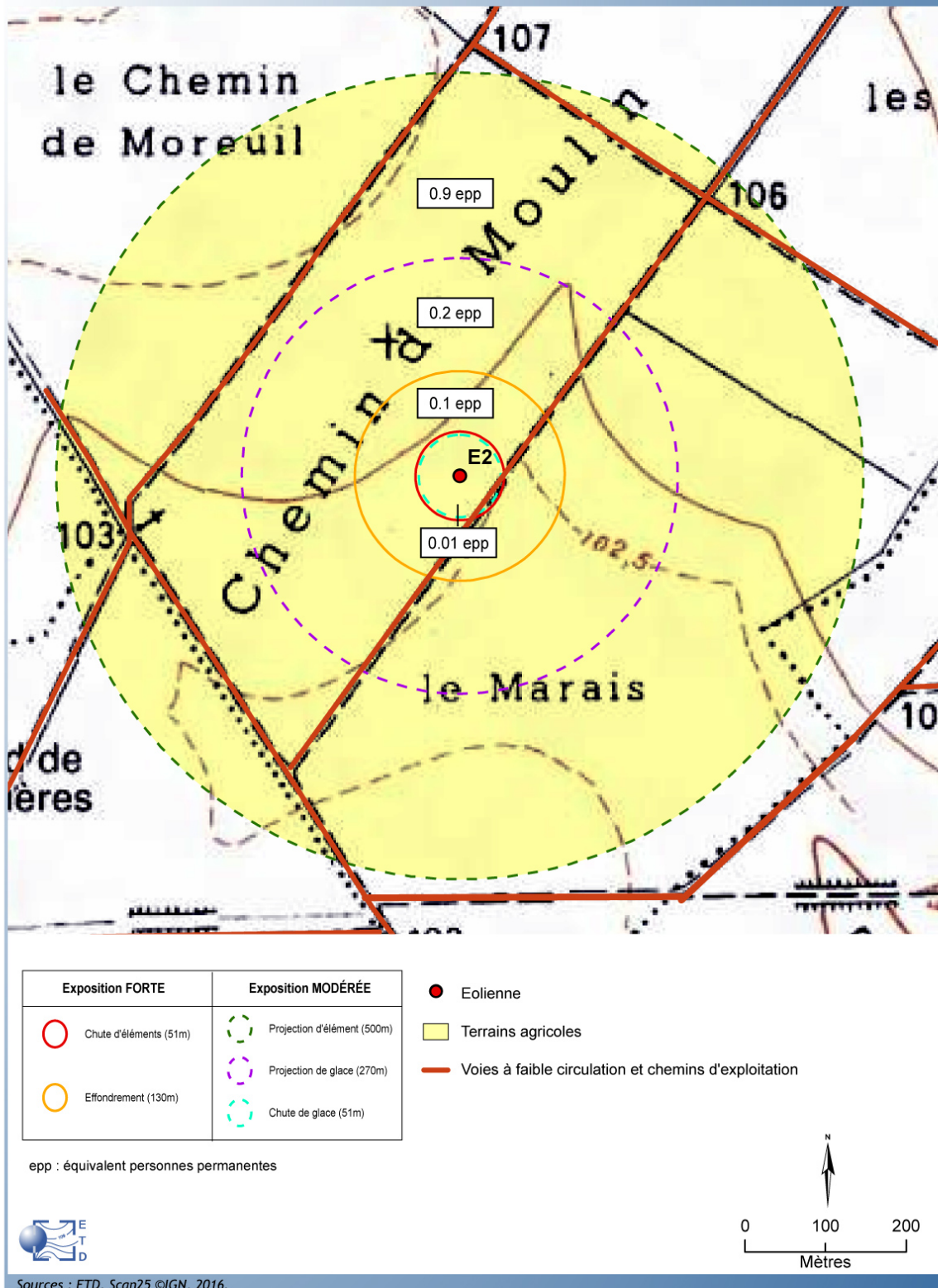
Projet éolien de Lignières, Laboissière-en-Santerre et Etefay



Carte de synthèse des risques : éolienne E1

SYNTHESE DES RISQUES : EOLIENNE 2

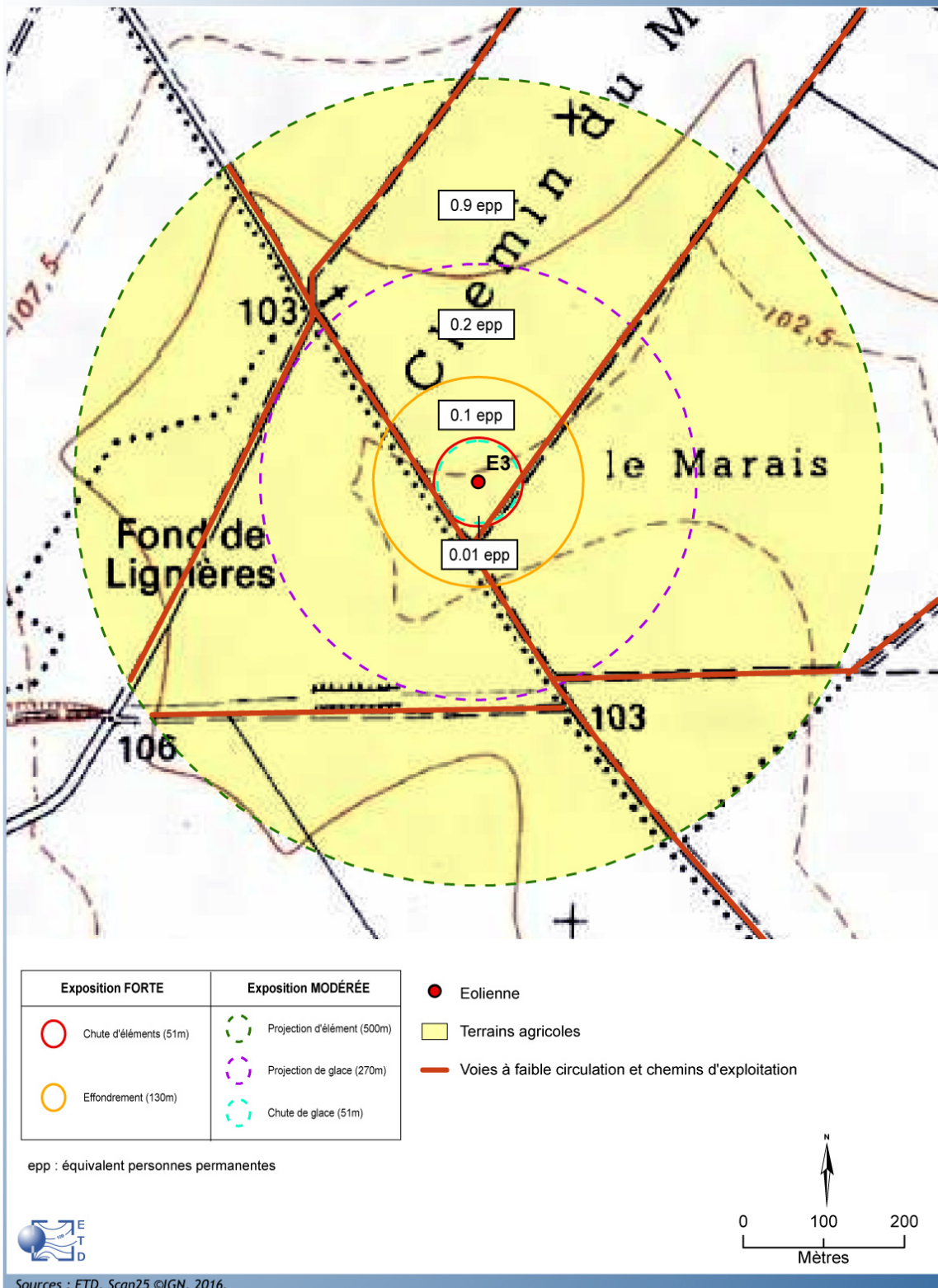
Projet éolien de Lignières, Laboissière-en-Santerre et Etefay



Carte de synthèse des risques : éolienne E2

SYNTHESE DES RISQUES : EOLIENNE 3

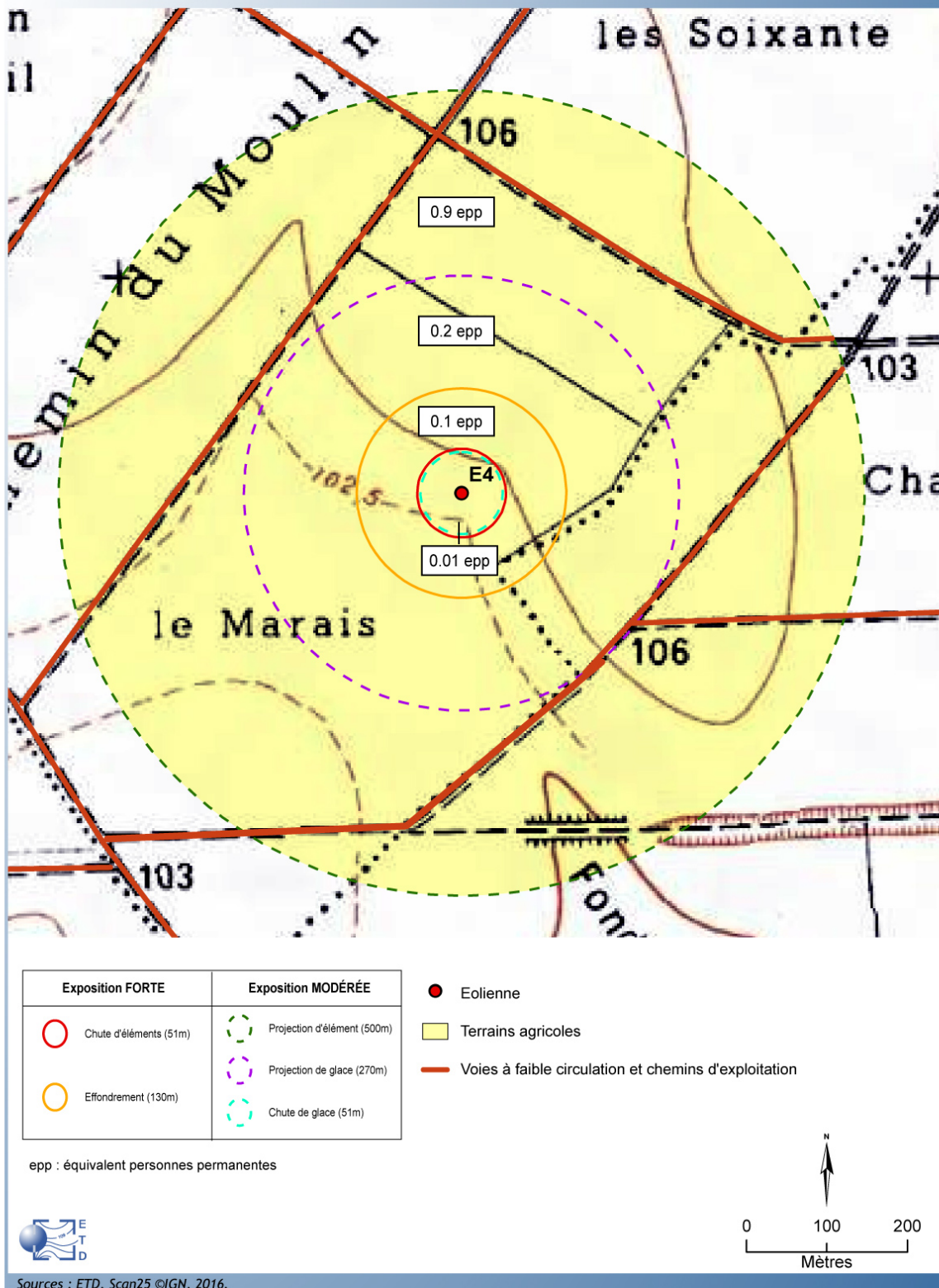
Projet éolien de Lignières, Laboissière-en-Santerre et Etefay



Carte de synthèse des risques : éolienne E3

SYNTHESE DES RISQUES : EOLIENNE 4

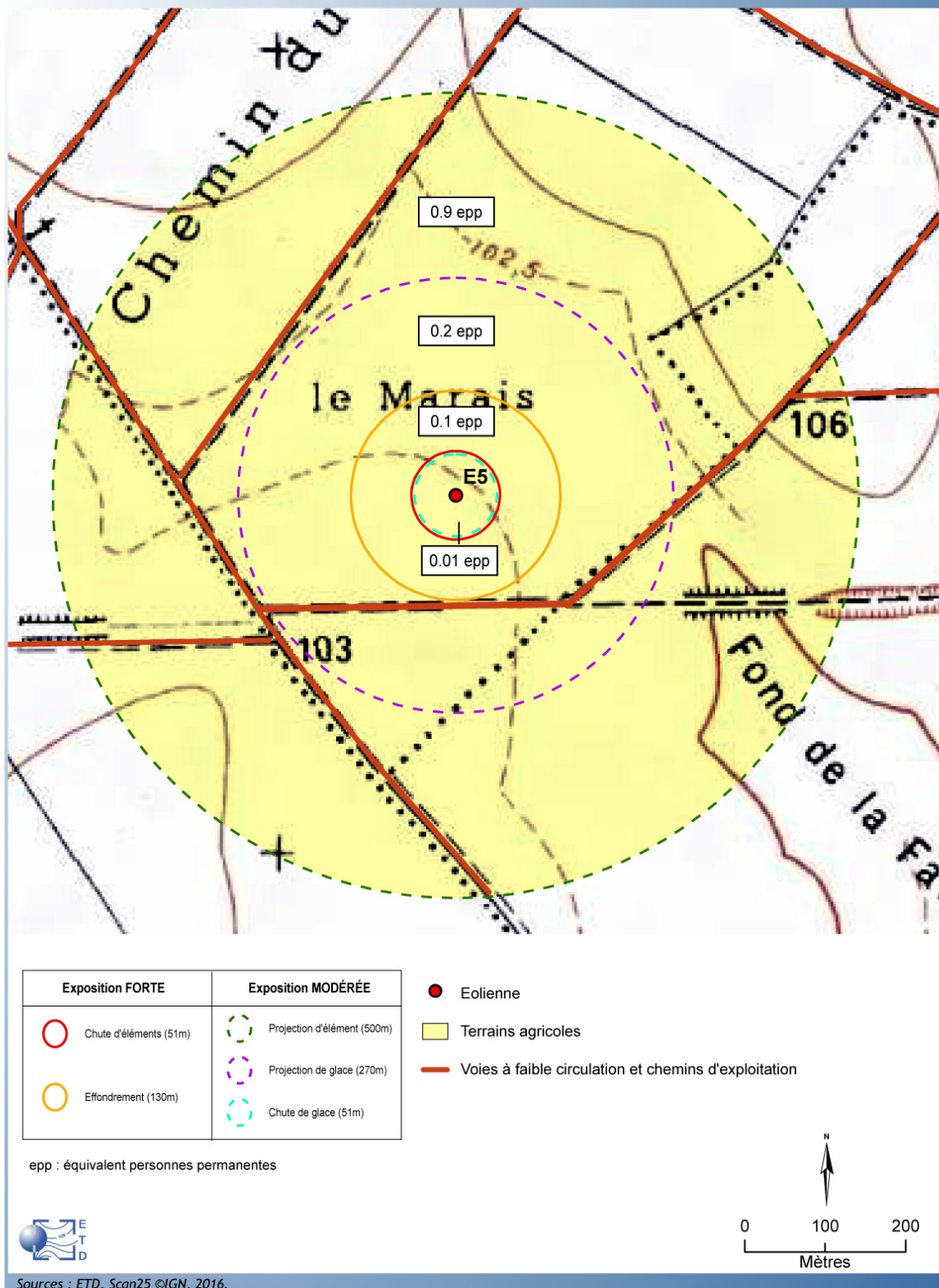
Projet éolien de Lignières, Laboissière-en-Santerre et Etefay



Carte de synthèse des risques : éolienne E4

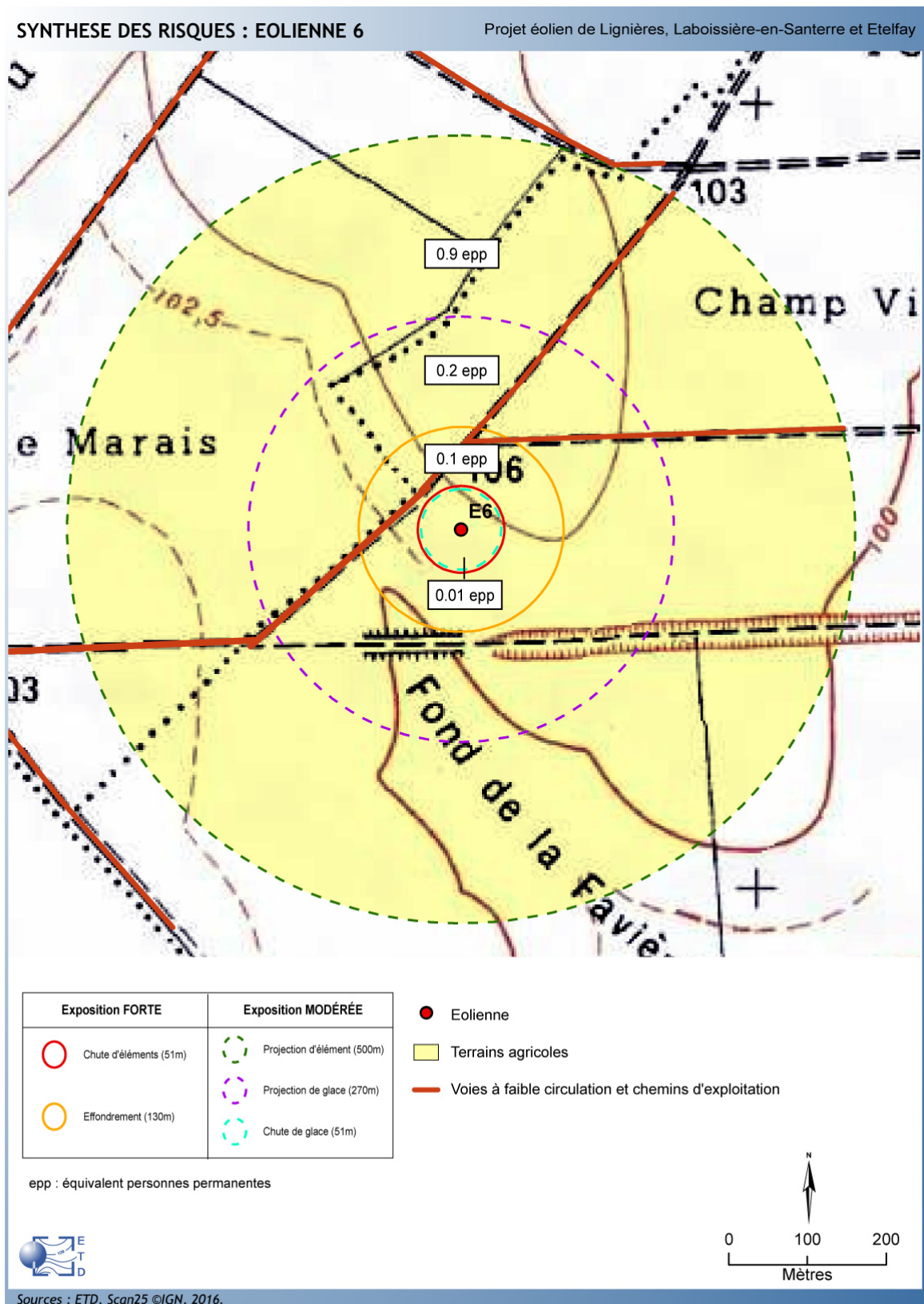
SYNTHESE DES RISQUES : EOLIENNE 5

Projet éolien de Lignières, Laboissière-en-Santerre et Etelfay



Sources : ETD, Scan25 ©IGN, 2016.

Carte de synthèse des risques : éolienne E5



Carte de synthèse des risques : éolienne E6